



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICA E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**ESTUDO GEOECOLÓGICO DE DESLIZAMENTOS E
INUNDAÇÕES EM PETRÓPOLIS (RJ): REFLEXÕES
SOBRE O PARADOXO DO PRIMEIRO DISTRITO**

LUCIANA VIANA NEVES

Rio de Janeiro

2017

**ESTUDO GEOECOLÓGICO DE DESLIZAMENTOS E
INUNDAÇÕES EM PETRÓPOLIS (RJ): REFLEXÕES
SOBRE O PARADOXO DO PRIMEIRO DISTRITO**

LUCIANA VIANA NEVES

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MESTRADO

ORIENTADOR

PROF. DR. MANOEL DO COUTO FERNANDES

Rio de Janeiro

2017

ESTUDO GEOECOLÓGICO DE DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES EM PETRÓPOLIS (RJ): REFLEXÕES SOBRE O PARADOXO DO PRIMEIRO DISTRITO

LUCIANA VIANA NEVES

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Prof. Dr. _____ - Orientador

Manoel do Couto Fernandes

Dep. de Geografia – UFRJ

Prof. _____

Gustavo Mota de Sousa

Dep. de Geociências – UFRJ

Prof. _____

Elizabeth Maria Feitosa da Rocha de Souza

Dep. de Geografia – UFRJ

Rio de Janeiro

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na Publicação

V511
e Viana Neves, Luciana
ESTUDO GEOECOLÓGICO DE DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES
EM PETRÓPOLIS (RJ): REFLEXÕES SOBRE O PARADOXO DO
PRIMEIRO DISTRITO / Luciana Viana Neves. -- Rio de
Janeiro, 2017.
159 f.

Orientador: Manoel do Couto Fernandes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Instituto de Geociências,
Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação
em Geografia, 2017.

1. geoecologia. 2. vulnerabilidade social. 3.
susceptibilidade geobiofísica. 4. desastres naturais.
5. risco. I. do Couto Fernandes, Manoel, orient.
II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO, EXPECTATIVA E ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA | 1 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 OBJETIVO GERAL | 3 |
| 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO | 3 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 4 |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO | 5 |
| CAPÍTULO 2 – REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL..... | 8 |
| 2 INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 2.1 GEOECOLOGIA..... | 8 |
| 2.2 GEOPROCESSAMENTO E GEOECOLOGIA..... | 10 |
| 2.3 CARTOGRAFIA GEOECOLÓGICA..... | 12 |
| 2.4 CARTOGRAFIA HISTÓRICA..... | 13 |
| 2.5 DESASTRES NATURAIS | 14 |
| 2.6 RISCO..... | 16 |
| 2.7 VULNERABILIDADE SOCIAL | 17 |
| 2.8 SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA..... | 19 |
| CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 20 |
| 3 ESCOLHA DA ÁREA | 20 |
| 3.1 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO | 20 |
| 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 27 |
| CAPÍTULO 4 – OCORRÊNCIAS DE DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES EM PETRÓPOLIS | 30 |
| 4 INTRODUÇÃO..... | 30 |
| 4.1 AQUISIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS..... | 30 |
| 4.1.1 AQUISIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS | 31 |
| 4.1.2 ORGANIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS..... | 31 |
| 4.2 DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS | 33 |
| 4.3 DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS NO PRIMEIRO DISTRITO | 34 |

| | | |
|---|--|----|
| 4.4 | DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS NA ÁREA DA PLANTA KOELER | 35 |
| 4.5 | DINÂMICA DOS EVENTOS AO LONGO DAS DÉCADAS | 37 |
| 4.6 | DESLIZAMENTOS NO PRIMEIRO DISTRITO | 45 |
| 4.7 | INUNDAÇÕES NO PRIMEIRO DISTRITO | 46 |
| 4.1 | SETORES CENSITÁRIOS COM MAIOR NÚMERO DE EVENTOS | 47 |
| CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DOS EVENTOS FRENTE ÀS VARIÁVEIS GEOECOLÓGICAS GEOBIOFÍSICAS | | 50 |
| 5 | INTRODUÇÃO | 50 |
| 5.1 | ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE DRENAGEM | 51 |
| 5.2 | DECLIVIDADE | 53 |
| 5.3 | COBERTURA DA TERRA | 55 |
| 5.4 | PLUVIOSIDADE | 58 |
| 5.4.1 | NORMAL CLIMATOLÓGICA | 59 |
| 5.4.2 | PRECIPITAÇÃO ACUMULADA E PRECIPITAÇÃO DO DIA DO EVENTO | 61 |
| 5.5 | SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA DO PRIMEIRO DISTRITO DE PETRÓPOLIS | 64 |
| 5.5.1 | SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA NA ÁREA DA PLANTA KOELER | 74 |
| CAPÍTULO 6 – AVALIAÇÃO DOS EVENTOS FRENTE ÀS VARIÁVEIS GEOECOLÓGICAS SOCIOECONÔMICO-ESTRUTURAIS | | 77 |
| 6 | INTRODUÇÃO | 77 |
| 6.1 | DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA | 78 |
| 6.2 | ANALFABETISMO | 80 |
| 6.3 | DENSIDADE DEMOGRÁFICA | 83 |
| 6.4 | TIPO E DENSIDADE DE DOMICÍLIOS | 84 |
| 6.5 | TIPO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO | 87 |
| 6.6 | RENDA DA POPULAÇÃO | 88 |
| 6.7 | ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIAL DA POPULAÇÃO DO PRIMEIRO DISTRITO DE PETRÓPOLIS CONTRAPONDO COM AS OCORRÊNCIAS DE DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES | 90 |

| | | |
|--|---|-----|
| 6.7.1 | VULNERABILIDADE SOCIAL NA ÁREA DA PLANTA KOELER.. | 99 |
| CAPÍTULO 7 – AVALIAÇÃO INTEGRATIVA DAS VARIÁVEIS GEOECOLÓGICAS..... 104 | | |
| 7 | INTRODUÇÃO..... | 104 |
| 7.1 | RISCO DE OCORRER DESLIZAMENTOS | 111 |
| 7.2 | RISCO DE OCORRER INUNDAÇÕES..... | 114 |
| 7.3 | RISCO DE DESASTRES NATURAIS NA ÁREA DA PLANTA KOELER 115 | |
| 7.4 | ANÁLISE DO RISCO POR SETOR CENSITÁRIO..... | 119 |
| 7.4.1 | SETOR CENSITÁRIO 330390605000237..... | 120 |
| 7.4.2 | SETOR CENSITÁRIO 30390605000277..... | 123 |
| 7.4.3 | SETOR CENSITÁRIO 330390605000005..... | 126 |
| 7.4.4 | SETOR CENSITÁRIO 330390605000046..... | 128 |
| CAPÍTULO 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS 131 | | |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 135 | | |
| ANEXO 1 – MAPA DA SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA COM A ÁREA DA PLANTA KOELER..... 140 | | |
| ANEXO 2 – MAPA DA VULNERABILIDADE SOCIAL COM A ÁREA DA PLANTA KOELER..... 141 | | |
| ANEXO 3 – MAPA DE RISCO COM A ÁREA DA PLANTA KOELER 142 | | |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Organização Metodológica da Pesquisa. | 7 |
| Figura 3.1: Localização do Caminho Velho que dava acesso às minas de ouro em Minas Gerais. Fonte: http://www.ourobranco.com/mmcob26.htm | 21 |
| Figura 3.2: Localização da Variante do Caminho Novo. Fonte: http://ahistoriadepetropolis.blogspot.com.br/2013/05/a-variante-do-caminho-novo-de-bernardo.html | 22 |
| Figura 3.3: Planta de povoação de Petrópolis. Fonte: Arquivo GEOCART(UFRJ). | 25 |
| Figura 3.4: Localização da área de estudo. | 28 |
| Figura 4.1: Etapas do levantamento e espacialização das ocorrências de deslizamentos e inundações. | 30 |
| Figura 4.2: Localização da ferramenta do Software QGis que converte endereços em pontos. | 32 |
| Figura 4.3: Mapa da intensidade de eventos de deslizamentos e inundações no município de Petrópolis. | 33 |
| Figura 4.4: Mapa da intensidade de eventos de deslizamentos e inundações no primeiro distrito de Petrópolis. | 34 |
| Figura 4.5: Espacialização dos deslizamentos e inundações na área da Planta Koeler. . | 35 |
| Figura 4.6: Gráfico com o total de eventos por década. | 38 |
| Figura 4.7: Gráfico do total de habitantes nos distritos de Petrópolis na década de 40. | 39 |
| Figura 4.8: Gráfico com dados da população urbana e rural, por distritos, na década de 40. | 39 |
| Figura 4.9: Gráfico do percentual dos habitantes do primeiro distrito por nacionalidade. | 40 |
| Figura 4.10: Década de 40. | 41 |
| Figura 4.11: Década de 50. | 41 |
| Figura 4.12: Década de 60. | 42 |
| Figura 4.13: Década de 70. | 42 |
| Figura 4.14: Década de 80. | 43 |
| Figura 4.15: Década de 90. | 43 |
| Figura 4.16: Primeira década do Séc. XXI. | 44 |
| Figura 4.17: Legenda e fonte dos mapas de intensidade de eventos ao longo das décadas. | 44 |
| Figura 4.18: Mapa da intensidade dos eventos de deslizamentos no primeiro distrito de Petrópolis. | 45 |
| Figura 4.19: Mapa da intensidade de eventos de inundações no primeiro distrito de Petrópolis. | 46 |
| Figura 4.20: Mapa do total de desastres naturais, por setor censitário, no primeiro distrito de Petrópolis. | 47 |
| Figura 4.21: Mapa do total de deslizamentos por setores censitários. | 48 |
| Figura 4.22: Mapa do total de eventos de inundações por setores censitários. | 49 |
| Figura 5.1: Elementos da pesquisa contribuintes para inferir a suscetibilidade geobiofísica. | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.2: Mapa das bacias de segunda ordem do primeiro distrito de Petrópolis. | 51 |
| Figura 5.3: Mapa do IED distribuído para todo o primeiro distrito de Petrópolis. | 53 |
| Figura 5.4: Mapa de declividade do primeiro distrito de Petrópolis. | 55 |
| Figura 5.5: Mapa da cobertura da terra no primeiro distrito de Petrópolis. | 56 |
| Figura 5.6: Gráfico com a porcentagens dos eventos de deslizamento e inundação por cobertura da terra. | 57 |
| Figura 5.7: Mapa da área de influência das estações pluviométricas. | 59 |
| Figura 5.8: Gráfico da Normal Climatológica. | 60 |
| Figura 5.9: Mapa da suscetibilidade geobiofísica à ocorrência de deslizamentos e inundações. | 68 |
| Figura 5.10: Gráfico com o percentual das áreas de suscetibilidade geobiofísica à ocorrência de deslizamentos e inundações. | 68 |
| Figura 5.11: Gráfico do percentual de deslizamentos por classe de suscetibilidade geobiofísica. | 69 |
| Figura 5.12: Eventos de deslizamento que estão localizados em classes inadequadas. . | 70 |
| Figura 5.13: Gráfico do percentual de inundações por classe de suscetibilidade geobiofísica. | 71 |
| Figura 5.14: Eventos de inundação localizados sobre classes inadequadas. | 71 |
| Figura 5.15: Inundação no centro do primeiro distrito de Petrópolis no dia 14/03/2017. Fonte: Jornal Tribuna de Petrópolis. | 76 |
| Figura 5.16: Inundação na localidade Quitandinha no dia 14/03/2017. Fonte: Jornal Tribuna de Petrópolis. | 76 |
| Figura 6.1: Componentes da análise da vulnerabilidade social da população frente aos eventos de deslizamentos e inundações. | 78 |
| Figura 6.2: Mapa do tipo de abastecimento de água que predomina em cada setor censitário do primeiro distrito de Petrópolis. | 79 |
| Figura 6.3: Mapa com a porcentagem de pessoas analfabetas nos setores censitários do primeiro distrito de Petrópolis. | 82 |
| Figura 6.4: Mapa da densidade demográfica dos setores censitários do primeiro distrito de Petrópolis. | 84 |
| Figura 6.5: Mapa dos tipos de domicílios que predominam em cada setor censitário do primeiro distrito de Petrópolis. | 85 |
| Figura 6.6: Mapa da densidade de domicílios nos setores censitários do primeiro distrito de Petrópolis. | 86 |
| Figura 6.7: Mapa do tipo de esgotamento sanitário predominante nos setores censitários do primeiro distrito de Petrópolis. | 88 |
| Figura 6.8: Mapa da renda predominante da população por setor censitário no primeiro distrito de Petrópolis. | 89 |
| Figura 6.9: Cálculo do Índice Socioeconômico-Estrutural. | 91 |
| Figura 6.10: Mapa do Índice Socioeconômico-Estrutural no primeiro distrito de Petrópolis. | 92 |
| Figura 6.11: Gráfico com o percentual da área ocupada pelo ISEE. | 93 |
| Figura 6.12: Gráfico do percentual de eventos naturais por área de vulnerabilidade social. | 94 |

| | |
|--|-----|
| Figura 6.13: Gráfico do percentual dos deslizamentos por área de vulnerabilidade social. | 95 |
| Figura 6.14: Gráfico do percentual de eventos de inundação por área de vulnerabilidade social..... | 96 |
| Figura 6.15: Mapa da vulnerabilidade social no primeiro distrito de Petrópolis. | 97 |
| Figura 6.16: Gráfico com o percentual da vulnerabilidade social na área da Planta Koeler. | 100 |
| Figura 6.17: Gráfico com o percentual de eventos naturais por área de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler..... | 101 |
| Figura 6.18: Gráfico com o percentual de deslizamentos por classe de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler..... | 102 |
| Figura 6.19: Gráfico com o percentual de inundações por classe de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler..... | 103 |
| Figura 7.1: Ilustração da formação do risco. | 104 |
| Figura 7.2: Mapa de risco de deslizamentos e inundações para o primeiro distrito de Petrópolis. | 107 |
| Figura 7.3: Gráfico com o percentual de área das classes de risco no primeiro distrito de Petrópolis..... | 108 |
| Figura 7.4: Gráfico com o percentual de eventos naturais por classe de risco..... | 109 |
| Figura 7.5: Exemplo de eventos na classe de baixo risco próximos a outras classes... | 110 |
| Figura 7.6: Ilustração dos desastres naturais sobre o mapeamento de risco (A) ao lado dos mapeamentos de vulnerabilidade social (B) e suscetibilidade geiofísica (C)... | 111 |
| Figura 7.7: Gráfico com o percentual de deslizamentos por classe de risco. | 112 |
| Figura 7.8: Localização em 3D da Rua Ingelheim extraída do Google Maps. Fonte: https://www.google.com/maps/@-22.5104533,-43.2063274,860a,35y,39.02t/data=!3m1!1e3 | 113 |
| Figura 7.9: Gráfico com o percentual dos eventos de inundação por classe de risco. . | 114 |
| Figura 7.10: Gráfico com o percentual das classes de risco na área da Planta Koeler. | 116 |
| Figura 7.11: Gráfico com o percentual de eventos naturais por classe de risco na área da Planta Koeler. | 116 |
| Figura 7.12: Gráfico com o percentual de deslizamentos por classe de risco na área da Planta Koeler. | 117 |
| Figura 7.13: Gráfico com o percentual de eventos de inundação por classe de risco na área da Planta Koeler..... | 118 |
| Figura 7.14: Mapa de localização dos setores censitários analisados. | 120 |
| Figura 7.15: Representação da espacialização das classes de risco no setor censitário 330390605000237. | 121 |
| Figura 7.16: Delimitação do setor 330390605000237. Fonte: Google Earth (data da imagem 09/04/2016)..... | 123 |
| Figura 7.17: Representação da espacialização das classes de risco no setor censitário 330390605000277. | 124 |
| Figura 7.18: Delimitação do setor 330390605000277. Fonte: Google Earth (data da imagem 10/07/2016)..... | 126 |

| | |
|--|-----|
| Figura 7.19: Representação da espacialização das classes de risco no setor censitário. | 127 |
| Figura 7.20: Delimitação do setor 330390605000005. Fonte: Google Earth (data da imagem 10/07/2016)..... | 128 |
| Figura 7.21: Representação da espacialização das classes de risco no setor censitário. | 129 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 4.1: Quantidade de eventos, por tipo, na área da Planta Koeler. | 36 |
| Tabela 5.1: Classe de declividade..... | 54 |
| Tabela 5.2: Dados de deslizamentos e inundações por classe de cobertura da terra. | 57 |
| Tabela 5.3: Dados referentes Estação Pluviométrica Petrópolis por eventos..... | 62 |
| Tabela 5.4: Estação Pluviométrica Itamarati. | 63 |
| Tabela 5.5: Estação Pluviométrica Rio Cidade. | 63 |
| Tabela 5.6: Média da Precipitação mensal da Normal Climatológica de cada estação destacando os menores e maiores valores. | 64 |
| Tabela 5.7: Total de eventos naturais por classe de suscetibilidade geobiofísica. | 72 |
| Tabela 5.8: Detalhes dos eventos por classe no primeiro distrito de Petrópolis. | 73 |
| Tabela 5.9: Total de eventos naturais por classe de suscetibilidade geobiofísica na área da Planta Koeler..... | 74 |
| Tabela 5.10: Detalhes dos eventos por classe na área da Planta Koeler. | 75 |
| Tabela 6.1: Eventos naturais distribuídos por área de vulnerabilidade social. | 94 |
| Tabela 6.2: Deslizamentos nas áreas de vulnerabilidade social. | 95 |
| Tabela 6.3: Eventos de inundação por classe de vulnerabilidade social. | 96 |
| Tabela 6.4: Eventos naturais por área de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler. | 101 |
| Tabela 6.5: Deslizamentos por classe de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler. | 102 |
| Tabela 6.6: Inundações por classe de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler. | 102 |
| Tabela 7.1: Número de ocorrências por classe de risco. | 108 |
| Tabela 7.2: Deslizamentos por classe de risco. | 112 |
| Tabela 7.3: Total de eventos de inundação por área de risco. | 114 |
| Tabela 7.4: Total de eventos naturais de deslizamentos e inundações por classe de risco na área da Planta Koeler. | 115 |
| Tabela 7.5: Total de deslizamentos por classe de risco. | 117 |
| Tabela 7.6: Total de inundações nas classes de risco na área da Planta Koeler..... | 118 |
| Tabela 7.7: Área das classes de risco no setor 330390605000237..... | 120 |
| Tabela 7.8: Área da classe de risco no setor 330390605000277..... | 123 |
| Tabela 7.9: Área das classes de risco no setor 330390605000005..... | 126 |
| Tabela 7.10: Área das classes de risco no setor 330390605000046..... | 128 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 3.1: Formação administrativa de Petrópolis. | 26 |
| Quadro 5.1: Chave de classificação da suscetibilidade geobiofísica..... | 66 |
| Quadro 6.1: Pesos de cada variável e suas justificativas. | 91 |
| Quadro 6.2: Característica dos elementos e variáveis utilizados para os mapeamentos. | 99 |
| Quadro 7.1: Chave de classificação do risco. | 105 |
| Quadro 7.2: Características da suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social do setor censitário 330390605000237..... | 122 |
| Quadro 7.3: Características da suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social do setor censitário 330390605000277..... | 125 |
| Quadro 7.4: Características da suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social do setor censitário 330390605000005..... | 127 |
| Quadro 7.5: Características da suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social do setor censitário 330390605000046..... | 130 |

RESUMO

A presente pesquisa faz uma análise geocológica dos deslizamentos e inundações no primeiro distrito de Petrópolis. Inicialmente, o intuito foi realizar esta análise para todo o município, entretanto, visto que as ocorrências se concentram no distrito mencionado optou-se por reduzir a escala geográfica da área de estudo. Esta pesquisa tem sua importância devida ao elevado número de pessoas afetadas por essa problemática que se intensificou, ao longo dos anos, com as alterações espaciais majoritariamente impostas pela própria comunidade. A cidade de Petrópolis, diferente da maioria das cidades brasileiras, nasce de um plano de povoação, entretanto, o primeiro distrito e, contraditoriamente, o seu núcleo de origem, por décadas são afetados por um problema motivado, em parte, pela alteração da paisagem. Em virtude disso, é chamada à atenção para essa contradição existente no primeiro distrito. Por outro lado, ao longo do trabalho são apresentados elementos que mostram o porquê desta contradição. Já se antecipa que o problema está relacionado ao fato de se ter ignorado e não ter expandido, para todo o limite da cidade, as diretrizes do Plano de Povoação elaborado pelo Major Koeler no século XIX. Para a análise geocológica foram feitos mapeamentos de elementos geobiofísicos presentes na paisagem e elementos socioeconômico-estruturais. Esses dois grupos de mapeamento foram sintetizados, respectivamente, nos mapas de suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social. Destes foi gerado um último mapa que espacializa o risco que os habitantes do primeiro distrito estão sujeitos caso ocorram desastres naturais relacionados a deslizamentos e inundações. Para analisar o resultado dos mapeamentos foram sobrepostos aos mapas eventos de deslizamentos e inundações catalogados desde a década de 30 até 2015. A análise dos mapas constatou, dentre outras características, que 64% da suscetibilidade geobiofísica do primeiro distrito aos eventos naturais em questão está relacionada ao potencial erosivo, 14% ao potencial de inundação e 22% a esses dois potenciais simultaneamente. Observou-se também que 36% da área de estudo possui grupo de pessoas altamente vulneráveis e 42,48% do primeiro distrito se enquadra na classe de alto risco.

Palavras-chave: Geocologia, vulnerabilidade social, suscetibilidade geobiofísica, desastres naturais, risco.

ABSTRACT

This research makes a geocological analysis of landslides and floods in the first district of Petrópolis. Initially, the intention was to carry out this analysis for the entire municipality, however, since the occurrences are concentrated in the district mentioned, it was decided to reduce the geographic scale of the study area. This research has its importance due to the high number of people affected by this problem that has intensified, over the years, with the spatial changes mostly imposed by the community itself. The city of Petrópolis, unlike most Brazilian cities, is born of a settlement plan; however, the first district and, contradictorily, its nucleus of origin, have for decades been affected by a problem motivated, in part, by the alteration of the landscape. By virtue of this, it is called to attention to this contradiction existing in the first district. On the other hand, throughout the work are presented elements that show the reason of this contradiction. It is already anticipated that the problem is related to the fact that it was ignored and did not expand, for the whole limit of the city, the guidelines of the Plan of Population elaborated by Major Koeler in century XIX. Mapping of geobiophysical elements present in the landscape and socioeconomic-structural elements were done for the geocological analysis. These two mapping groups were synthesized, respectively, in maps of geobiophysical susceptibility and social vulnerability. From these was generated a last map that spatializes the risk that the inhabitants of the first district are subject in case of natural disasters related to slides and floods. In order to analyze the results of the mapping, maps of landslides and floods cataloged from the 1930s to 2015 were superimposed on maps. The analysis of the maps found that 64% of the geobiophysical susceptibility of the first district to the natural events in question is related To erosion potential, 14% to flood potential and 22% to these two powers simultaneously. It was also observed that 36% of the study area has a highly vulnerable group of people and 42.48% of the first district falls into the high risk class.

Keywords: Geocology, social vulnerability, geobiophysical susceptibility, natural disasters, risk.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por mais essa oportunidade que tive em minha vida. Por esta etapa que parecia distante do meu alcance, mas como para Ele nada é impossível aconteceu mais rápido do que eu esperava.

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe, que sempre me incentivou e me apoiou em meus estudos, que fizeram tudo que estava no alcance deles para eu chegar até aqui.

Agradeço a todos do Laboratório GEOCART que me acolheram de braços abertos, onde fiz amizades, adquiri conhecimentos, e pude desenvolver minha pesquisa em um ambiente leve e fraterno. Em especial gostaria de agradecer a duas pessoas desse laboratório. Uma é o professor Gustavo Mota, por além dos conselhos e conhecimentos ter sido ponte para que eu conhecesse o laboratório. E ao professor Paulo Menezes pela pessoa solícita e de grande coração, que me acolheu no laboratório e prontamente me ajudou nas vezes que o procurei.

Agradeço muito ao meu orientador, Manoel do Couto Fernandes, pela paciência e pelo conhecimento. Além de ser ótimo professor e orientador é um excelente profissional fazendo com muita dedicação todas as funções que lhe são atribuídas. Com isso, sem sombra de dúvidas, levo comigo além do aprendizado com a pesquisa, um aprendizado para minha vida.

Agradeço a todos os professores cujos quais tive a oportunidade de fazer alguma disciplina, pois muito contribuíram com minha formação e, direta ou indiretamente com minha pesquisa.

Agradeço à UFRJ, por tudo que pude vivenciar no campus durante meu mestrado a exemplo das aulas de inglês, coral e dança. O que possibilitou interagir com outros Institutos e pessoas de outros cursos.

Agradeço ao PPGG, por eu ter feito parte desse programa e pelos recursos para os trabalhos de campo e para o congresso que participei.

Contanto, só tenho a agradecer por tudo e por todos que conheci nesta instituição de ensino. Desde os discentes aos funcionários o meu muito obrigada!

“A natureza pode suprir todas as necessidades do homem, menos a sua ganância”.

Mahatma Gandhi

CAPÍTULO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO, EXPECTATIVA E ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a ocupação populacional do território brasileiro foi se intensificando sem ser acompanhada por um devido planejamento e fiscalização. Nesta perspectiva, muitas ocupações ocorrem em locais com maior suscetibilidade à ação de eventos naturais. Apesar destes fazerem parte da geodinâmica terrestre, responsável pela estruturação da paisagem, sobre um sistema social, potencializa o perigo à pessoas e bens (MARCELINO, 2007).

Recorrendo a Milton Santos, que ao falar sobre o processo de urbanização brasileira associa este com o da pobreza, acrescenta-se que a modernização do campo afasta os pobres dessas áreas, por sua vez a indústria oferece poucos empregos à população e o setor terciário, com formas contemporâneas e tradicionais de trabalho, não possibilita ao trabalhador renda suficiente que garanta sua ocupação em locais com estrutura adequada. Ressaltando também que essa população menos favorecida, em grande parte, não possui uma formação escolar que a ajude a compreender princípios de cidadania e percepções ambientais, como a influência direta de suas atitudes na dinâmica ambiental e da existência de locais impróprios para habitação humana. Em virtude disso, este autor destaca que:

“A cidade, onde tantas necessidades emergentes não podem ter resposta, está desse modo fadada a ser tanto o teatro de conflitos crescentes como lugar geográfico e político da possibilidade de soluções. Essas, para se tornarem efetivas, supõem atenção a uma problemática mais ampla, pois o fato urbano, seu testemunho eloquente, é apenas um aspecto. Daí a necessidade de circunscrever o fenômeno, identificar sua especificidade, mensurar sua problemática, mas, sobretudo, buscar uma interpretação abrangente” (SANTOS, 2009).

Como forma de circunscrever, identificar, mensurar e interpretar a ocorrência de deslizamentos e inundações e seus reflexos na população, a Cartografia Histórica possibilita a análise do surgimento e da dinâmica da atual configuração do território, por meio de suas representações espaciais ao longo do tempo. Dessa forma, a mesma pode

ajudar a compreender como era a organização do espaço desde a instalação dos seus primeiros habitantes como base para acompanhar como essa transformação espacial ocorreu.

Visto que o ordenamento territorial é necessário, e que é um instrumento para se planejar racionalmente o espaço, este necessita de procedimentos que considerem a diversidade de agentes que atuam na configuração espacial. Sendo assim, *“a análise geocológica fornece os subsídios necessários para a compreensão do espaço de maneira integrada, pois através de sua visão sistêmica considera além dos elementos naturais, os aspectos econômicos e sociais de uma determinada região”* (FARIAS *et al.*, 2012).

Como forma de expressar esta análise tem-se a Cartografia Geocológica, que é definida como a representação de dados ou informações oriundas de processos analíticos, mostrando através dos inter-relacionamentos entre os elementos da paisagem, as consequências imediatas ou futuras sobre o meio ambiente definido pelo recorte espacial da paisagem (MENEZES & COELHO NETTO, 1999).

Tendo a paisagem como unidade de análise, Urquijo & Bocco (2011) destacam que esta oferece uma posição integradora entre a dicotomia sociedade-natureza. Segundo eles, em um mesmo espaço convergem processos de percepção e apropriação do meio de acordo com diferentes processos culturais. Dessa forma, uma boa leitura da paisagem permite o entendimento das diversas formas de apropriação e os diferentes níveis de negociação implícitos na transformação do meio.

Esta pode retratar, por exemplo, a urbanização de um local, seus fatores motivadores e consequências. Dessa forma, para Santos (2009) é realidade a ser analisada à luz dos subprocessos econômicos, políticos e socioculturais, assim como, das realizações técnicas e das modalidades de uso do território nos diversos momentos históricos. Complementando este ponto de vista, é importante também levar em consideração os aspectos naturais que influenciam na composição dos diversos cenários presentes por toda a extensão da Terra.

Em face ao exposto, o presente trabalho busca analisar uma temática que tem assolado a população de Petrópolis, que são os eventos de deslizamento e inundações. Para isso, se recorreu à Cartografia Histórica e a Geocologia, mais especificamente do

primeiro distrito de Petrópolis, fazendo menção, inclusive, à área de gênese do município referente à planta Koeler (Planta Petrópolis – 1846).

Nesta perspectiva, foram feitos levantamentos teóricos e de materiais diversos, a exemplo de possíveis mapeamentos já existentes, jornais, arquivos com dados de deslizamentos, mapeamentos realizados exclusivamente para compor este trabalho, entre outros.

Buscou-se com essa investigação a consolidação de uma fonte de pesquisa onde todo aquele que tenha acesso possa compreender o contexto ambiental que envolve o primeiro distrito do município de Petrópolis. A relevância do trabalho está na possibilidade do uso deste em tomada de decisão referente a medidas mitigadoras para a área; como material para auxiliar no processo de ocupação do primeiro distrito; além de servir como um indicador de suscetibilidade geobiofísica à ocorrência de deslizamentos e inundações em áreas já ocupadas, entre outras aplicações.

Frente a estas perspectivas foram delineados os seguintes objetivos que são apresentados no item subsequente.

1.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo geral inferir o risco dos desastres naturais para a população petropolitana através de uma avaliação analítica e integrativa das variáveis geológicas geobiofísicas e socioeconômico-estruturais do primeiro distrito de Petrópolis e na área gênese do município contrapondo com as ocorrências de deslizamentos e inundações levantadas para o período de 1933 a 2015.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para alcançar o objetivo geral faz-se necessário cumprir alguns objetivos específicos. São eles:

- Levantar e analisar a distribuição espacial de eventos de deslizamentos do período de 1933 a 2015 e inundações do período 1990 a 2015;

- Propor um diagnóstico geocológico de suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social a partir de dados geobiofísicos e socioeconômicos, buscando analisá-los frente aos eventos de deslizamentos e inundações levantados;
- Desenvolver uma análise geocológica de risco da população frente aos diagnósticos realizados, buscando entender as principais características da comunidade envolvida em diferentes situações de suscetibilidade geobiofísica aos eventos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A problemática dos desastres naturais relacionados a deslizamento e inundações em Petrópolis tem sido uma realidade ao longo de muitas décadas. Visto que a geocologia proporciona uma análise integrada de fatores bióticos e abióticos para o entendimento da paisagem decidiu-se seguir esta abordagem, apoiada no entendimento da dinâmica hidrológica e erosiva, assim como na caracterização da população. Dessa forma, este é um caminho consistente para análise das causas que levam à ocorrência destes eventos.

Outro instrumento escolhido para enriquecer a análise foi a Cartografia Histórica da cidade, pois possibilita mostrar como era a estrutura espacial em tempos remotos, para poder comparar com a atual e inferir se houve mudanças. Esta análise é subsídio na compreensão da eficácia do plano de povoação de Petrópolis, na elucidação da expansão do povoamento (se esta seguiu o plano inicial ou se trilhou caminhos distintos) e no entendimento dos impactos em ambos os cenários.

A motivação deste trabalho é entender por que uma cidade que surge de um plano de ocupação constantemente apareça nos noticiários em virtude de algum desastre que tenha ocorrido vitimando e/ou atrapalhando o cotidiano das pessoas. Saber se houve alguma falha no planejamento ou se o que se previa no mesmo deixou de ser seguido em algum momento são alguns dos questionamentos que se buscou responder ao final deste trabalho.

Destaca-se também que o primeiro distrito de Petrópolis é o foco da pesquisa e, foi escolhido por ser onde a planta Koeler, planta que deu origem a povoação do

município, está inserida, e por ser uma área com numerosas ocorrências de deslizamento e inundações.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa segue um caminho evolutivo onde cada capítulo é como uma “peça de um jogo de quebra-cabeça” que após juntá-las algo é revelado. Nesta perspectiva, neste primeiro capítulo já foi feita a contextualização do trabalho, apresentou-se os objetivos e a justificativa de se abordar este tema através da análise de um distrito de Petrópolis.

No segundo capítulo é realizada uma discussão teórico-conceitual dos principais conceitos utilizados ao longo da pesquisa, para elucidar os processos realizados e deixar claro sobre qual ponto de vista é trabalhado cada conceito.

Por sua vez, o terceiro capítulo apresenta a área de estudo abordando sua constituição e suas principais características. Este é um capítulo importante no processo de avaliação das causas de desastres naturais na área de estudo em questão.

Já no quarto capítulo é feita uma análise das características dos eventos a exemplo dos locais onde estes se concentram, qual tipo de desastre aconteceu (deslizamento ou inundação) entre outros.

A partir do quinto capítulo se inicia a análise geocológica no primeiro distrito. Neste capítulo é feita a análise geocológica das variáveis geobiofísicas utilizando os dados de declividade, Índice de Eficiência de Drenagem (IED) e cobertura da Terra.

No sexto capítulo é realizada uma análise geocológica, por setor censitário, dos dados socioeconômico-estruturais com base nos dados do censo demográfico 2010 do IBGE.

E, por fim, no capítulo 7 é feita uma avaliação integrativa das variáveis geocológicas resultando na espacialização do risco que as pessoas estão sujeitas perante a ocorrência de eventos naturais.

Visando facilitar a compreensão da construção metodológica do trabalho (apresentada de maneira fragmentada nos capítulos quatro, cinco, seis e sete), a figura

1.1 apresenta a estrutura metodológica em três etapas. Nesta perspectiva, a primeira etapa consiste na aquisição, organização, espacialização e análise dos desastres naturais. A segunda etapa é composta pelos mapeamentos geoecológicos da suscetibilidade geobiofísica e da vulnerabilidade social tanto para o primeiro distrito como para a área da Planta Petrópolis, assim como pela análise qualitativa como quantitativa destes mapeamentos. E a terceira etapa é composta pelo mapeamento e análise geoecológica do risco da população sofrer grandes impactos com a ocorrência de desastres naturais. Esta etapa resulta da combinação dos dois mapeamentos geoecológicos presentes na segunda etapa.

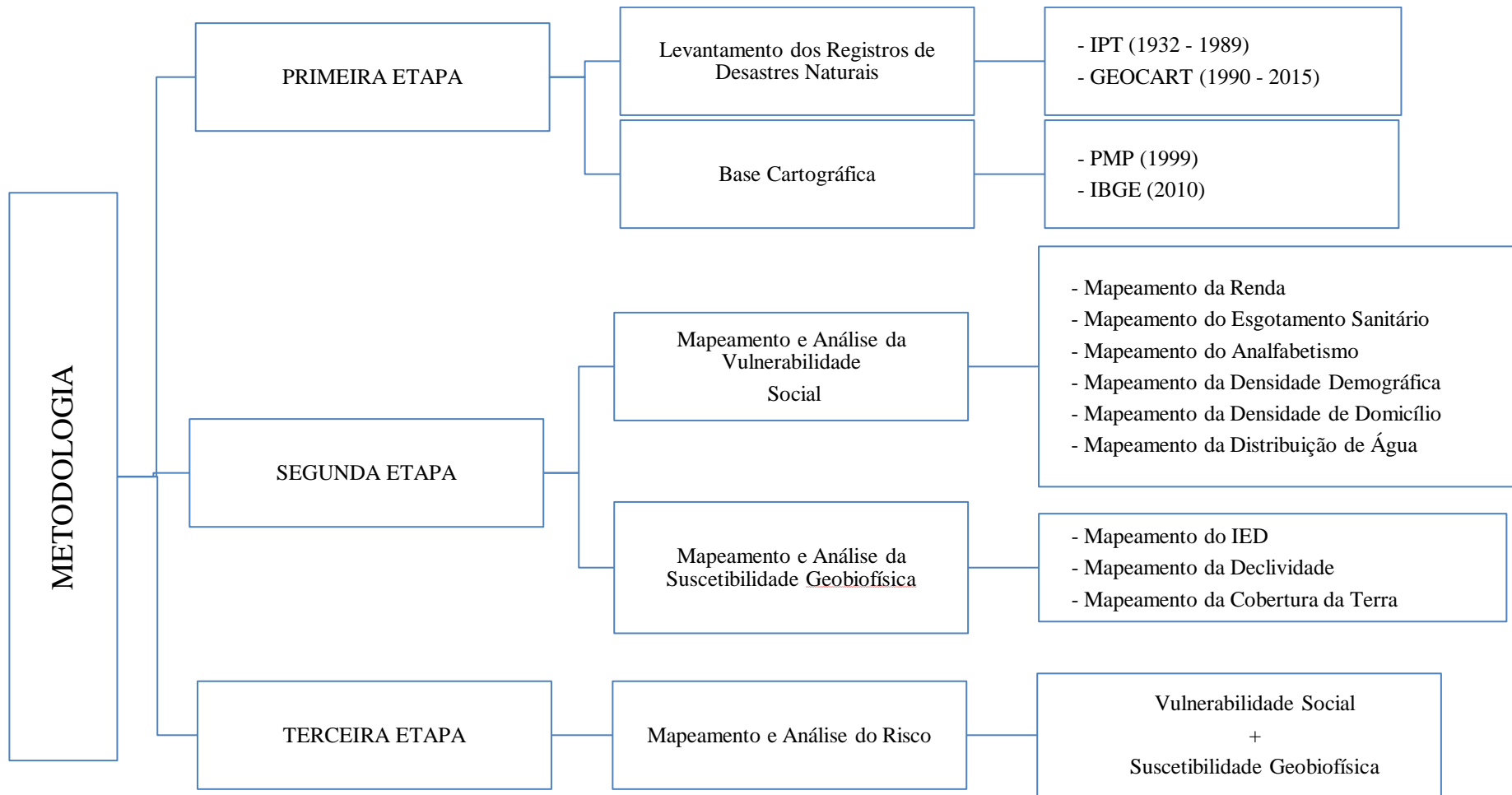


Figura 1.1: Organização Metodológica da Pesquisa.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

2 INTRODUÇÃO

A análise geocológica dos deslizamentos e inundações e as implicações destes desastres naturais na sociedade exige o diálogo com diversas áreas do conhecimento para compreender que são resultados, observados no ambiente, da relação entre fatores bióticos e abióticos. Nesta perspectiva, o presente trabalho é enriquecido com contribuições dos estudos sobre geocologia, geoprocessamento, cartografia geocológica, cartografia histórica, desastres naturais, risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade geobiofísica que serão abordados a seguir.

2.1 GEOECOLOGIA

O primeiro conceito a ser abordado é o de geocologia que propõe uma análise sistêmica da paisagem. Neste sentido, conceber a paisagem como um sistema significa ter uma percepção do todo através da compreensão da inter-relação das partes integrantes do sistema (RODRIGUEZ *et al.*, 2007).

Segundo Huggett (1995) da rica interação entre animais, plantas e solo entre eles e com as esferas terrestres (Hidrosfera, Troposfera, Atmosfera e Litosfera) e com o resto do Cosmos criam-se ricos sistemas de paisagens ou sistemas geocológicos. Uma das definições de sistema mencionada por Odum (2012), sob influência da ótica de Laszlo e Margenau, é a de que este é “*um conjunto de relações mútuas que constituem uma entidade identificável, seja real ou postulada*”.

A geocologia é uma área do conhecimento que tem se expandido e ampliado o número de pesquisadores que desenvolvem trabalhos seguindo essa linha de pensamento há mais de setenta anos. Surgiu em 1939 com Carl Troll conforme aponta Huggett (1995).

Dessa forma, para Troll (1939) a geocologia é “*o relacionamento qualitativo e tanto quanto possível quantitativo entre os elementos da biosfera*”. Já Zonneveld (1972) compreende a geocologia como “*uma subdivisão crucial da ciência de estudo da paisagem, a geografia, abordando-a como uma entidade holística, composta de diferentes elementos, cada um influenciando os demais*”. Por sua vez, Forman &

Godron (1986) a define como “*Ciência que estuda a estrutura, funções e alterações em uma área heterogênea, composta por ecossistemas que interagem entre si*”. Uma última definição a ser destacada nesta pesquisa é a apresentada por Naveh & Lieberman (1993) que caracterizam a geoecologia como “*uma ramificação da moderna ecologia, que trata dos relacionamentos entre o homem e paisagens, sejam elas urbanas ou não urbanas*”.

A paisagem, conceito utilizado pela ciência geográfica, é uma unidade de análise que pode ser utilizada nos estudos geoecológicos. Visto que, a percepção desta como uma realidade dinâmica e integrada se enquadra com a linha de pensamento seguida pelas concepções geoecológicas. Dito isto, este conceito mostra-se adequado para esse tipo de estudo, mas é importante que se deixe claro sobre qual ótica está utilizando-o, pois o mesmo possui diversidade de concepções, como pode ser percebido no relato de Britto & Ferreira (2011).

A evolução das diferentes abordagens filosóficas congrega o conceito de paisagem ora de forma estática, ora dinâmica, ora destacando seu caráter abstrato, ora como produto territorial das ações entre o capital e o trabalho, ora de caráter mais holístico. Atualmente, a paisagem, como um conceito que sintetiza o objeto geográfico, deve abarcar as questões ambientais e estéticas, incluindo o homem e suas ações, diretas ou indiretas, no espaço (BRITTO & FERREIRA, 2011).

Em quase todas as abordagens dos séculos XIX ao XXI a paisagem é definida como “*entidades espaciais que dependem da história econômica, cultural e ideológica de cada grupo regional e de cada sociedade*” (MARCIEL & LIMA, 2011). Estes mesmos autores acrescentam a esta definição a ideia de que a paisagem é

resultado de forças naturais e humanas que constitui um fato físico e cultural, os quais estão interligados no espaço em um determinado período (tempo), entendendo esse resultado como o produto e não como uma imagem. Deve ser entendida também como uma estrutura morfológica determinada, que pode ser mensurada, quantificada e qualificada (MARCIEL & LIMA, 2011).

Sendo assim, os elementos constituintes da paisagem que está em constante transformação podem ser quantificados e, um exemplo prático são as mudanças na

cobertura da terra. É possível quantificar a perda de cobertura vegetal, a expansão de áreas urbanas entre outras possíveis coberturas.

Na presente pesquisa, a paisagem a ser compreendida e, em muitas situações, mensurada por meio da análise geocológica é a do primeiro distrito de Petrópolis. Para isso, conhecer o perfil socioeconômico da população, as características físicas do espaço, suas interações e respostas neste tornam-se fundamentais. Para que essa análise seja realizada outro elemento importante é o geoprocessamento, que proporciona a integração de todos os fatores a serem analisados. Este elemento é abordado com mais detalhes no próximo tópico.

2.2 GEOPROCESSAMENTO E GEOECOLOGIA

Uma das definições existentes do termo geoprocessamento o aborda como uma *disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica* (CÂMARA & DAVIS, 2001). O geoprocessamento utiliza-se de ferramentas computacionais que permitem realizar análises elaboradas, visto que integra dados de diversas fontes por bancos de dados georeferenciados, além de automatizar a produção de documentos cartográficos. Para Fernandes (2009), seguindo um grupo de ideias apresentadas por vários autores, o

Geoprocessamento deve ser entendido como um conjunto de geotecnologias que se complementam na busca da aquisição, tratamento, manejo, análise, integração e por fim, exibição (apresentação) de dados e informações espaciais, podendo ser executadas de forma convencional (analógica) ou digital (computacional). (FERNANDES, 2009).

Segundo o histórico deste termo apresentado por Câmara & Davis (2001), internacionalmente ele surge como uma tentativa da Inglaterra e dos EUA em automatizar parte do processamento de dados com características espaciais na década de 50, tendo como objetivo principal reduzir os custos com a produção e manutenção de mapas. Entretanto, como naquela época a informática não era um recurso que estava em seu auge, o geoprocessamento não tinha adquirido a classificação de sistema de informação.

É na década de 60 que surgem os primeiros Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no Canadá. Ainda não possuíam equipamentos de alta tecnologia, além dos existentes e a mão-de-obra especializada serem muito caros.

Nos anos 70 foram desenvolvidos novos recursos de hardwares mais acessíveis, possibilitando o desenvolvimento de sistemas comerciais. Mas, é na década seguinte que há um acelerado crescimento percebido até os dias atuais.

No cenário brasileiro o geoprocessamento começa a ser utilizado, pesquisado e disseminado na década de 80 com o professor Jorge Xavier da Silva da UFRJ. Outro ponto marcante é a vinda ao Brasil, em 1982, do criador do primeiro SIG, o Dr. Roger Tomlinson, que motivou diversos grupos interessados em desenvolver essa tecnologia como: UFRJ, MaxiDATA, CPqD/TELEBRÁS e INPE.

O geoprocessamento fornece grande contribuição à análise geoeologia, visto que ambos trabalham com a integração de informações. O primeiro possibilita juntar todas as informações que o segundo precisa fornecendo um resultado final integrado. Fernandes (2009), no fragmento a seguir, destaca as vantagens do uso do geoprocessamento em abordagens geológicas, entretanto, salienta a dificuldade de representação de paisagens diversificadas em modelos fechados. Logo,

A possibilidade de trabalhar com um grande volume de dados e informações, a capacidade de manipulação, armazenamento, obtenção de informações à distância, dentre outras vantagens oferecidas pelas técnicas de Geoprocessamento, faz com que a operacionalização das análises geológicas seja, atualmente, totalmente direcionada para a utilização destas geotecnologias. Todavia, a não uniformidade das paisagens dificulta a definição de modelos fechados, o que não exclui a definição de uma linha metodológica de análise, a qual nos dias atuais não é bem marcada, assim como, uma série de discussões sobre os procedimentos empregados para a integração de dados geográficos (físicos e socioeconômicos). (FERNANDES, 2009).

No primeiro distrito de Petrópolis o uso do geoprocessamento ajudou na análise geológica de deslizamentos e inundações integrando dados de declividade, índice de eficiência de drenagem, cobertura da terra, índices socioeconômicos entre outros. Por meio da análise desses fatores integrados foi possível inferir os níveis de risco presentes na área de estudo através de mapas. Este tipo de mapeamento é proporcionado pela cartografia geológica, que é apresentada no tópico seguinte.

2.3 CARTOGRAFIA GEOECOLÓGICA

Menezes & Coelho Netto (2001) definem a cartografia geoecológica através da distinção desta da cartografia ambiental. Para eles é fundamental que a cartografia geoecológica apresente a interação homem-natureza e suas consequências para o meio ambiente; ação dinâmica (representação das transformações, vetores e interações sobre o tempo) e; por fim, deve representar os relacionamentos e inter-relacionamentos entre os elementos da paisagem. Destacam que

O estágio inicial do mapeamento geoecológico remonta ao início dos anos 60, com a introdução do tema da ecologia na cartografia. Foram desenvolvidos mapas de gerenciamento, voltados ao meio ambiente, seguidos de trabalhos de avaliação da influência de fatores socioeconômicos no ambiente, incluindo-se seus efeitos positivos e negativos, bem como a previsão de alterações espaciais ao longo do tempo (MENEZES & NETTO, 2001).

Alguns dos objetivos que este tipo de mapeamento possui são a possibilidade de visualizar situações de conflito, riscos ou impactantes; ser capaz de promover soluções para possíveis impactos causados por novas ações antrópicas sobre o ambiente; ser capaz de explicar situações ambientais, além de servir como argumento de apoio para decisões e ferramenta para análise da capacidade do ambiente para exercer determinadas funções ou analisar a compatibilidade das atividades socioeconômicas de um lado e as funções do ambiente por outro lado, visando o benefício da sociedade.

Com isso, alguns exemplos de mapeamento geoecológico são o realizado por Sousa *et al.* (2010) que fez um estudo da potencialidade da ocorrência de incêndio no maciço da Pedra Branca (RJ); e o realizado por Tomzhinski *et al.* (2012) no Parque Nacional do Itatiaia, que também segue essa linha de análise do risco de incêndio florestal entre outros.

Nesta dissertação foi feito um mapeamento geoecológico do risco de ocorrência de deslizamentos e inundações no primeiro distrito de Petrópolis. Nesse caso, tal mapeamento é resultado da integração da vulnerabilidade social, inferida pelo índice socioeconômico-estrutural, com a suscetibilidade espacial. Esta integração foi possível e otimizada devido ao uso de programas de geoprocessamento, como o *QGIS* e *ArcMap*, que favoreceram a junção, organização e operacionalização de uma quantidade muito grande de dados que este mapeamento utilizou.

2.4 CARTOGRAFIA HISTÓRICA

Outro elemento importante para essa pesquisa é a cartografia histórica, visto que, o espaço passa por constantes transformações, dentre elas a urbanística, e este ramo da cartografia possibilita a análise de materiais cartográficos antigos objetivando o resgate dos cenários e mudanças espaciais para compreensão do histórico de um lugar, conservação de acervos cartográficos entre outras utilidades. Oliveira *et al.* (2015) destacam que a cartografia histórica é uma importante ferramenta para a compreensão da dinâmica e formação dos espaços no passado, que preenche lacunas de compreensão não facilmente esclarecidas com a pesquisa em documentos exclusivamente escritos.

Como exemplo de sua aplicabilidade Fernandes *et al.* (2015) digitalizam e fazem processamentos necessários em planta histórica através de levantamento fotográfico em busca da manutenção do acervo cartográfico do município de Petrópolis/ RJ. Laeta & Fernandes (2015) através de levantamento de documentos cartográficos de Petrópolis do período de 1846 a 1861 buscam entender como foi o planejamento da cidade por meio de subsídios que permitam traçar paralelos entre o que fora concebido e o que atualmente ocorre no município. Oliveira *et al.* (2015) pesquisam o uso de um código comum de cores em mapas militares pelos impérios coloniais francês, português e espanhol (Sécs. XVII-XVIII) e a perda de informações por consequência da degradação documental, este que é um problema devido a confusão de alvos nos mapas. Pereira *et al.* (2015) abordam as estiagens no Nordeste brasileiro através de peças cartográficas, termo utilizado pelos autores, e demais documentos provenientes de estudos mostrando os objetivos, interesses, ideais e princípios por trás destes. Destacam que

Ao serem delimitadas e representadas pelo mapa botânico, essas áreas passaram a evidenciar seu grande potencial seja para reflorestamento, seja para sua exploração de forma ordenada e pautada numa perspectiva de uso racional, tão enfatizado pelos profissionais defensores do reflorestamento (PEREIRA *et al.* 2015).

Logo, em virtude da importância da cartografia histórica, a mesma tem sido usada para diferentes fins. Nesta pesquisa, ela foi utilizada ao analisar a planta histórica do município de Petrópolis em busca de inferir, através da comparação com imagens atuais, as mudanças espaciais que o primeiro distrito, área que está inserida a planta,

passou e, a partir dessa análise obter pistas da possível relação das transformações espaciais com a ocorrência de eventos de deslizamentos e inundações.

Somando-se a ela, a cartografia geocológica possibilita agregar informações variadas de uma dada paisagem e expor, simplificada, essas informações para compreensão do diagnóstico realizado para um determinado espaço. Dessa forma, com as duas há possibilidade de inferir o quanto uma área mudou, em que proporção a mudança ocorre, e o quanto essa mudança é significativa para a população no contexto de desastres naturais.

2.5 DESASTRES NATURAIS

Desastres naturais são fenômenos que afetam áreas com ocupação antrópica. Estes podem ser provocados por inundações, escorregamentos, erosões, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros (TOMINAGA, 2009). O contexto do desastre natural mostra que agravando a sua intensidade existe o acelerado processo de urbanização levando o crescimento da cidade muitas vezes à áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de perigo e de risco.

Sua origem pode ser natural, antrópica ou mista. O primeiro caso é provocado por fenômenos e desequilíbrios da natureza sem interferência do homem, como, por exemplo, quando há ventos fortes formando vendaval, tornado e furacão. Já o segundo caso resulta de ações ou omissões humanas. Dessa forma, o homem torna-se agente motivador direto ou indireto de desastres como contaminação de rios, rompimento de barragens, incêndios urbanos, deslizamentos, enchentes entre outros. Por fim, o terceiro está associado às ações ou omissões humanas, que contribuem para intensificar, complicar ou agravar os desastres naturais.

A dinâmica interna e externa da Terra são impulsos motivadores de desastres naturais. Sendo assim, os impulsos internos provocam eventos como tsunamis, vulcanismo, terremotos e maremotos. Por sua vez, tempestades, inundações, escorregamentos entre outros eventos podem ser originados pelos impulsos externos. No Brasil, os principais fenômenos relacionados a desastres naturais são derivados da dinâmica externa da Terra. Estes ocorrem normalmente associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, nos períodos chuvosos que correspondem ao verão na Região Sul e Sudeste e ao inverno na Região Nordeste (TOMINAGA, 2009).

Segundo Tominaga (2009) baseado em Kobiyama *et al.* (2006) os desastres naturais podem ser classificados em desastres de *pequeno porte*, quando os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos, sendo possível serem superados com recursos do próprio município; *média intensidade* onde os impactos são de alguma importância, os prejuízos são significativos, e o município consegue superar desde que envolva mobilização e administração especial; *grande intensidade* quando os danos são significativos e os prejuízos são elevados, a normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, mas necessita ser complementado com recursos estaduais e federais; e por fim os de *muito grande intensidade* são os de impactos muito significativos e prejuízos muito elevados, não é superável pelo município sem ajuda externa, eventualmente necessita de ajuda internacional.

Nesta pesquisa serão enfatizados desastres referentes a deslizamentos e inundações. Para Tominaga (2009) os deslizamentos são

processos de movimentos de massa envolvendo materiais que recobrem as superfícies das vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação. Estes processos estão presentes nas regiões montanhosas e serranas em várias partes do mundo, principalmente naquelas onde predominam climas úmidos. No Brasil, são mais frequentes nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste (TOMINAGA, 2009).

Os principais tipos de movimentos de massa em encostas são rastejo, escorregamentos, quedas e corridas. Entretanto, dentre estes, os mais frequentes na Região Sudeste do Brasil e principalmente na Serra do Mar, são os escorregamentos, popularmente denominados como deslizamento, queda de barreira e desbarrancamento (TOMINAGA, 2009).

No que se refere às inundações e enchentes Amaral & Ribeiro (2009) definem como “*eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d’água, frequentemente deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração*”. O Ministério das Cidades/ IPT define inundação como o “*transbordamento das águas de um curso d’água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea*”. Diferente da enchente que é caracterizada pela “*elevação do nível d’água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém sem extravasar*”.

A magnitude e frequência das inundações ocorrem em função da intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem (AMARAL & RIBEIRO 2009).

2.6 RISCO

Na concepção de Bertone & Marinho (2013), o risco é uma condição que uni a suscetibilidade geobiofísica e a vulnerabilidade social. Para eles *“determinada população está em condição de risco quando ocupa um terreno suscetível a desastres, dada a condição geológica-geotécnica propícia, e de modo frágil, conforme o padrão construtivo das edificações, tornando-se, assim, vulnerável”* (BERTONE & MARINHO, 2013).

Castro *et al.* (2005) contribuem com a definição desse termo ao dizerem que o risco pode ser tomado como uma categoria de análise associada inicialmente às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem natural ou antrópica. Para estes autores, em um sentido amplo, o risco refere-se à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, sem ter um momento exato para acontecer e, levando-se em consideração a maneira como estes processos afetam a vida humana.

O glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres da SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL possui algumas definições para o risco. São elas:

1. Medida de dano potencial ou prejuízo econômico expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis.
2. Probabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes dos mesmos.
3. Probabilidade de danos potenciais dentro de um período especificado de tempo e/ou de ciclos operacionais.
4. Fatores estabelecidos, mediante estudos sistematizados, que envolvem uma probabilidade significativa de ocorrência de um acidente ou desastre.
5. Relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos.

Para o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (2004) o risco é a probabilidade de ocorrer prejuízos ou, por exemplo, perda de vidas devido à interação entre perigos naturais ou humanos e condições vulneráveis.

Contanto, a luz dessas concepções, o risco é trabalhado nesta pesquisa a partir da avaliação do contexto de vulnerabilidade social e suscetibilidade geobiofísica do primeiro distrito de Petrópolis, onde este é subdividido em três classes (alto, médio e baixo) conforme a possibilidade de um dado evento de deslizamento e/ou inundação ocorrer e como as pessoas que residem no local que possa ser afetado conseguem corresponder ao evento.

2.7 VULNERABILIDADE SOCIAL

O termo vulnerabilidade aparece no glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres da SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL com quatro definições. A primeira define vulnerabilidade como a condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis. A segunda definição apresenta este termo como a relação existente entre a magnitude da ameaça, caso ela se concretize, e a intensidade do dano consequente. Por sua vez, a terceira definição diz que é a probabilidade de uma determinada comunidade ou área geográfica ser afetada por uma ameaça ou risco potencial de desastre, estabelecida a partir de estudos técnicos. Por fim, a quarta define a vulnerabilidade como o nível de insegurança intrínseca de um cenário de desastre a um evento adverso determinado, sendo a vulnerabilidade o inverso da segurança.

Para Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (United Nations Development Programme), a vulnerabilidade¹ é determinada por condições física, social, econômica e fatores ambientais ou processos que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto dos perigos.

¹ The conditions determined by physical, social, economic and environmental factors or processes that increase the susceptibility of a community to the impact of hazards. (UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, 2010)

Já o CPRM/IPT (2014) aborda a vulnerabilidade a partir do grau de perdas e danos associados aos elementos expostos. Sendo assim, quanto maior forem as perdas e os danos, maior é a vulnerabilidade.

Com uma abordagem mais social, Sobreira & Souza (2012) destacam que para avaliar a vulnerabilidade deve-se considerar as possibilidades técnicas e socioeconômicas de prevenir ou mitigar os vários efeitos destrutivos do fenômeno.

Neste range de definições, acrescenta-se mais uma que vai de encontro com a concepção de Sobreira & Souza (2012) e contempla a perspectiva adotada nesta pesquisa. Tal é elaborada por Ribeiro (2010) que enfatiza que a vulnerabilidade é social. Logo, é estabelecida pela posição do grupo social, onde os mais pobres são os mais afetados em situações de risco. Segundo ele

A vulnerabilidade é social porque são os mais pobres que enfrentam as maiores dificuldades para se adaptarem às intempéries extremas dadas as condições de fragilidade em que se encontram (RIBEIRO, 2008). O sítio que ocupam é mais suscetível a escorregamentos e alagamentos e as edificações nas quais se abrigam são compostas por elementos técnicos menos resistentes a ação da água e ao movimento de material intemperizado. O resultado é cruel: mortes e perdas materiais após chuvas intensas. Por outro lado, camadas mais abastadas enfrentam outro tipo de problema: congestionamento de vias, falta de energia e eventualmente algum abalo em suas residências, mas em geral porque tiveram falhas no processo de construção (RIBEIRO, 2010).

Fica nítido com esse fragmento de Ribeiro (2010) que as consequências de desastres naturais são absorvidas de forma diferente pelas classes sociais.

Neste contexto, a presente pesquisa segue a linha de pensamento que acredita que a exposição ao risco é diretamente proporcional à classe social. Ou seja, quanto mais inferior for a classe social, mais expostas ao risco estarão as pessoas pertencentes a estas classes sociais baixas. Logo, quanto menor a renda da população, menos investimentos na prevenção e menor capacidade de resposta imediata e positiva aos desastres naturais possuirão essas pessoas. Em outras palavras, alto risco está relacionado à alta vulnerabilidade social, assim como baixo risco à baixa vulnerabilidade social.

Contanto, este é um dos fatores fundamentais a serem inferidos para se mapear o risco presente em determinado espaço geográfico. Outro fator é a suscetibilidade geobiofísica espacial que é abordada no tópico a seguir.

2.8 SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA

Sobreira & Souza (2012) definem a suscetibilidade como a potencialidade de processos geológicos causarem transformações no meio físico, não pondo em questão o quanto pode afetar as atividades antrópicas. Sendo assim, a ocorrência desses processos deve-se a predisposição natural do meio físico e seu desenvolvimento. Esses autores acrescentam que em alguns casos as práticas de uso e ocupação da terra pode intensificar o processo.

Seguindo esta mesma linha o CPRM/IPT (2014) define a suscetibilidade como a propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma determinada área.

Contanto, a suscetibilidade é mais um conceito chave que corroborou na análise geocológica realizada. Através dos levantamentos de aspectos físicos da área de estudo, a exemplo da declividade do relevo, cobertura da terra e índice de eficiência de drenagem pôde-se inferir o quanto suscetível à ocorrência de deslizamentos e inundações é o primeiro distrito de Petrópolis. Por outro lado, a viabilidade da inferência do risco só foi possível com o mapeamento da suscetibilidade geobiofísica combinado com o mapeamento da vulnerabilidade social abordada anteriormente.

CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3 ESCOLHA DA ÁREA

O primeiro distrito de Petrópolis foi a área escolhida para serem feitas as análises geológicas de deslizamentos e inundações. Este distrito tem sido constantemente afetado pelos desastres naturais abordados neste trabalho e como resultado muitos prejuízos materiais e perdas de vida tem sido registrados.

É importante que se conheça como o município surgiu e algumas informações elementares sobre o mesmo para que se possa, junto com os mapeamentos gerados, tanto dos aspectos físicos como dos aspectos sociais, econômicos e estruturais, compreender as motivações que fazem com que o município, em especial o primeiro distrito, seja afetado frequentemente por desastres naturais.

Para isso, são apresentados, em dois subtítulos, o histórico e as características gerais do município. Sendo que o primeiro tem como objetivo mostrar como surgiu a proposta inicial de povoamento e como, ao longo do tempo, foi se configurando o município e, o segundo busca apresentar os aspectos gerais deste município.

3.1 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO

A área que hoje é delimitada como município de Petrópolis foi vislumbrada pelos colonizadores, inicialmente, em consequência da busca por riqueza no território brasileiro. As relações que se tinham eram inteiramente litorâneas, tendo em vista a dificuldade de adentrar em um local de relevo acidentado e mata fechada. Entretanto, as expedições dos tropeiros e a descoberta de ouro em Minas Gerais motivou o deslocamento para pontos mais afastados do litoral brasileiro. O primeiro acesso para chegar às minas de ouro, Caminho Velho (figura 3.1), passava por Paraty e São Paulo. Era um percurso demorado que durava cerca de 100 dias. Todavia, posteriormente abriu-se outro trajeto que reduzia significativamente a chegada, o chamado Caminho Novo (figuras 3.1 e 3.2), que subia a serra onde seria erguida a futura Cidade Imperial. Este percurso era feito em cerca de 33 dias, mas era um caminho perigoso devido a grande declividade da serra.



Figura 3.1: Localização do Caminho Velho que dava acesso às minas de ouro em Minas Gerais. Fonte: <http://www.ourobranco.com/mmcob26.htm>.

Sendo assim, tempos depois, foi aberto outro acesso (figura 3.2), que também passava pela área da futura cidade de Petrópolis, denominado Variante do Caminho Novo (TAULOIS, 2007). Este, segundo Haack (2013) atravessa de Norte a Sul a bacia do rio Piabanha, e possibilitou o desenvolvimento territorial devido ao fluxo de pessoas e cargas que faziam o trajeto Minas – Rio de Janeiro. Salgado (2013) acrescenta que a Variante do Caminho Novo diminuía em cerca de 4 a 5 dias o tempo da viagem devido o acesso ser por terrenos menos acidentados.

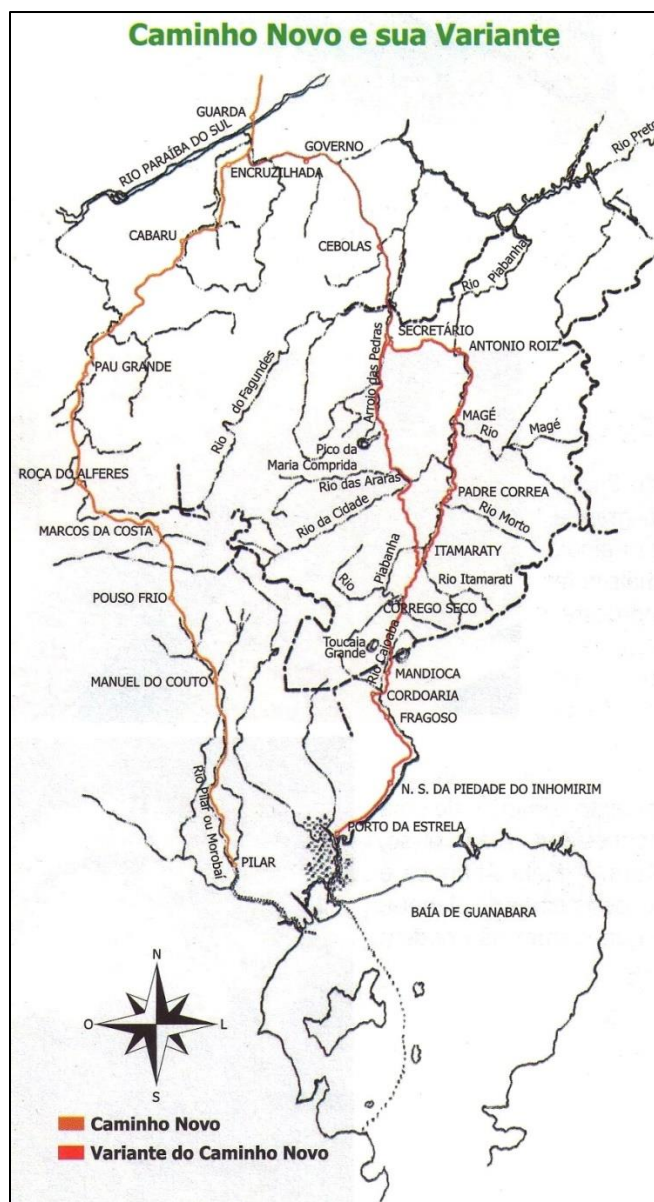


Figura 3.2: Localização da Variante do Caminho Novo. Fonte: <http://ahistoriadepetropolis.blogspot.com.br/2013/05/a-variante-do-caminho-novo-de-bernardo.html>.

Como o percurso era demorado, os tropeiros faziam paradas ao longo do caminho para repousar. Com isso, muitos sítios e pousadas foram surgindo mais afastados do litoral e a ocupação do território foi expandindo. No espaço onde se estabeleceu o município de Petrópolis não foi diferente. Algumas fazendas foram estabelecidas como a do Padre Corrêa que muitas vezes recepcionou a Família Real. Neste contexto, a constituição de Petrópolis como núcleo urbano teve grande influência da Família Real, que em suas estadias pelo Brasil, principalmente no verão, buscava a Serra da Estrela, como é conhecida localmente a Serra do Mar, por se aproximar das características climáticas europeias. Tamanha foi a admiração pelo local que ainda no período em que D. Pedro I esteve no Brasil, foi idealizada a construção de uma casa de verão para a família real concretizada na vigência D. Pedro II. Duas pessoas se destacaram na realização deste desejo, o mordomo imperial Paulo Barbosa da Silva e o Major Júlio Frederico Koeler. O primeiro, grande incentivador da criação de um Palácio Real naquele local e, o segundo, responsável pela elaboração do projeto.

Entretanto, antes de ser habitada por pessoas que vinham de fora do Brasil ou de outros lugares deste mesmo território, a área que é conhecida como cidade de Petrópolis foi residida pelos índios coroados. Ficando este local conhecido como “Sertão dos Índios Coroados”. Taulois (2007)

Embora desde o século XVII o local que veio a ser denominado Petrópolis já tivesse sido dividido em sesmarias, a dificuldade de se chegar neste não motivou os colonos portugueses a irem inicialmente para lá. Somente quando viram a possibilidade de adentrarem em Minas Gerais, grande fornecedor de ouro, tanto o caminho de acesso como o local passaram a ser desbravados no final do século XVII.

Como já foi dito anteriormente, essa passou a ser uma rota alternativa de acesso às Minas, visto que, a já existente (Caminho Velho) que passava por Paraty (RJ) e Taubaté (SP) consistia em um trajeto mais extenso. O novo caminho apresentava dificuldades em sua travessia, dessa forma havia aqueles que preferiam passar pelo caminho velho. Entretanto, já no século XVIII, por volta de 1720,

O recém-chegado Governador e Capitão-General da Capitania do Rio de Janeiro, Ayres de Saldanha, determinou, com o objetivo de tornar a rota entre Minas Gerais e Rio de Janeiro pela Serra do Mar exclusiva, a construção de uma variante no Caminho Novo a fim de eliminar os trechos de dificuldade no fim do mesmo. Esta variante tratava-se de um atalho que cruzava a bacia do Rio Piabanha até atingir o Rio Inhomirim (especificamente, o Porto da

Estrela) no fundo da Baía de Guanabara, passando, portanto, pelas terras onde, praticamente um século mais tarde, se ergueria a cidade de Petrópolis. O Sargento-mór Bernardo Moraes de Proença, que se oferecera para a tarefa foi o responsável por essa nova empreitada (SOUZA, 2014).

Já como imperador do Brasil, D. Pedro I visitou diversas vezes as terras serranas levando consigo sua família e comitiva, inclusive para tratamento de saúde da Princesa Paula Mariana. Buscou adquirir terras na região para construir um Palácio de Verão, onde poderia receber suas diversas visitas estrangeiras que não estavam acostumadas com o calor tropical.

A primeira tentativa de D. Pedro I de aquisição de terras na Serra da Estrela foi a oferta de compra das áreas da Fazenda do Padre Correia após o falecimento dele, mas Da. Arcângela, irmã do Padre, lhe negou a oferta alegando questões familiares de herança. A mesma em 1830 indicou uma área vizinha denominada Fazenda Córrego Seco, que pertencia ao Sargento-Mor José Vieira Afonso, situada a montante do Rio Piabanha. D. Pedro I comprou a propriedade que passou a chamar Fazenda da Concórdia por 20 contos de réis. Além desta fazenda, ele adquiriu propriedades no entorno, no Alto da Serra, em Quitandinha e no Retiro.

Entretanto, não foi ainda naquele momento que o sonho de residir na região serrana seria concretizado. Houve uma crise política que ameaçou a Coroa Imperial Brasileira e os problemas de sucessão da Coroa Portuguesa adiaram a ideia de construção nas terras adquiridas. Em 1831 D. Pedro I abdica em favor do seu filho e três anos depois ele morre em Portugal. Nesse contexto dívidas do antigo Imperador apareceram e para quitá-las a Fazenda da Concórdia foi arrendada a diversos credores (SOUZA, 2014).

Em 1840, quando D. Pedro II já era maior de idade, o governo imperial havia quitado as dívidas que envolviam as terras adquiridas pelo pai dele. Dessa forma, a área serrana passou a pertencer a D. Pedro II e seus sucessores. Em 1843 a mordomia da Casa Imperial passa a administrar a antiga Fazenda Córrego Seco e D. Pedro II decide realizar o desejo do pai. O plano de ação para a edificação da nova residência imperial foi denominado de “Povoação-Palácio de Petrópolis” (figura 3.3). Seu início se deu a partir do Decreto Imperial nº 155 de 16 de março de 1843. Com isso, sob o comando de Koeler, a colonização e edificação de Petrópolis contou com grande número de

imigrantes alemães. Além de colonos de outras regiões da Europa, a exemplo de açorianos e franceses que também migraram para a Serra (SOUZA, 2014).

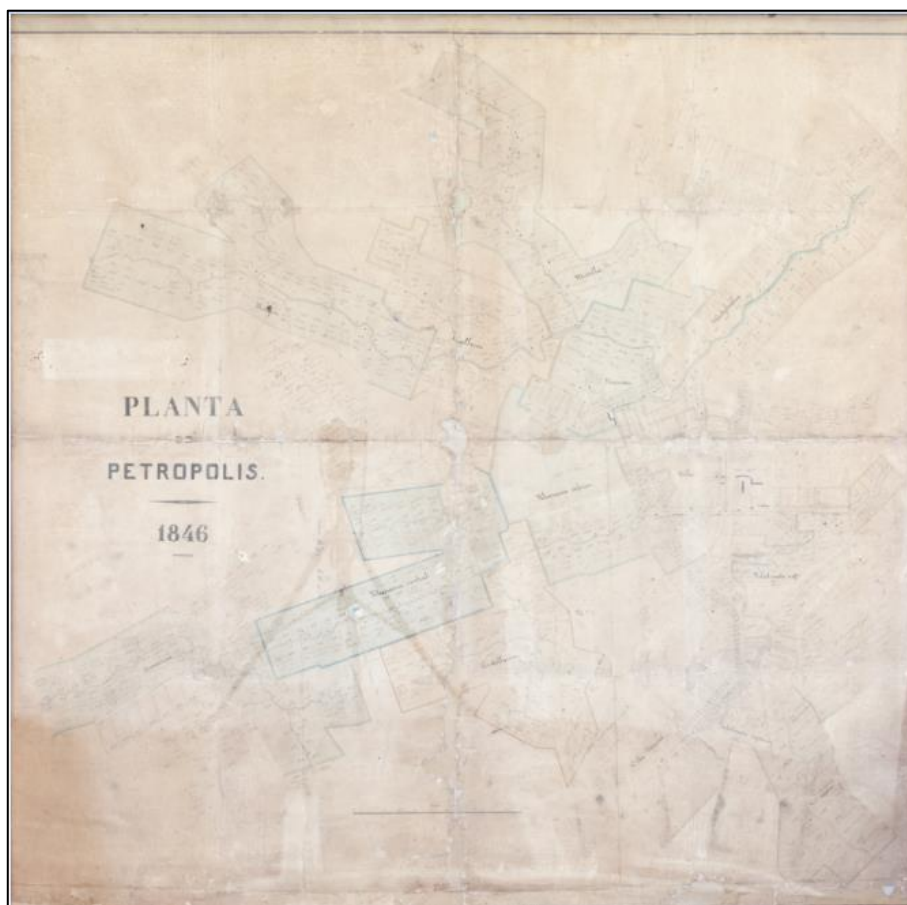


Figura 3.3: Planta de povoação de Petrópolis. Fonte: Arquivo GEOCART(UFRJ).

Tamanha foi a importância do Major Koeler, que desde este Decreto, pedra angular sobre a qual levantou-se Petrópolis, o nome dele passa a aparecer em todos os atos governamentais ou administrativos voltados à transformação da Fazenda do Córrego Seco na povoação que começou a configurar o núcleo da cidade (FILHO, 2011).

Segundo Souza (2014) a fundação da cidade fugiu à tradição brasileira de criação de vilas e cidades, ultrapassando todas as etapas e configurando-se como cidade desde sua implantação.

Koeler faleceu em 1847. Ele foi sucedido por Ribeiro Cirne (1847-53), o engenheiro José Maria Rabelo e por Vicente Marques Lisboa sem haver atraso ou prejuízo na execução do projeto. O Palácio Imperial foi completamente concluído por

volta de 1862. Entretanto, desde 1851 já se constituía como a sede oficial dos verões da Família Imperial (SOUZA, 2014).

Muitas alterações quanto a delimitação do município e divisões internas foram realizadas em Petrópolis após a construção do Palácio de verão até o tempo presente. O quadro 3.1 apresenta a formação administrativa no período de 1846, quando foi estabelecida a Freguesia de São Pedro de Alcântara de Petrópolis, até a configuração que vigora no início de 2017. Onde se pode perceber, por exemplo, que nomes e quantidade de distritos passaram por alterações e teve distrito que foi emancipado em nível de município.

Quadro 3.1: Formação administrativa de Petrópolis.

| ALTERAÇÕES | LEI | DECRETO |
|---|---------------------------------------|---|
| Foi criada a freguesia com a denominação de São Pedro de Alcântara de Petrópolis. | Lei Provincial n° 397, de 20-05-1846. | Decretos Estaduais n°s 1 de 08-05-1892 e 1-A de 03-06-1892. |
| Eleva-se à categoria de vila com a denominação de Petrópolis desmembrado de Niterói. Constituído de 5 distritos: Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e São José do Rio Preto. Instalado em 17-06-1859. | Lei Provincial n° 961, de 29-09-1857. | |
| Eleva-se à condição de cidade com a denominação de Petrópolis. | Lei n° 961, de 29-09-1857. | |
| São criados os distritos de Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e São José do Rio Preto, e anexados ao município de Petrópolis. | | Decretos Estaduais n°s 1, de 08-05-1892 e 1-A, de 03-06-1892. |
| A capital do estado foi transladada para Petrópolis, verificando-se a instalação em 20-02-1894. | Lei Estadual n° 50, de 30-01-1894. | |
| Petrópolis é declarada capital do estado do Rio de Janeiro. | A Lei Estadual n° 89 de 01-10-1894. | |
| Petrópolis perde a condição de capital do estado. | Lei Estadual n° 542, de 4-08-1902. | |
| Em divisão administrativa referente ao ano de 1911, o município é constituído de 5 distritos: Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e São José do Rio Preto. Assim permanecendo em divisões territoriais datadas de 31-XII-1936 e 31-XII-1937. | | |
| O distrito de São José do Rio Preto passou a | | Decreto-lei Estadual n° |

| | | |
|---|--|---|
| denominar-se São José. | | 392-A, de 31-03-1938. |
| No quadro fixado para vigorar no período de 1939-1943, o município é constituído de 5 distritos: Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e São José (ex-São José do Rio Preto). | | |
| O distrito de São José passou a denominar-se Paranaúna. | | Decreto-lei Estadual n° 1.056, de 31-12-1943. |
| No quadro fixado para vigorar no período de 1944-1948, o município é constituído de 5 distritos: Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Paranaúma (ex-São José) e Pedro do Rio. | | |
| Por Ato das Disposições Constitucionais Transitórias promulgado em 20-06-1947, o distrito de Paranaúna voltou a denominar-se São José do Rio Preto. | | |
| Em divisão territorial datada de 1-VII-1950, o município é constituído de 5 distritos: Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e São José do Rio Preto (ex-Paranaúma). Assim permanecendo em divisão territorial datada de 1-VII-1960. | | |
| É criado o distrito de Posse, com partes do distrito de Pedro do Rio e São José do Rio Preto e anexado ao município de Petrópolis. | Lei Estadual n.º 5.388, de 23-09-1964. | |
| Em divisão territorial datada de 31-XII-1968, o município é constituído de 6 distritos: Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio, Posse, São José do Rio Preto. | | |
| Desmembra do município de Petrópolis o distrito de São José do Vale do Rio Preto. Elevado à categoria de município. | Lei Estadual n.º 1.255, de 15-12-1987. | |
| Em Síntese de 31-XII-1994, o município é constituído de 5 distritos: Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e Posse. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 2007. | | |

Fonte: Elaborado com informações do IBGE.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no município de Petrópolis pertencente ao estado do Rio de Janeiro. Este município, por sua vez, é composto por cinco distritos (Posse,

Pedro do Rio, Itaipava, Cascatinha, e um distrito com o mesmo nome do município). Fazem limite com a cidade de Petrópolis os municípios de Teresópolis, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Miguel Pereira, Duque de Caxias, Magé e Guapimirim como pode ser observado no mapa da figura 3.4.

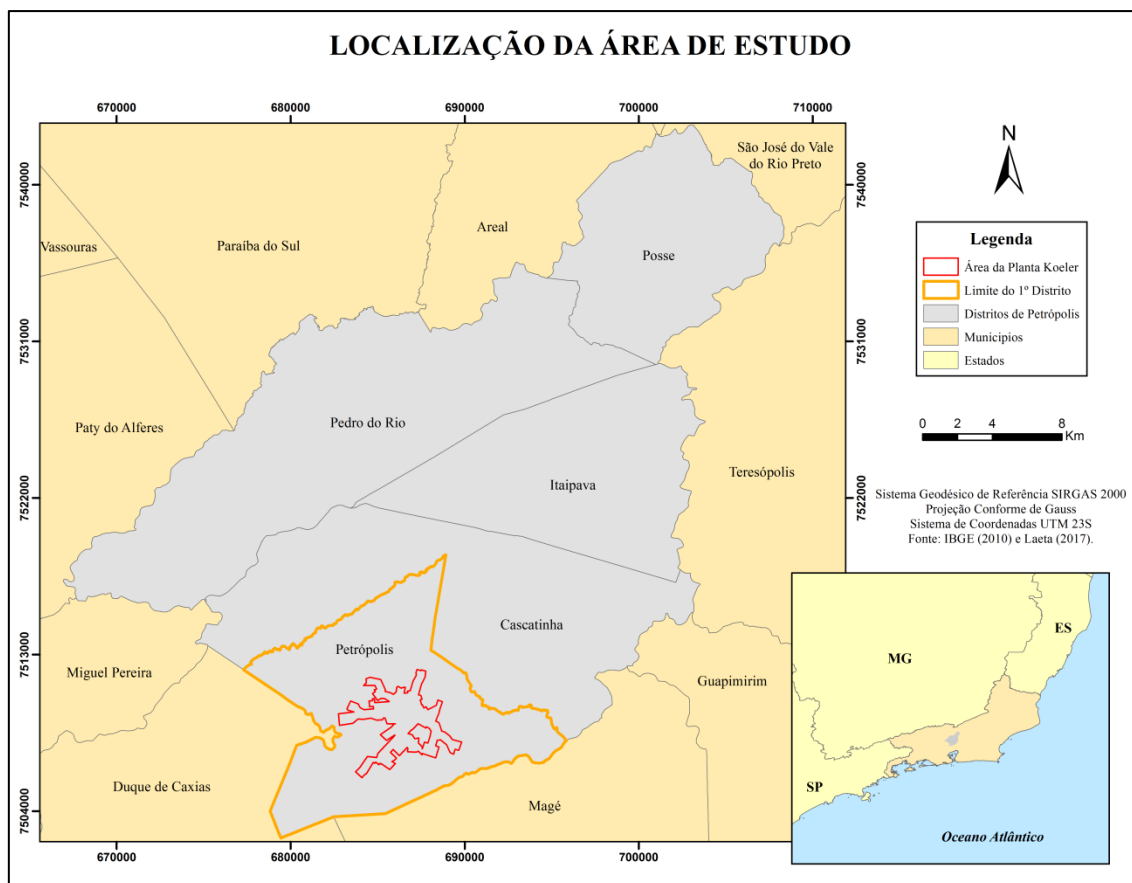


Figura 3.4: Localização da área de estudo.

O município em questão está inserido na Região Serrana, com uma área de 793,085 km². A população petropolitana estimada para 2016, segundo o IBGE, é de 298.158 pessoas e a densidade demográfica de 371,85 hab/km².

Guerra *et al.* (2007) pontuam que Petrópolis está sobre rochas bastante falhadas e fraturadas, encostas íngremes e, em alguns pontos, solos com perfis bastante profundos, além de possuir em parte do seu território, totais pluviométricos anuais acima de 2.000 mm, com chuvas concentradas nos meses que vão de novembro a março.

A vegetação deste município faz parte do bioma Mata Atlântica e o clima é Tropical de Altitude.

Por sua vez, o primeiro distrito de Petrópolis, área específica do município a ser analisada, apresenta uma área de 133,28 km², 187.881 habitantes segundo o último censo demográfico (IBGE, 2010) e densidade demográfica de 1409,64 hab/km². Faz divisa com o distrito de Cascatatinha (2º distrito de Petrópolis) e com dois municípios: Duque de Caxias e Magé. O primeiro está ligado à cidade de Petrópolis pela BR-040 além de possuir uma reserva biológica (Rebio Tinguá) em comum.

O mapa da figura 3.4 também apresenta a localização da área gênese do município situada na parte central do primeiro distrito. Petrópolis apresenta uma variedade de atrativos turísticos como o Museu Imperial, Palácio de Cristal, Museu de Cera, Palácio Quitandinha, Museu Casa de Santos Dumont, Casa da Princesa Isabel, Parque Natural entre outros.

O Primeiro distrito é um dos dois distritos urbanos de Petrópolis. É por onde começou a expansão do município e onde está localizada a rodoviária por onde saem e chegam diariamente ônibus de outros municípios e estados. Embora não possua uma divisão de bairros formalizada, a população utiliza uma delimitação informal que divide as localidades conforme os traços históricos do lugar. Alguns exemplos desses abairramentos informais presentes no distrito em questão são: o bairro Duques, Independência, São Sebastião, Siméria, Meio da Serra, Coronel Veiga, Castelanea, Valparaiso, Via Militar, Quitandinha, Morim, Alto da Serra, Chácara Flora, Bingen entre outros.

CAPÍTULO 4 – OCORRÊNCIAS DE DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES EM PETRÓPOLIS

4 INTRODUÇÃO

A Região Serrana é conhecida pelas numerosas ocorrências de movimentos de massa e pelos reflexos destas na sociedade. No município de Petrópolis, ao longo de décadas, estes eventos foram se intensificando em virtude de fatores físicos e antrópicos. Sendo assim, este capítulo busca organizar e analisar eventos de deslizamento desde a década de 30 até o ano de 2015 e, inundações da década de 90 até 2015. Embora cada tipo de evento esteja em intervalo de tempo diferente, foram utilizados os dados de inundações para destacar que a área de estudo em questão é afetada por mais de um tipo de evento natural e para validar o resultado de índices como o IED. As etapas da metodologia utilizada constam na figura 4.1 e são abordadas com mais detalhes a partir do próximo tópico.

4.1 AQUISIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS

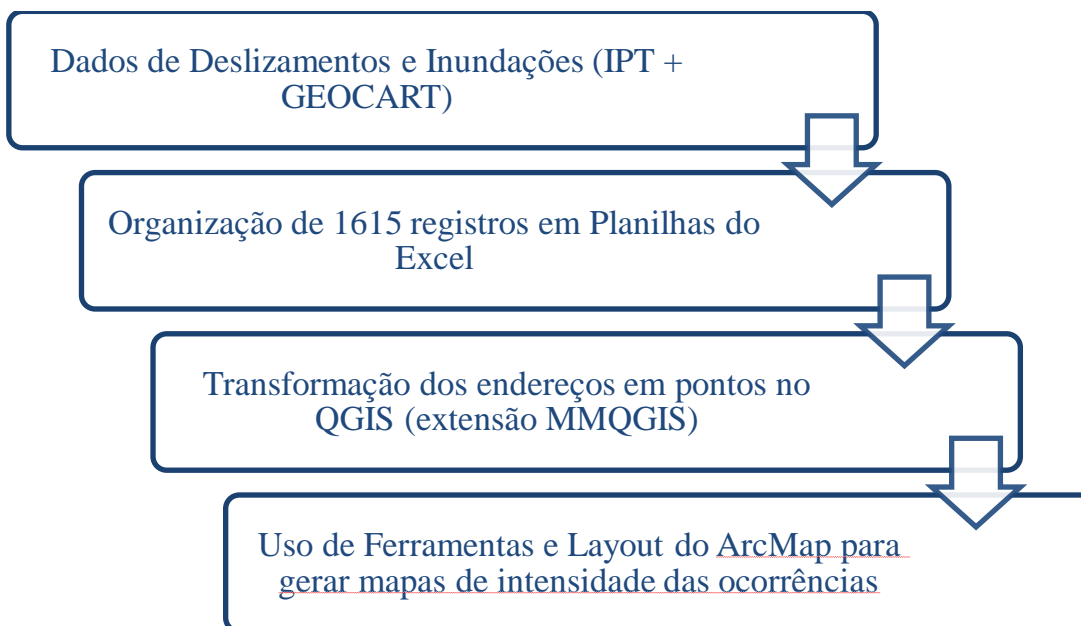


Figura 4.1: Etapas do levantamento e espacialização das ocorrências de deslizamentos e inundações.

4.1.1 AQUISIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS

Os dados de deslizamentos e inundações são de dois levantamentos distintos. O primeiro, realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), que compreende o período de 1933 a 1989 e; o segundo, pelo Laboratório de Cartografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GEOCART), que catalogou as ocorrências de 1990 a 2015. Embora os eventos tenham sido catalogados por instituições diferentes a fonte de pesquisa utilizada foi a mesma. Entretanto, a última instituição acrescentou aos registros os dados de inundação.

Para saber a quantidade e a localização dos eventos foram consultados os jornais locais, onde se buscou extrair o máximo de informações. Uma peculiaridade do último levantamento é que percebendo que as ocorrências se concentravam na estação do ano Verão, foram pesquisados e registrados apenas os publicados nos jornais deste período.

A Biblioteca Municipal de Petrópolis foi o local utilizado pelo GEOCART para ter acesso aos jornais. Nela possui um acervo com os principais jornais do município como: Tribuna de Petrópolis e Diário de Petrópolis. Neste local, encontra-se também, uma divisão temática das notícias com mais de mil temas.

4.1.2 ORGANIZAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS

As ocorrências foram tabeladas em planilha Excel. Como os dados do IPT foram adquiridos em material impresso e datilografado, foram escaneados e convertidos os arquivos em PDF para Word no programa ABBYY Fine Reader 11, para facilitar a inserção e edição da informação. Entretanto, como o resultado da conversão apresentava significativos erros, visto que o arquivo de origem não tinha sido elaborado em meio digital, foi digitada cada ocorrência.

Os endereços presentes nesse material não eram padronizados, com isso, foi criado outro campo na tabela para organizá-los. Os que possuíam endereço e número foram repetidos separando-os apenas por vírgula. Já os que apresentavam o nome do bairro e alguma outra informação, conservou-se o nome do bairro e colocou uma observação em outro arquivo para, posteriormente, localizar o ponto da ocorrência. Nos que apresentavam nomes de rodovias colocou um número que o google maps reconhecesse. Dessa forma, criou-se um padrão para poder inserir essas informações na

extensão (*MMQGIS* – Geocode, Geocode CSV with Google/ OpenStreetMap) do *QGIS*. O diretório desta extensão pode ser observado na figura 4.2.



Figura 4.2: Localização da ferramenta do Software *QGIS* que converte endereços em pontos.

Com esta extensão foi gerado um *shape* de pontos com classificação da precisão destes. Como nem todos foram precisos, uma análise foi feita nos especializados em endereços errados. É importante destacar que os nomes de várias ruas mudaram com a queda do governo Imperial e ascensão da República, um exemplo é a Rua do Imperador, principal endereço comercial da cidade, que corta todo o Centro Histórico de Petrópolis. Mudaram o nome desta para 15 de novembro, quando a República foi proclamada (MEDEIROS, 2001). Atualmente, voltou se chamar Rua do Imperador devido ao apelo turístico.

Antes de inserir a tabela no *Software QGIS*, além do campo endereço ter sido padronizado, foram criados três novos campos na tabela para auxiliar a ferramenta na busca dos endereços. São eles: município, UF e país. Um resultado curioso foi que mesmo com estas delimitações, pontos foram gerados fora do município e do estado.

Contanto, foram alterados os nomes das ruas que mudaram e realocados os pontos que não tinham informações objetivas do endereço para melhorar a resposta da localização. Para isso, o conhecimento da população local e de um catálogo de endereços foram fundamentais.

4.2 DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS

Neste tópico se busca delimitar a intensidade dos eventos de inundações e deslizamentos. Para isso foi utilizado o estimador de intensidade “*Kernel Estimation*”. Este “*realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse*” (CÂMARA & CARVALHO, 2004).

A estatística de intensidade de todos os eventos catalogados, apresentada na figura 4.3, considerando um raio de 15.600 m, estabelecido após alguns testes, retrata que os deslizamentos e inundações ocorrem com uma intensidade maior no primeiro distrito de Petrópolis. Cascatinha, segundo distrito, também apresenta elevada intensidade. Ambos os distritos têm ao menos uma característica em comum: são os únicos distritos de Petrópolis que apresentam população urbana maior que a rural.

Esta ocupação espacial está ligada com a história do município cujo plano de povoação foi consolidado em parte do que hoje é o primeiro distrito. Ao longo do tempo, a população não ficou restrita a delimitação inicial do plano, se expandindo pelo primeiro distrito e para o distrito vizinho.

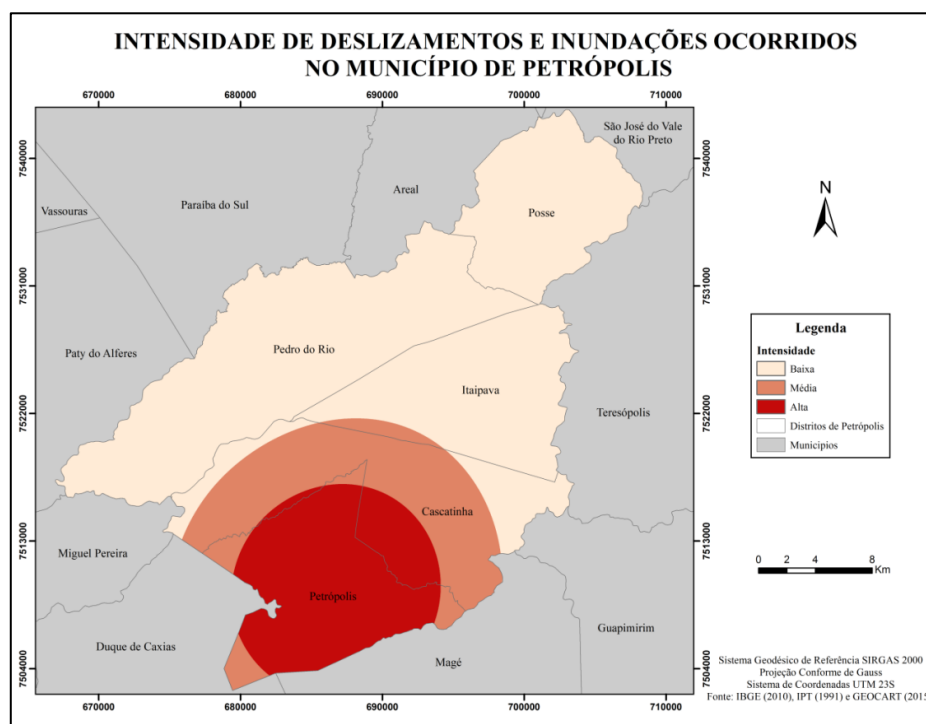


Figura 4.3: Mapa da intensidade de eventos de deslizamentos e inundações no município de Petrópolis.

Contanto, como a estatística inicial apontou o primeiro distrito como área com maior intensidade de ocorrências, as análises serão voltadas para esta, buscando compreender como estão distribuídas as ocorrências.

4.3 DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS NO PRIMEIRO DISTRITO

O primeiro distrito apresenta a maior parte dos eventos registrados no município. Sendo assim, das 1569 ocorrências catalogadas e espacializadas, 84% são deste distrito. Este percentual equivale a 1315 eventos, onde 89% destes são deslizamentos e 11% são inundações.

A segunda estatística foi realizada em uma escala geográfica menor utilizando o raio de 1000 m. Tem como resultado alta intensidade de eventos no centro do distrito e no limite com o distrito de Cascatinha; intensidade média na porção central e; baixa intensidade predominando nas áreas periféricas do distrito. Estes podem ser visualizados na figura 4.4.

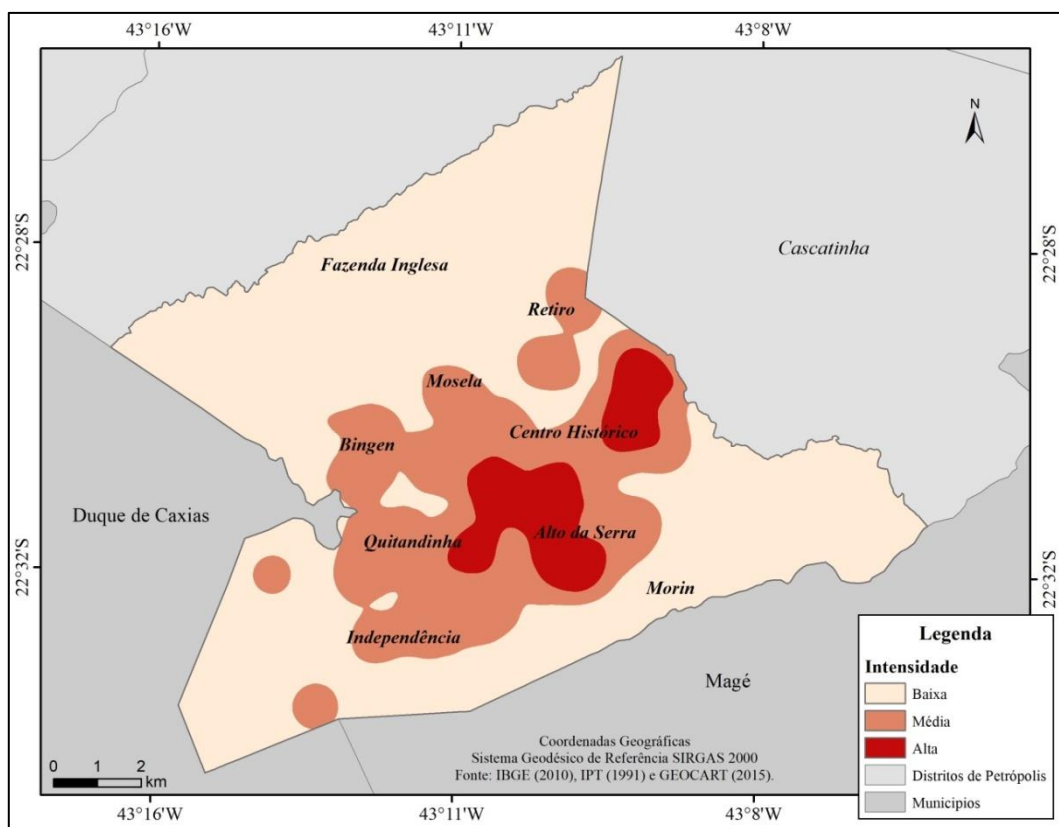


Figura 4.4: Mapa da intensidade de eventos de deslizamentos e inundações no primeiro distrito de Petrópolis.

Estes valores mostram que o local onde o município se originou tem sido cenário de grande número de desastres naturais. Curiosamente, compreende o lugar onde foi executado o plano de povoação. Posto isto, cabe buscar respostas, por meio da análise geocológica, que ajudem a elucidar o porquê da suscetibilidade espacial deste distrito à ocorrência de eventos naturais.

Mas antes disso, o próximo tópico apresenta mais detalhes da distribuição dos desastres naturais na área da planta Koeler.

4.4 DISTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS NA ÁREA DA PLANTA KOELER

A área da Planta Koeler tem aproximadamente 15,02 km². Ou seja, corresponde a 11,3% do primeiro distrito. Ao observar o mapa da figura 4.5 onde estão espacializados os eventos de deslizamentos e inundações nota-se que estes estão distribuídos por toda extensão da Planta.

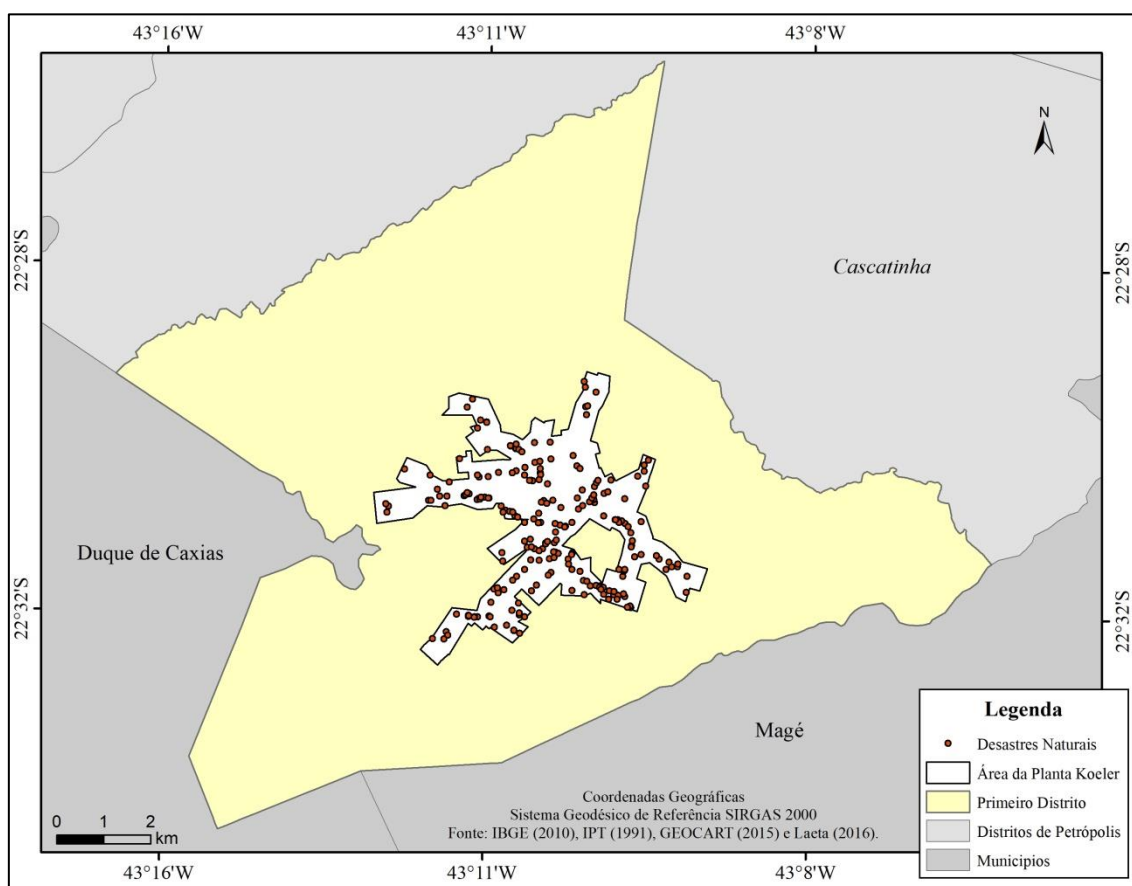


Figura 4.5: Espacialização dos deslizamentos e inundações na área da Planta Koeler.

Essa pequena porção do distrito, segundo dados da tabela 4.1, é cenário de 36% das ocorrências de desastres naturais registrados. Sendo assim, com o total de 472 eventos desde a década de 40 até 2015, 80 correspondem à inundação e 392 a deslizamento.

Este resultado é consequência da falta de fiscalização da expansão demográfica, das alterações espaciais, desrespeitando os critérios de povoação estabelecidos por Koeler entre outros fatores.

Tabela 4.1: Quantidade de eventos, por tipo, na área da Planta Koeler.

| Eventos Naturais na Área da Planta Koeler | | |
|---|-----------------------|-------|
| Tipo de Evento | Quantidade de Eventos | (%) |
| Deslizamento | 392 | 83,05 |
| Inundação | 80 | 16,95 |
| Total | 472 | 100 |

Oliveira (2003) destaca que Petrópolis seguiu a tendência nacional de crescimento urbano. Tal ultrapassou os limites estabelecidos por Koeler, acelerando o desmatamento, ocupando e criando loteamentos, ação proibida no Plano de Povoação. Este autor destaca também que o Código de Obras da década de 60 não demonstrou preocupação com a preservação florestal, possibilitando que os interesses especulativos ocupassem áreas valorizadas ociosas no primeiro distrito.

Após observar que nem a área por onde se iniciou a povoação do município foi poupada dos desastres naturais, ficando claro que a proposta do Major Koeler não foi mantida, antes de abordar os elementos naturais e antrópicos que caracterizam o primeiro distrito de Petrópolis, é importante compreender como os eventos foram ocorrendo ao longo do tempo. Para isso, o próximo tópico faz uma análise destes por décadas.

4.5 DINÂMICA DOS EVENTOS AO LONGO DAS DÉCADAS

Tem sido ressaltado, nesta pesquisa, que o espaço está em constante transformação provocada pelos fatores endógenos e exógenos a ele e intensificada com a implementação de novas técnicas. Estas alterações podem aumentar a suscetibilidade do ambiente que, por sua vez, responde, dentre outras formas, por meio de deslizamentos e inundações. Nesta perspectiva, buscando compreender como os eventos foram se desencadeando ao longo do tempo, do banco de dados elaborado para esta pesquisa, que consta com informações de 1933 a 2015, os eventos foram separados por décadas devido a grande quantidade de informação. Em virtude disso, foram utilizados apenas os registros da década de 40 até a primeira década do século XXI, pois apresentam informações de todos os anos para cada uma dessas décadas.

Cabe destacar também que os mapeamentos até a década de 80 apresentam apenas registros de deslizamentos, pois os dados fazem parte do levantamento realizado pelo IPT e, este instituto trabalhou apenas com este tipo de evento.

Dito isto, para cada década separou-se seus respectivos eventos que foram inseridos no *Software ArcMap 10.1* para poder, através da ferramenta *Kernel Density*, espacializar a concentração dos eventos de cada década. Posteriormente, o resultado foi separado em três classes por meio do classificador *Natural Breaks*² do Jenks. Em ordem crescente de intervalo, as concentrações foram classificadas como baixa, média ou alta.

Analisando a intensidade destes por década pode-se perceber que desde a década de 40 até a década de 80 houve aumento dos casos. Na década de 90 há uma redução no número que pode ser reflexo de políticas públicas de prevenção a desastres. Entretanto, na década seguinte há uma expansão na quantidade de ocorrências. Este elevado número é reflexo do aumento demográfico e da expansão dos meios de comunicação, que possibilita ampla divulgação dos acontecimentos. O número de eventos, ao longo das décadas, pode ser observado no gráfico da figura 4.6.

Com o auxílio do gráfico observa-se, também, que nas duas últimas décadas o número de ocorrências de inundações é maior do que de deslizamentos. Na década de 90 das doze ocorrências 66,7% foram de inundação e, na primeira década do século XXI, das cento e oitenta e três ocorrências 61,2% foram de inundação. Entretanto, nesta

² Método de classificação de dados manual que procura particionar dados em classes baseadas em grupos naturais na distribuição de dados. As rupturas naturais ocorrem no histograma nos pontos baixos dos vales. As rupturas são atribuídas na ordem do tamanho dos vales, com o maior vale sendo atribuído a primeira ruptura natural. Fonte: <http://support.esri.com/other-resources/gis-dictionary/term/natural%20breaks%20classification>. Acesso em: 02/03/2017.

última década, o número de deslizamentos, embora em menor quantidade contrapondo ao número de inundações, também foi ampliado.

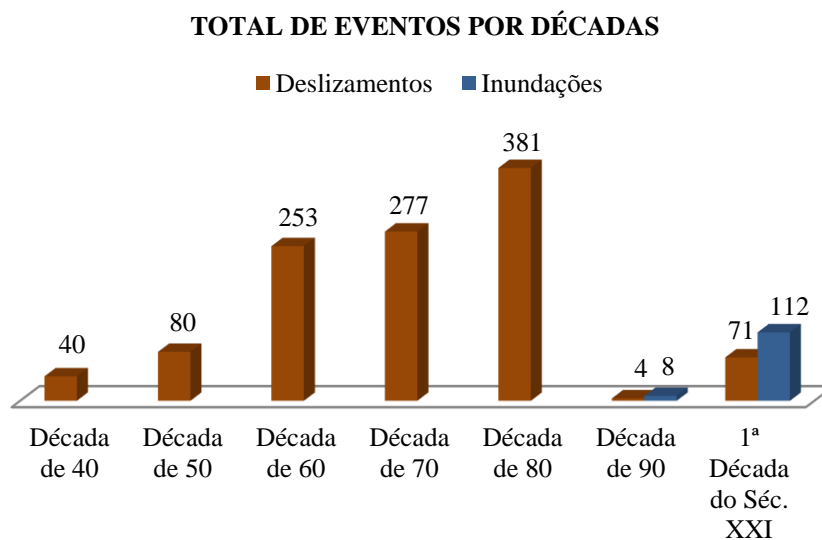


Figura 4.6: Gráfico com o total de eventos por década.

Analisando separadamente os registros de deslizamento e comparando os valores de uma década para outra nota-se que na:

- Década de 40 à década de 50 (década de 50 com 40 eventos a mais que a década anterior);
- Década de 50 à década de 60 (década de 60 com 173 eventos a mais que a década anterior);
- Década de 60 à década de 70 (década de 70 com 24 eventos a mais que a década anterior);
- Década de 70 à década de 80 (década de 80 com 104 eventos a mais que a década anterior);
- Década de 80 à década de 90 (década de 90 com 377 eventos a menos que a década anterior) e;
- Década de 90 à primeira década do século XXI (primeira década do século XXI com 67 eventos a mais que a década anterior).

Na década de 40, a população deste distrito era consideravelmente maior do que a dos demais distritos. De acordo com o gráfico da figura 4.7 o distrito Petrópolis possuía 50.735 habitantes, o segundo mais populoso, Cascatinha, possuía 11.939 habitantes.

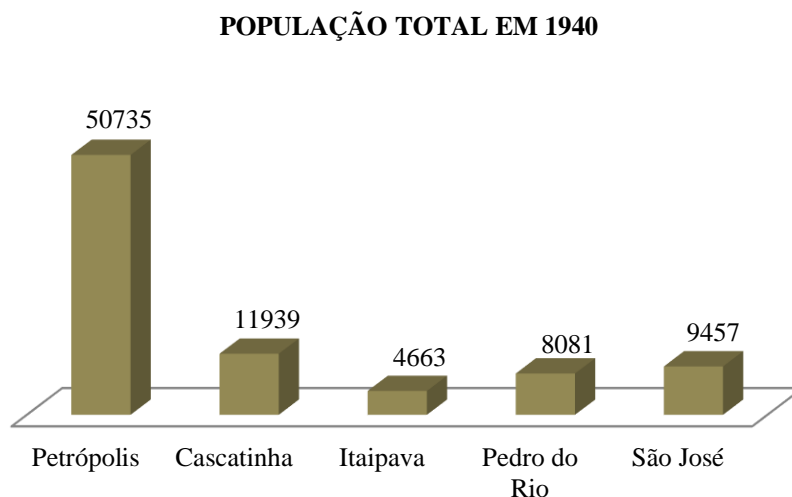


Figura 4.7: Gráfico do total de habitantes nos distritos de Petrópolis na década de 40.

Por sua vez, o gráfico da figura 4.8 mostra que desde a década de 40 a população urbana era maior nos distritos Petrópolis e Cascatinha.

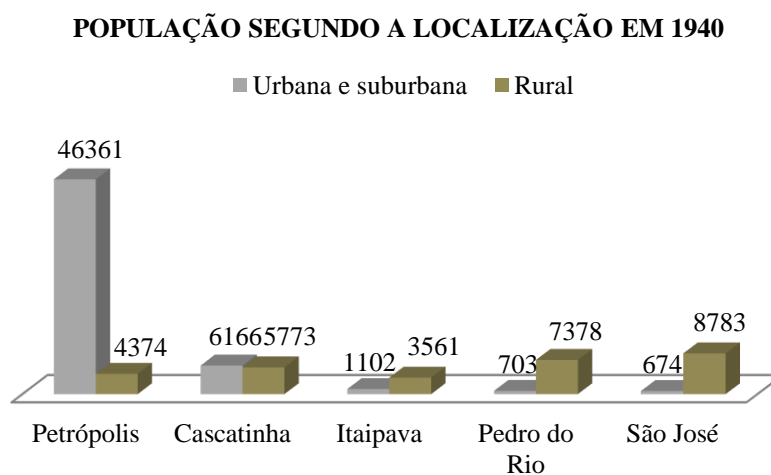


Figura 4.8: Gráfico com dados da população urbana e rural, por distritos, na década de 40.

Estes dados são importantes para saber o quanto Petrópolis havia crescido demograficamente, pois quanto maior a população, maior a capacidade de alterar o espaço. Neste sentido, das 84.875 pessoas que viviam nesta época no município de Petrópolis, 59,78% habitavam no primeiro distrito. Destas, 84,28% residiam em área urbana e 14,64% em área rural. Logo, com estes valores fica evidente que na década de 40 o primeiro distrito já era considerado urbano.

Como todo espaço urbano que se expande sem fiscalização, surge formas de ocupação irregular, que deixam a população em perigo. Um exemplo dessa ocupação são as casas construídas em áreas de encostas. Estas construções além de retirar a vegetação que é fundamental para ajudar a fixar o solo através de suas raízes, em parte, são de baixa qualidade, de pessoas de classe social baixa e possui grande possibilidade de ser deslocada encosta abaixo, pois dificilmente estará bem alicerçada.

A sinopse estatística do município de Petrópolis da década de 40 elaborada pelo IBGE em 1948, dentre outros dados, apresenta quantas pessoas viviam em Petrópolis nesta década de acordo com a nacionalidade. Essa informação é apresentada no gráfico da figura 4.9, em porcentagem, onde se observa que a maior parte é de brasileiros natos seguidos de estrangeiros. Este resultado ajuda a relembrar a influência das pessoas de outros países na construção e ocupação de Petrópolis, a exemplo dos alemães.

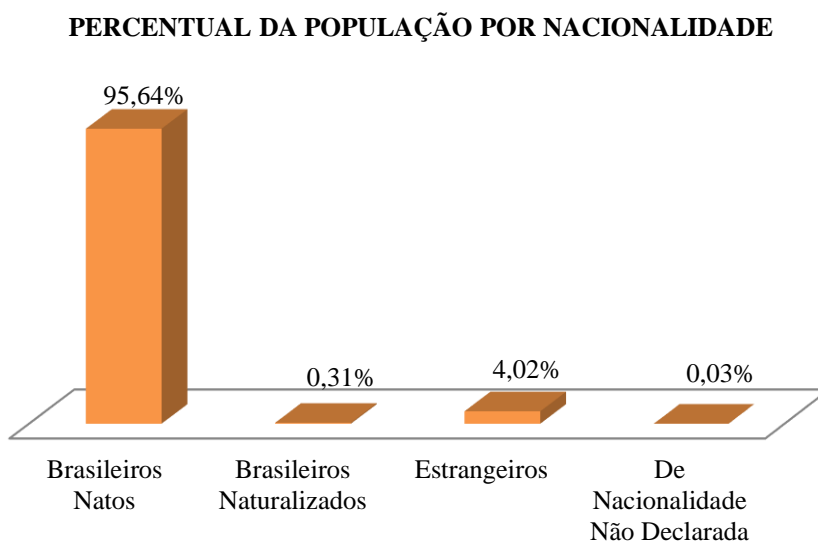


Figura 4.9: Gráfico do percentual dos habitantes do primeiro distrito por nacionalidade.

Os eventos catalogados na primeira década de análise, como pode ser observado no mapa da figura 4.10, se concentram na parte central, na localidade do Centro Histórico, próximo a localidade Alto da Serra e também na divisa entre Petrópolis, Duque de Caxias e Magé. Dessa forma, a espacialização da intensidade dos eventos, principalmente na parte central, indica que além das características naturais daquela área, a ação antrópica em expansão junto com o crescimento demográfico contribuíram para a ocorrência dos eventos de deslizamentos.

Na década de 50, além do aumento numérico dos eventos houve uma expansão da média e alta intensidade destes principalmente na parte central do distrito como se observa no mapa da figura 4.11. Como foi destacado para década anterior, a cidade está crescendo, ao longo das décadas, e com isso cresce também a alteração no espaço contribuindo, muitas vezes, com um ambiente frágil. O mapa indica que a intensidade dos eventos está se expandindo por todas as direções. Destacando-se altas intensidades, além da parte central, próximo ao distrito de Cascatinha e próximo à divisa com Duque de Caxias.

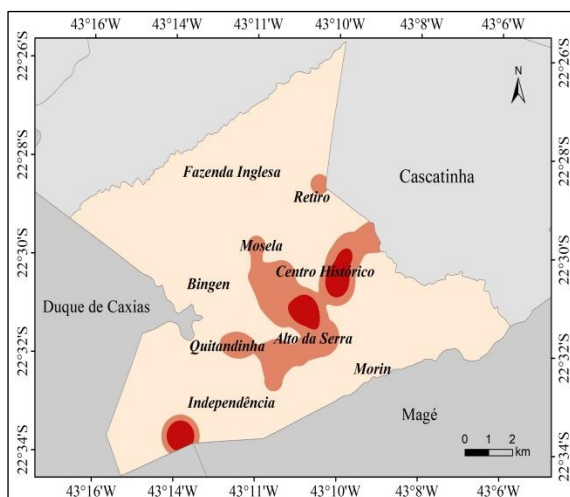


Figura 4.10: Década de 40.

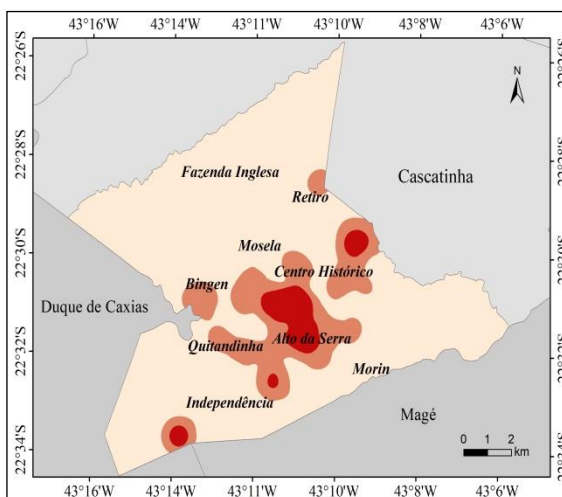


Figura 4.11: Década de 50.

Mudando de década, segundo Guerra *et al.* (2007) os movimentos de massa ocorridos na década de 60 tinha maior relação com os índices pluviométricos do que com a ocupação desordenada que ainda era restrita. Logo, a alta pluviosidade é outro elemento que contribui significativamente com a ocorrência dos eventos, porém, não se pode deixar de considerar a influência do ser humano, pois a forma que um espaço natural corresponde a grande quantidade de chuva não é a mesma que um espaço

alterado. Além do que, o ser humano tem a capacidade de alterar o espaço tanto de forma positiva como de forma negativa.

No mapa da figura 4.12 observa-se que a intensidade das ocorrências de deslizamentos ampliou-se na porção central do distrito e que a alta intensidade ocupa uma proporção ainda maior tanto na parte central como há presença de núcleos próximos à divisa com Cascatinha, à localidade Retiro e próximo à localidade Independência.

Na década de 70, diferente da década anterior, segundo estes mesmos autores, a expansão do número de eventos deve-se ao grande crescimento populacional e leis ambientais politicamente flexíveis e omissas.

No mapa da figura 4.13 observa-se que permanece a tendência de concentração dos eventos no centro do distrito e em direção a Cascatinha. Também surgem outros pontos onde não havia registros de grandes concentrações de eventos, por exemplo, a oeste da localidade Quitandinha.

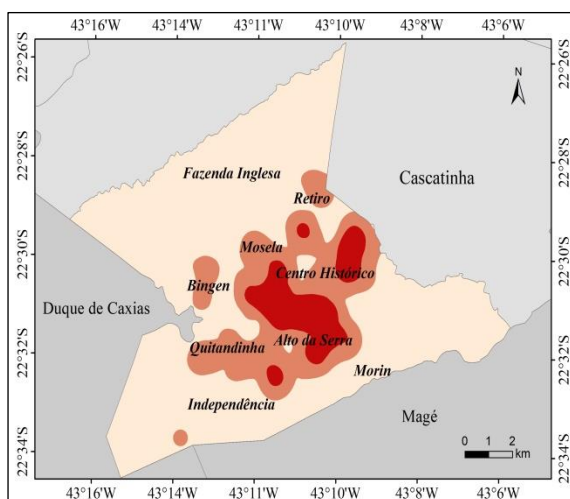


Figura 4.12: Década de 60.

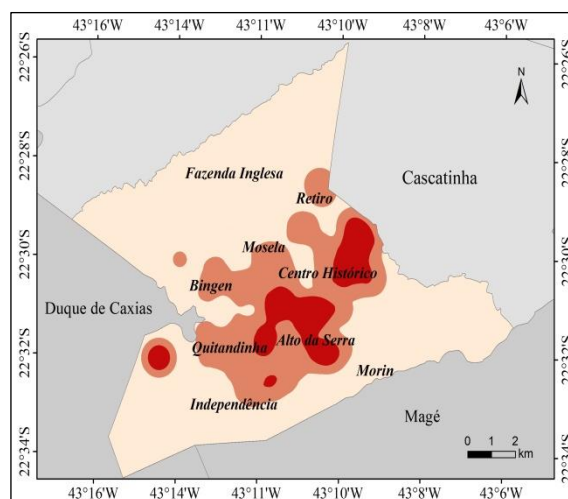


Figura 4.13: Década de 70.

A década de 80 foi marcada pelo empobrecimento da população. Houve o enfraquecimento da legislação ambiental, iniciado duas décadas antes, e ocupação desordenada na década de 70, tais fatos permitiram a rápida ocupação das áreas de relevo acidentado, menos valorizadas, sendo ocupadas pela população de baixa renda, atendendo aos interesses especulativos e políticos locais (GUERRA *et al.*, 2007).

No mapa da figura 4.14 a alta intensidade observada ao longo das décadas na parte central está direcionada para as localidades Alto da Serra, Quitandinha e divisa

com Cascatinha. Boa parte do mesmo possui entre média e alta intensidade de eventos, permanecendo as porções periféricas com baixa intensidade.

Por sua vez, o mapa de intensidade de eventos da década de 90, presente no mapa 4.15, mostra que o centro do distrito que desde a década de 40 apresentou grande intensidade de eventos teve uma redução significativa das ocorrências, o que levou boa parte do mesmo a ser classificada como baixa intensidade. As áreas de alta intensidade reduziram significativamente se concentrando no limite entre os distritos Petrópolis e Cascatinha e na localidade Alto da Serra. A partir desta década os registros de inundações são adicionados na análise. Mesmo assim, foi um período de poucos registros possivelmente por medidas tomadas para contenção de eventos, visto que a década anterior teve o maior número de casos registrados desde a década de 40 com grande dano para o distrito. Logo, a reestruturação do mesmo refletiu, na década seguinte, a redução nas ocorrências.

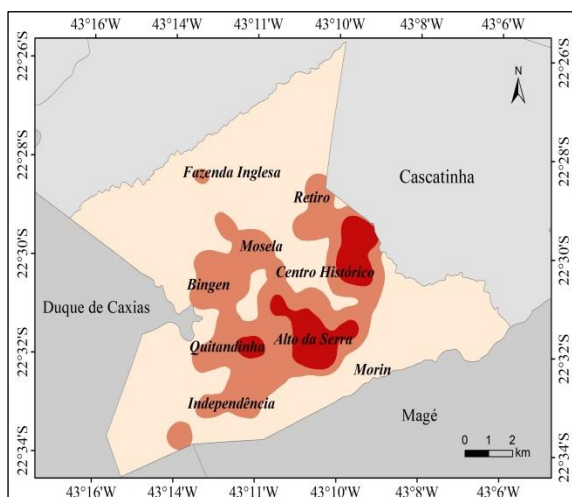


Figura 4.14: Década de 80.

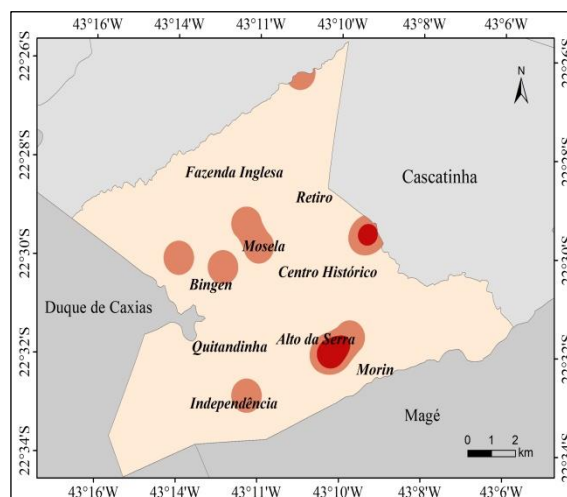


Figura 4.15: Década de 90.

Por fim, a última década a ser analisada é a primeira década do século XXI, cuja intensidade dos eventos é apresentada no mapa da figura 4.16. Após uma década com poucos registros, a que compreende o ano 2000 até 2010 voltou a apresentar aumento das ocorrências. Isso se deve, por um lado, à expansão demográfica e, por outro lado, à expansão dos meios de comunicação que viabiliza uma ampla divulgação do que ocorre no distrito.

As altas e médias intensidades voltam a ser registradas no centro do distrito e, nas extremidades, permanece o predomínio da baixa intensidade.

Na figura 4.17 é apresentada a legenda correspondente a todos os mapas de intensidade de desastres naturais relacionados a deslizamentos e inundações ao longo das décadas e também as fontes utilizadas na elaboração dos mesmos.

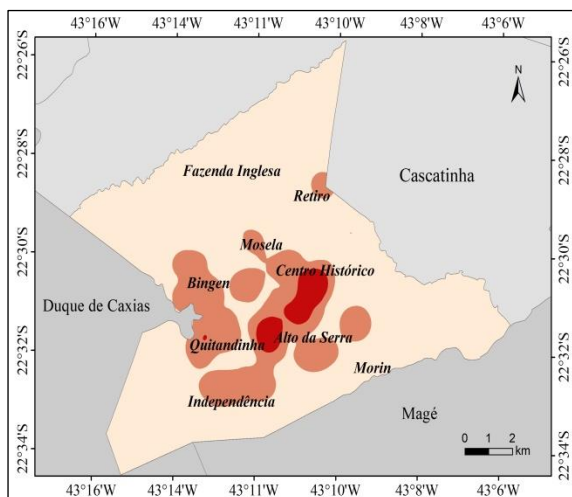


Figura 4.16: Primeira década do Séc. XXI.

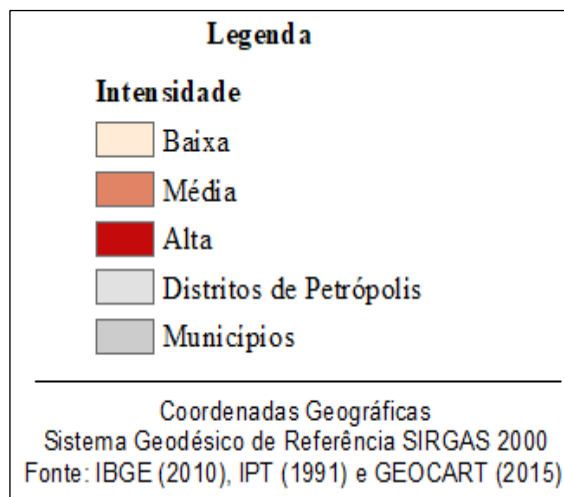


Figura 4.17: Legenda e fonte dos mapas de intensidade de eventos ao longo das décadas.

Através da análise dos mapas de intensidade dos eventos de cada década se pode inferir que mesmo existindo outros elementos que contribuam com a ocorrência de desastres naturais, a presença do ser humano é um fator significativo na expansão das ocorrências. Isto porque a parte mais adensada demograficamente e com muitas construções irregulares corresponde à porção central do distrito e suas adjacências. Coincidindo com a área de maior número de ocorrências. Outro indicador é que nas proximidades com o distrito Cascatinha, que também apresenta um crescimento demográfico e de áreas urbanas, foi mapeado elevado número de eventos, ou seja, médias e altas intensidades destes. Contudo, as áreas com maior ocorrência se sobrepõem as de maior número de habitantes.

4.6 DESLIZAMENTOS NO PRIMEIRO DISTRITO

Analisando separadamente os eventos quanto ao tipo, no intervalo de 70 anos, a alta intensidade dos deslizamentos, como pode ser observado no mapa da figura 4.18, se concentra no centro do distrito, na localidade Alto da Serra, e também nas proximidades do distrito de Cascatinha. A média intensidade está distribuída em uma extensa área no centro e, nas extremidades predominam as baixas intensidades.

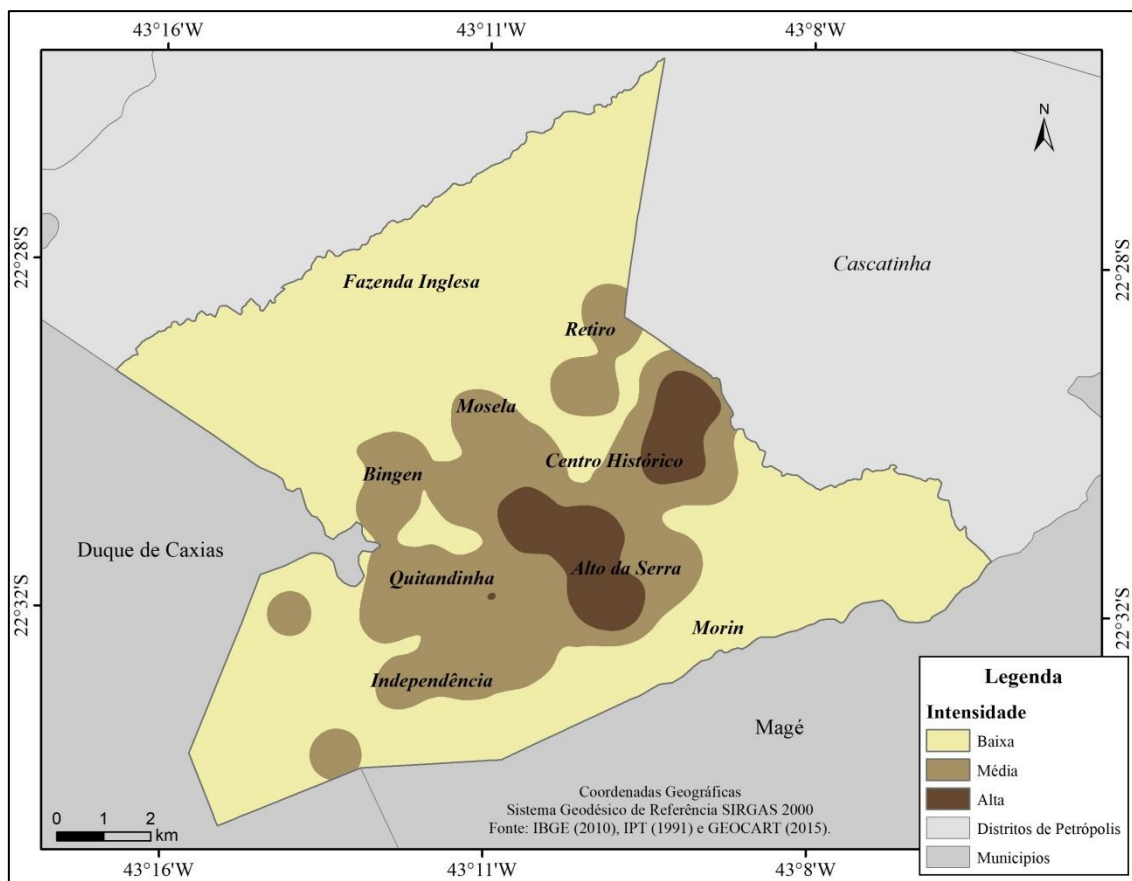


Figura 4.18: Mapa da intensidade dos eventos de deslizamentos no primeiro distrito de Petrópolis.

4.7 INUNDAÇÕES NO PRIMEIRO DISTRITO

Já as ocorrências de inundações mapeadas e apresentadas no mapa da figura 4.19, cujos registros são das últimas duas décadas, estão espacializadas com maior intensidade na porção central do distrito Petrópolis e, as médias intensidades nas localidades Bingen, Quitandinha, Alto da Serra, Mosela, Independência e nas proximidades com o distrito Cascatinha. Tais áreas apresentam índices baixos de eficiência de drenagem, ou seja, a água tem maior dificuldade de se dispersar e se acumula em algumas partes da superfície. Em adição, o assoreamento de canais também contribui com a ocorrência desse tipo de evento.

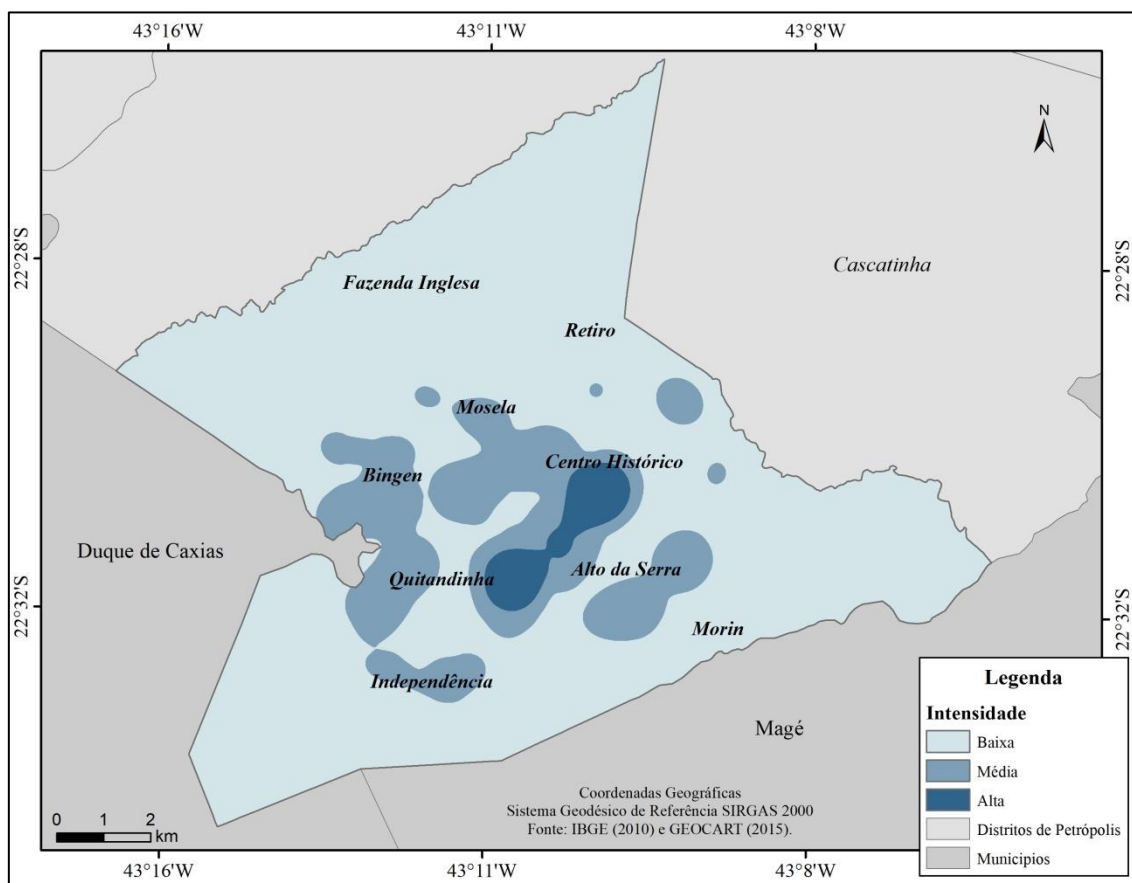


Figura 4.19: Mapa da intensidade de eventos de inundações no primeiro distrito de Petrópolis.

4.1 SETORES CENSITÁRIOS COM MAIOR NÚMERO DE EVENTOS

Outra forma de identificar as áreas mais afetadas por eventos naturais do distrito é através da análise quantitativa das ocorrências por setor censitário. Nesta perspectiva, este tópico utiliza o mapeamento com todos os eventos e mapeamentos com os eventos separados por tipo.

Sendo assim, no mapa da figura 4.20 se pode observar que os setores com maior número de eventos concentram-se no núcleo do distrito. Nesta porção central os setores possuem áreas menores e, com isso, quando comparados com setores mais afastados e com maiores áreas fica evidente onde se concentra os eventos.

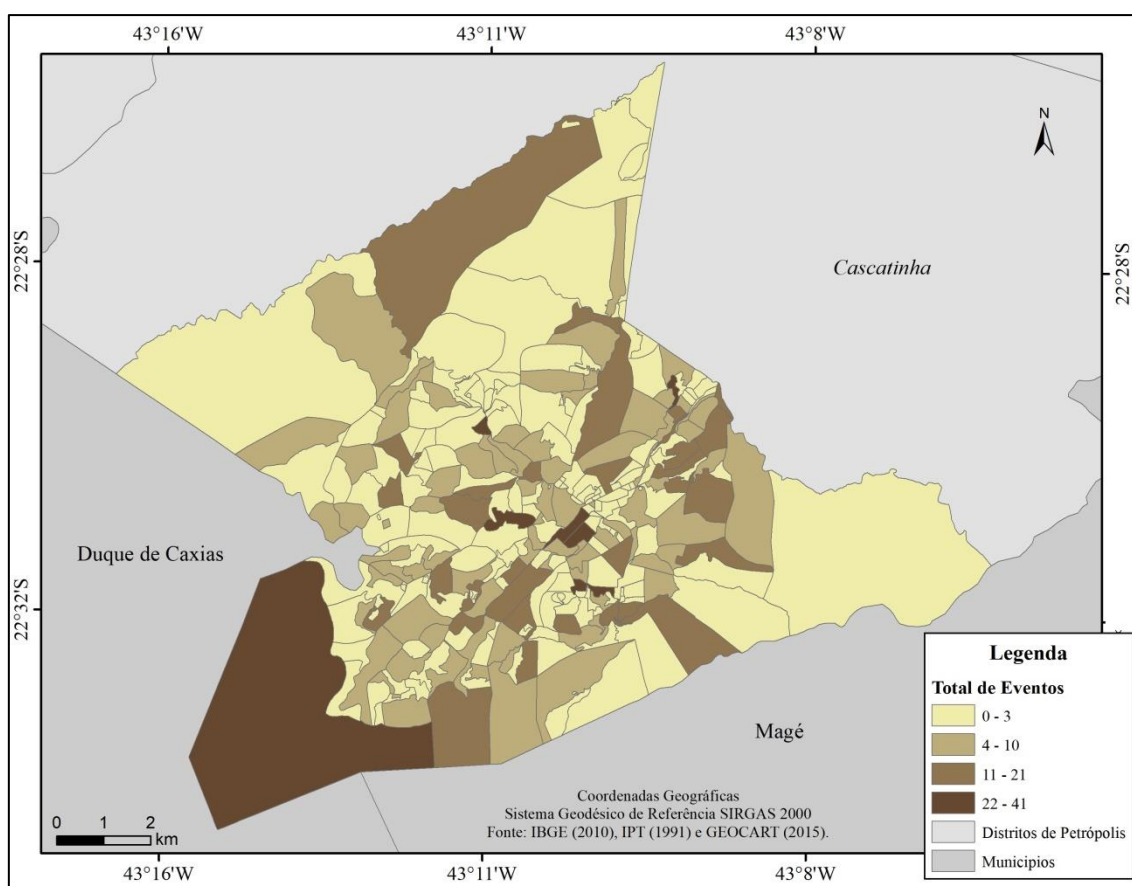


Figura 4.20: Mapa do total de desastres naturais, por setor censitário, no primeiro distrito de Petrópolis.

Já o mapa da figura 4.21, que indica o número de eventos de deslizamentos por setor censitário no primeiro distrito, apresenta setores no centro, a Sudoeste, Sul,

Nordeste e Norte bastante afetados por esse tipo de evento. Entretanto, no mapa predomina setores com 0 a 3 registros e setores que apresentam entre 4 e 9 registros.

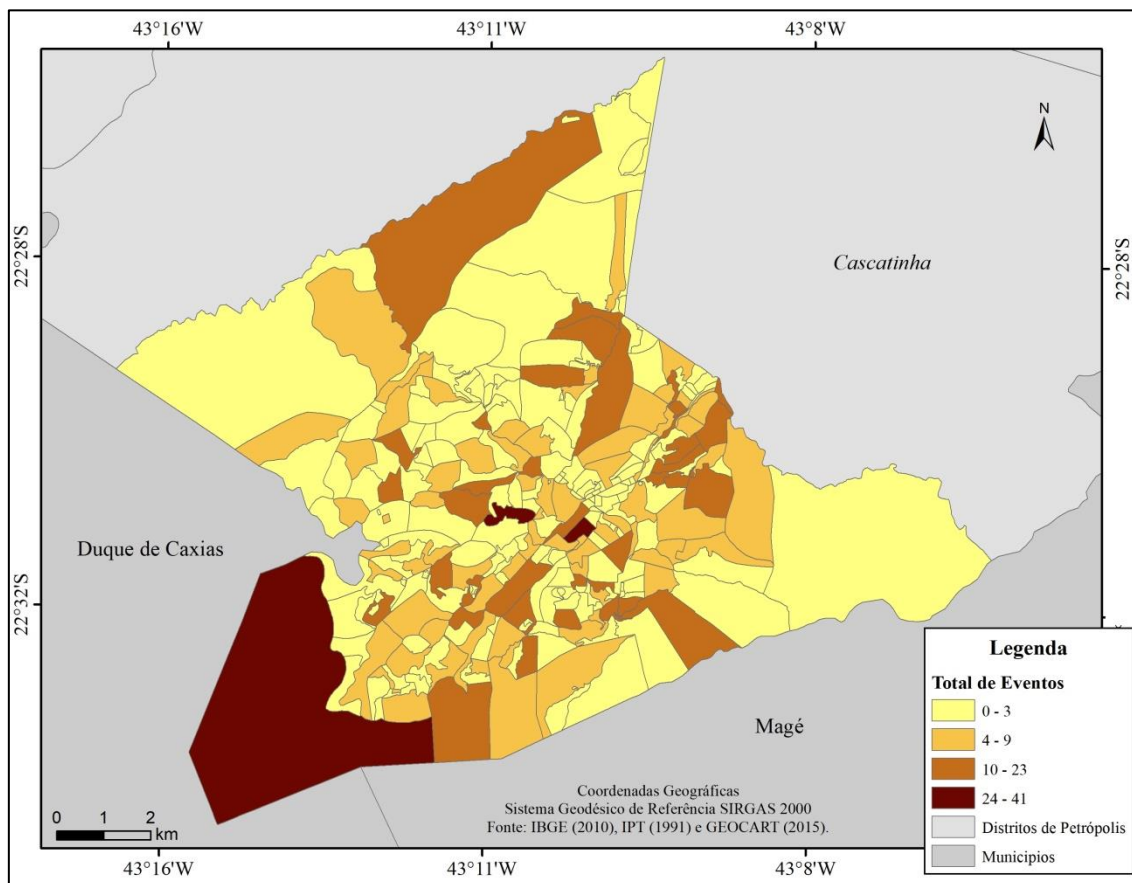


Figura 4.21: Mapa do total de deslizamentos por setores censitários.

Por fim, através dos eventos de inundação, mapeados por setor censitário e apresentados no mapa da figura 4.22, observa-se setores com maior número de casos na parte central e adjacências do primeiro distrito. A maior parte dos setores não apresentou ocorrências, mas, por outro lado, vale lembrar que os registros de inundações catalogados são apenas das duas últimas décadas ao contrário dos deslizamentos que se têm registros dos últimos setenta anos.

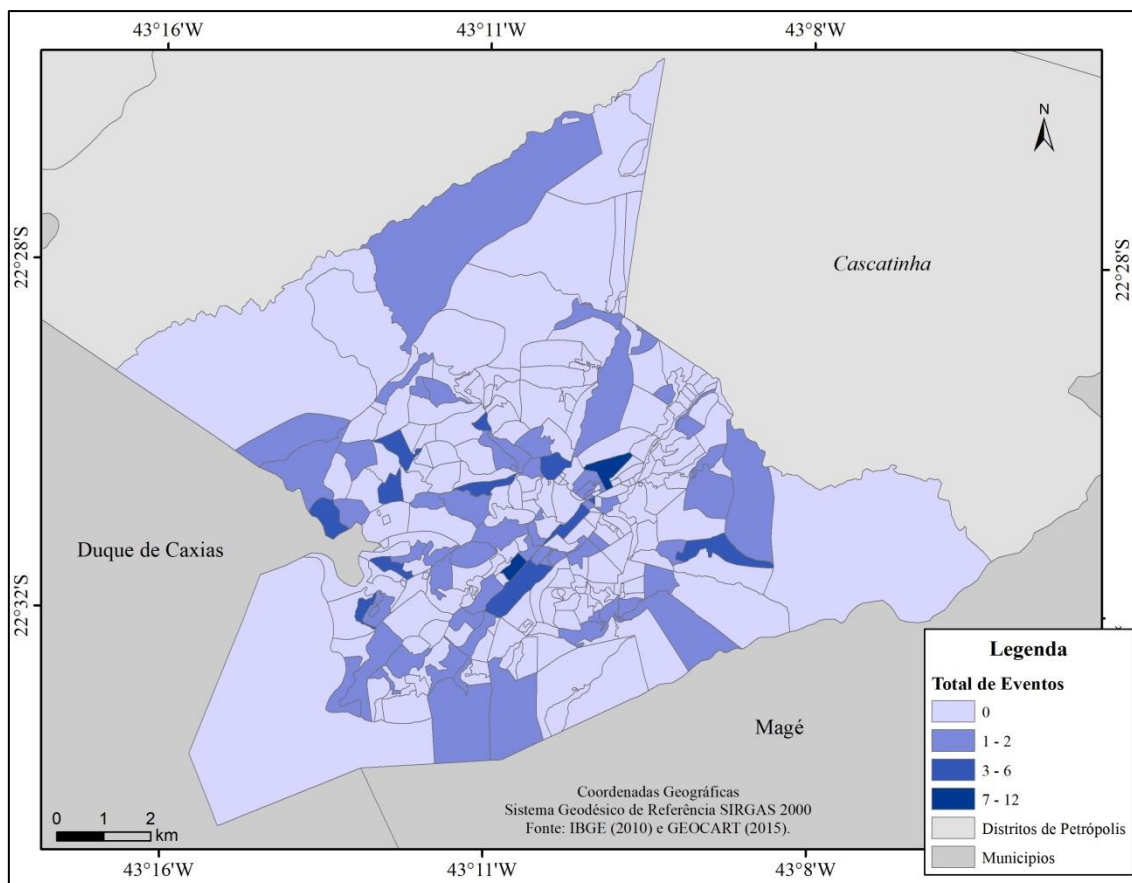


Figura 4.22: Mapa do total de eventos de inundação por setores censitários.

CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DOS EVENTOS FRENTE ÀS VARIÁVEIS GEOECOLÓGICAS GEOBIOFÍSICAS

5 INTRODUÇÃO

As ocorrências de deslizamentos e inundações se dão em função de uma junção de fatores. Dentre estes, estão os de característica geobiofísica, cujos aspectos são fundamentais para compreender como o ambiente responde às entradas de energia no sistema, como as advindas das chuvas. Em outras palavras, são variáveis importantes para inferir a suscetibilidade de determinado espaço.

Sendo assim, este capítulo faz a análise de três variáveis geobiofísicas (Índice de Eficiência de Drenagem (IED), declividade, e cobertura da Terra) para investigar se as áreas onde os eventos se concentram são as que apresentam aspectos que tornam o espaço mais suscetível à ocorrência de eventos naturais. Assim como, analisar a dinâmica pluvial, que é um fator diretamente relacionado a deslizamentos e inundações. A figura 5.1 ilustra a contribuição dos fatores mencionados com a suscetibilidade geobiofísica.



Figura 5.1: Elementos da pesquisa contribuintes para inferir a suscetibilidade geobiofísica.

5.1 ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE DRENAGEM

O Índice de Eficiência de Drenagem (IED) indica a capacidade do relevo de drenar a água da superfície de uma bacia (FERNANDES *et al*, 2009). Em outras palavras, é um índice relacionado à velocidade do escoamento da água (COLARES *et al.*, 2016). Sendo assim, quanto maior o valor deste índice melhor é a dispersão da água sobre a superfície terrestre. Neste contexto, áreas com baixo IED são mais suscetíveis à ocorrência de inundações e movimentos de massa.

Para inferir o IED foram delimitadas bacias de segunda ordem dentro do primeiro distrito. Em alguns casos a delimitação ultrapassou o limite deste, e a área de algumas bacias abrangeu mais de um distrito. Para auxiliar o processo de delimitação das bacias foi utilizada a base das principais bacias da APA Petrópolis como pode ser observado no mapa da figura 5.2.

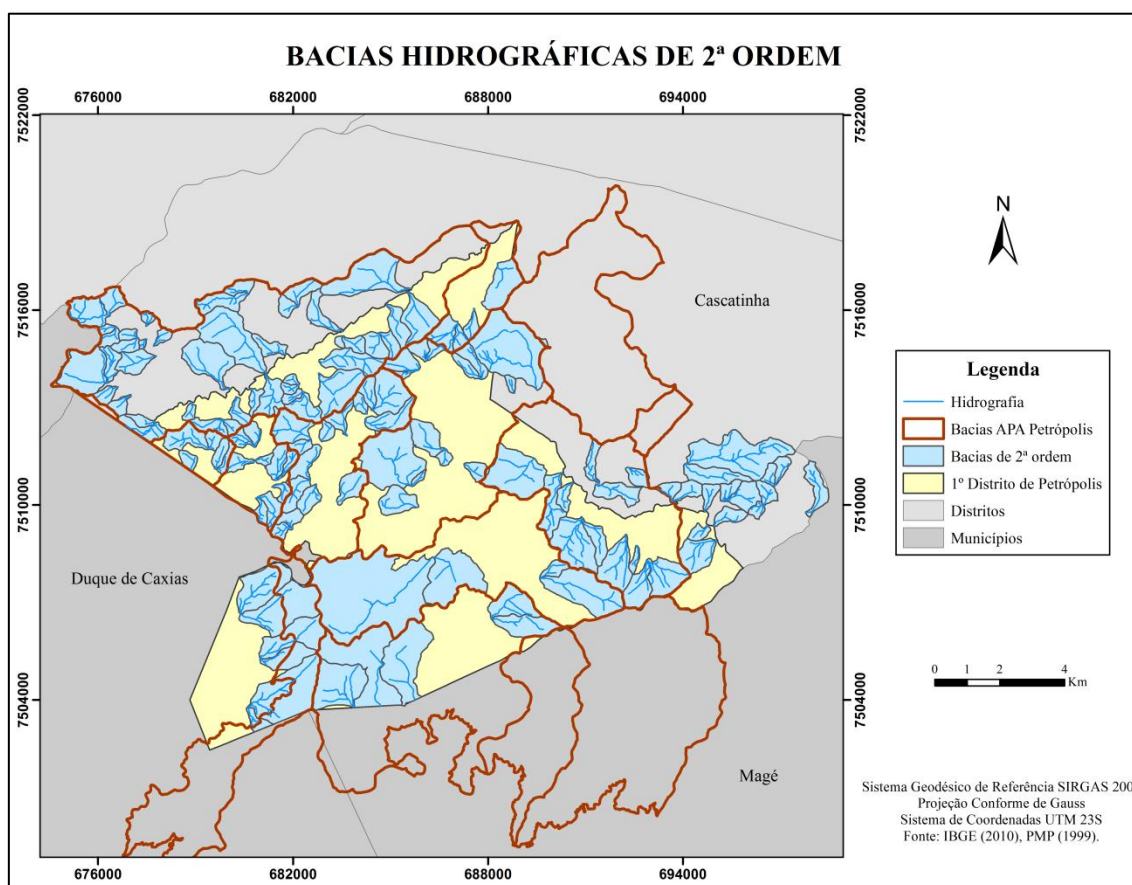


Figura 5.2: Mapa das bacias de segunda ordem do primeiro distrito de Petrópolis.

Foram delimitadas 131 bacias de segunda ordem seguindo a classificação proposta por Strahler (1952). Posteriormente, foi calculado o Gradiente Topográfico e a Densidade de Drenagem seguindo, respectivamente, as metodologias de Meis *et al.* (1982) e Christofolletti (1974). O primeiro procedimento é composto pela razão do desnivelamento pelo valor da extensão do eixo maior e, por sua vez, o segundo, advém da razão do comprimento total da drenagem pela área da bacia. O produto destes dois índices fornece o Índice de Eficiência de Drenagem.

Foi utilizado para extrair informações da superfície o Modelo Digital de Elevação (MDE), em formato TIN, gerado a partir da base cartográfica 1:10 000 da prefeitura de Petrópolis. Para isso, usou-se a ferramenta *Add Surface Information* do *ArcMap 10.1*.

O IED das bacias de segunda ordem foi distribuído por toda a área do primeiro distrito. Para isso, primeiramente cada bacia foi classificada em uma das três classes de IED (baixo, médio, alto) através da ferramenta *Dissolve* do programa *ArcMap 10.1*. Estes registros foram unidos à base dos setores censitários do primeiro distrito através da ferramenta *Union*, também do programa *ArcMap 10.1*. Contudo, foi gerado um terceiro produto com essas duas informações, e neste preencheu-se os polígonos que não tinham dados de IED atribuindo a eles o índice do vizinho com maior limite em comum. O mapa da figura 5.3 apresenta a espacialização do IED no primeiro distrito.

O distrito de Petrópolis possui uma extensa área com baixo IED, seguida pela de médio e alto. Em termos numéricos, as áreas são respectivamente 107,19 km², 25,83 km² e 0,26 km².

Analisando a quantidade de eventos de inundação nas duas últimas décadas no primeiro distrito, nas áreas de alto IED não apresentaram nenhuma ocorrência, nas de médio IED apresentaram 5 eventos e nas de baixo IED apresentaram 140 casos.

Já dos 1170 registros de deslizamentos no primeiro distrito no intervalo de 70 anos, 1101 estão localizados na área de baixo IED, 69 na área de médio IED e nenhum na área de alto IED. Logo, mesmo em um intervalo de tempo maior, as áreas com alto índice não apresentaram ocorrências de eventos naturais relacionados à inundações ou deslizamentos.

Sendo assim, este índice se mostrou condizente com as ocorrências, ou seja, quanto mais elevado melhor é o escoamento da água no relevo o que dificulta o acúmulo de água e a saturação do solo que são *inputs* para a ocorrência de inundações e deslizamentos.

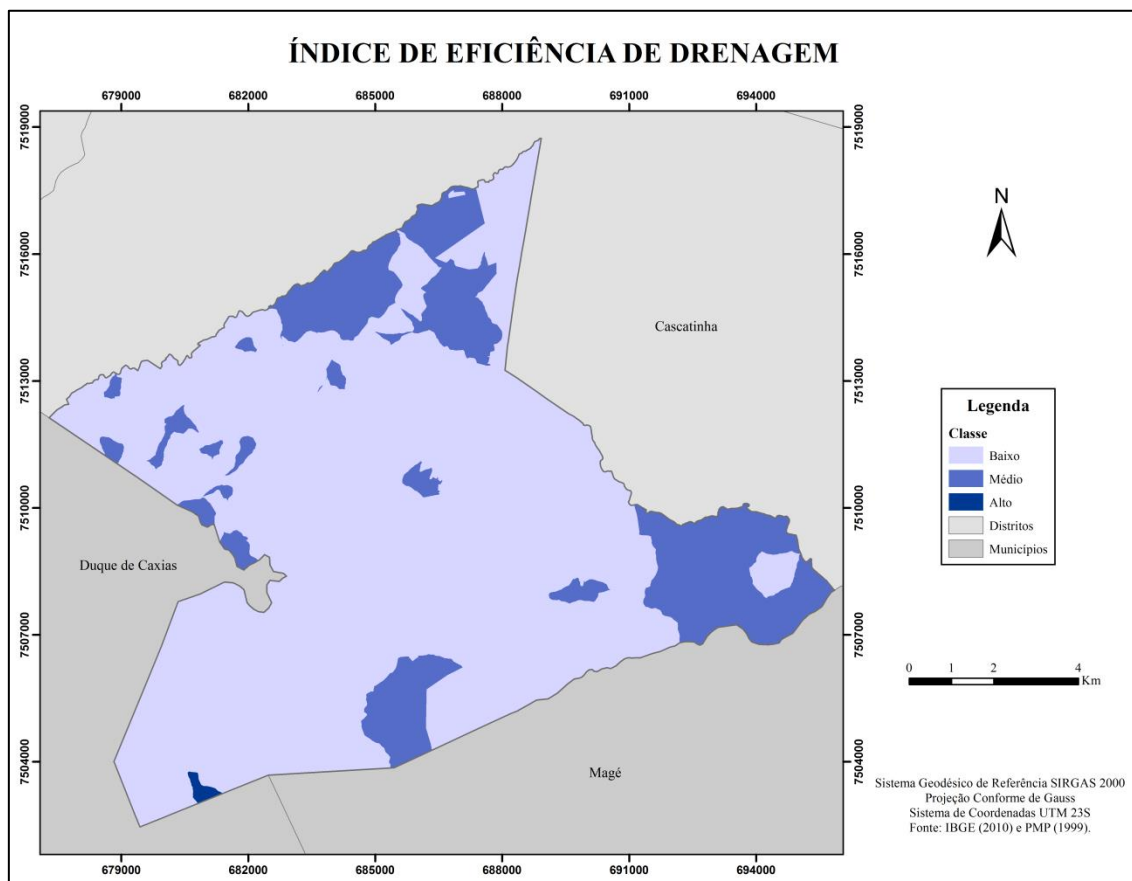


Figura 5.3: Mapa do IED distribuído para todo o primeiro distrito de Petrópolis.

5.2 DECLIVIDADE

A declividade é outra característica do relevo que contribui com as ocorrências de deslizamentos e inundações. Quanto maior a declividade, mais exposto e sujeito a erosão está o relevo. Quanto menor, o relevo estará sujeito à deposição. Sendo que em áreas aplainadas existe a possibilidade de acúmulo de água nas planícies de inundação. Acrescenta-se também que a retificação dos cursos d'água pelo ser humano contribui com o aumento da energia da água, que por sua vez carrega sedimentos que vão se

acumulando ao longo destes. Este acúmulo influencia, quando há eventos de chuvas constantes e/ou volumosas, no aumento do nível de água no canal de drenagem atingindo ou ultrapassando a cota do canal, provocando respectivamente enchentes e inundações.

Visto que áreas com relevo mais íngreme são suscetíveis à ocorrência de processos erosivos de movimentos de massa e relevos mais suaves e planos são suscetíveis a ocorrências de inundações, foi elaborado um mapa de declividade da área de estudo cuja declividade foi classificada seguindo a metodologia de Coelho Netto *et al.* (2007) conforme a tabela 5.1.

Nesta classificação, a declividade é dividida em quatro classes. Destas, quanto menor o valor do ângulo, menor é o potencial erosivo até chegar ao intervalo de grau de deposição. E, por outro lado, quanto maior o valor, maior é a suscetibilidade do relevo à erosão. Neste caso, o tipo de cobertura da terra influencia na agilidade desse processo. Logo, uma cobertura vegetal densa com raízes profundas ajuda a evitar deslizamentos.

Tabela 5.1: Classe de declividade.

| DECLIVIDADE | CLASSIFICAÇÃO |
|-------------|------------------------------------|
| 0 – 10° | Áreas com potencial de deposição |
| 10 - 20° | Áreas com baixo potencial erosivo |
| 20 – 35° | Áreas com médio potencial erosivo |
| > 35° | Áreas com grande potencial erosivo |

No mapa da figura 5.4 observa-se que ao longo do distrito há o predomínio de áreas com médio potencial erosivo. Áreas com grande potencial erosivo estão localizadas mais nas extremidades e áreas com potencial de deposição concentram-se mais na porção central do distrito. Esta última se encontra justamente onde estão as maiores incidências de inundação.

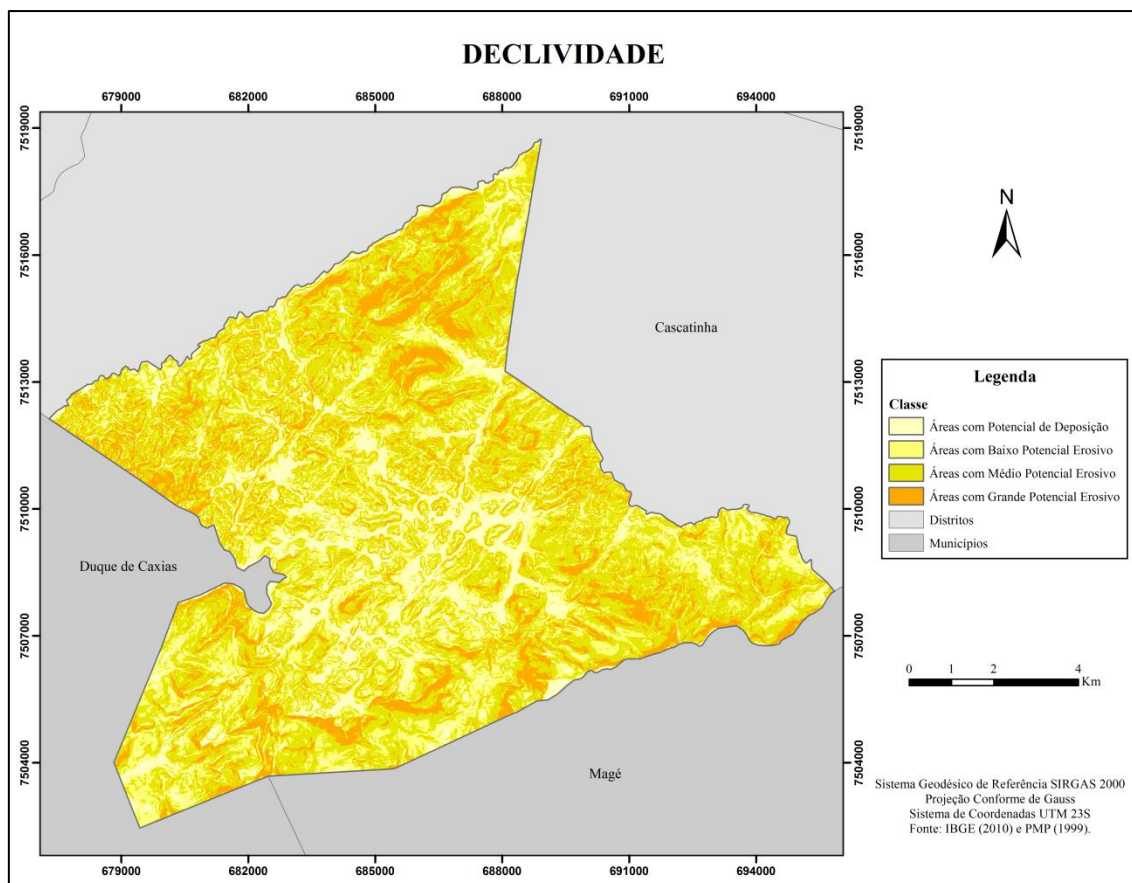


Figura 5.4: Mapa de declividade do primeiro distrito de Petrópolis.

5.3 COBERTURA DA TERRA

A cobertura da terra também tem grande importância na avaliação da suscetibilidade geobiofísica à ocorrência de eventos naturais. Esta variável junto a outras, como declividade e altitude, pode formar fortes combinações para o aumento ou redução do número de ocorrências.

A maior parte do mapeamento utilizado resulta do Projeto Olho Verde, que foi uma parceria entre a UFRJ e a Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), na escala de 1:25 000. Esta parte compreende uma porção dentro do limite da Região Hidrográfica IV do estado do Rio de Janeiro (RHIV). Entretanto, como esta RH não contempla todo o primeiro distrito de Petrópolis, o mapeamento foi complementado a partir de interpretação visual das bandas do visível da imagem WorldView 2 (ano 2016), que foi um dos insumos utilizados no projeto olho verde, além da base cartográfica de estradas 1:10 000 da Prefeitura de Petrópolis. Como era uma área pequena que faltava ser

mapeada (22,98%) optou-se por usar o pré-processamento feito pela empresa fornecedora da imagem (DigitalGlobe).

As classes de cobertura utilizadas foram área antrópica agropastoril; área natural florestada; área natural não florestada, que compreende áreas de solos expostos naturais provenientes de erosões e movimentos de massa, afloramento rochoso e campo de altitude; área não agrícola, a exemplo de áreas urbanas e; áreas de silvicultura como pode ser observado no mapa da figura 5.5.

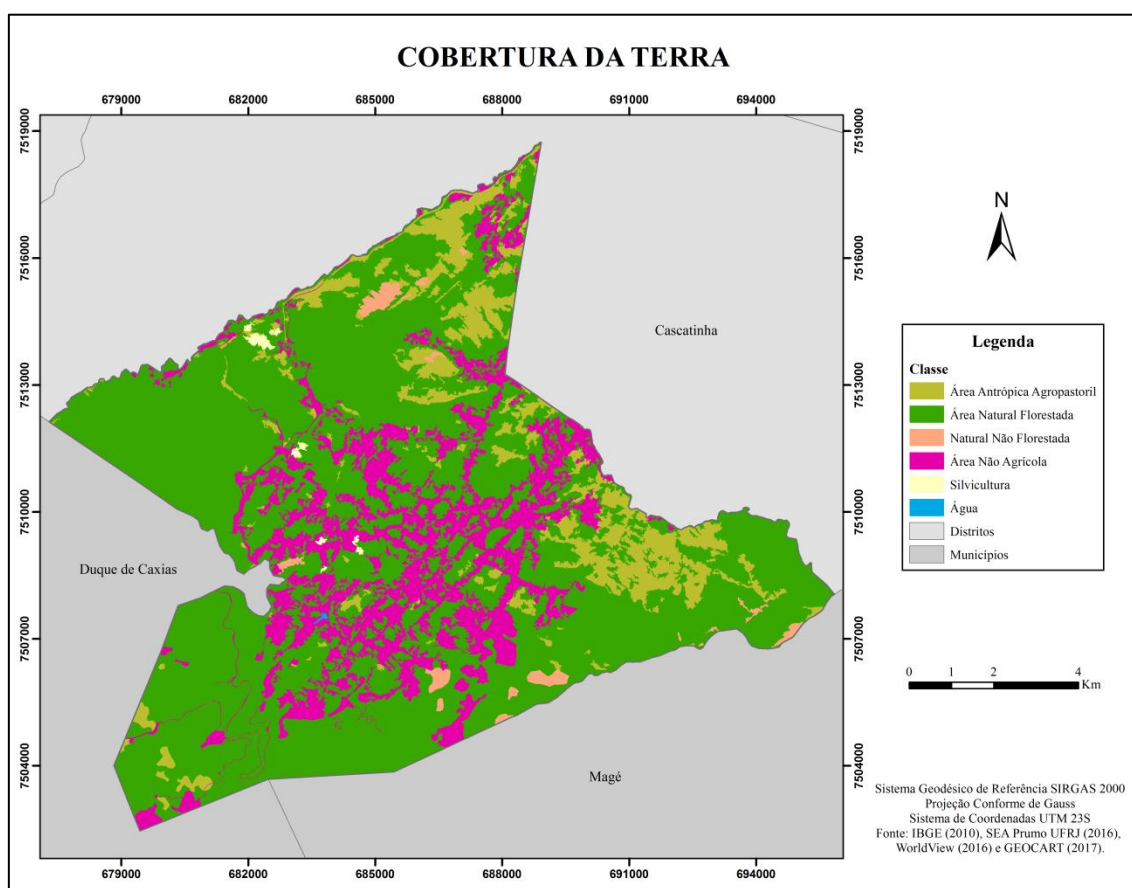


Figura 5.5: Mapa da cobertura da terra no primeiro distrito de Petrópolis.

Três classes se destacam no primeiro distrito em tamanho de área. São elas: área natural florestada, área não agrícola e área antrópica agropastoril. As duas primeiras são as que mais apresentaram registros de eventos naturais. Dessa forma, dos 1315 eventos, 372 ocorreram em área natural florestada, 932 em áreas não agrícolas, 10 em área

antrópica agropastoril e 1 evento em área de silvicultura. O percentual de eventos por cobertura da terra pode ser observado no gráfico da figura 5.6.

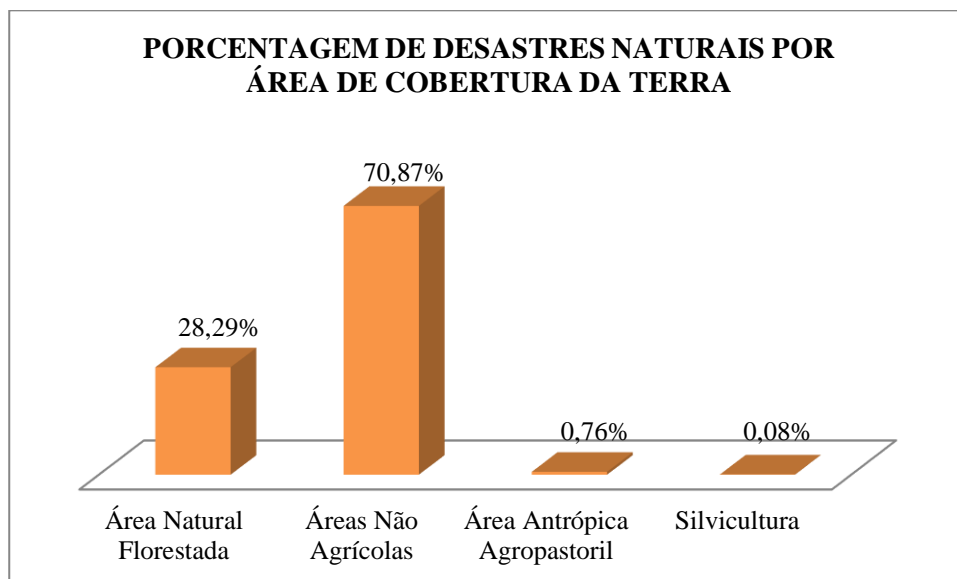


Figura 5.6: Gráfico com a porcentagens dos eventos de deslizamento e inundação por cobertura da terra.

As áreas não agrícolas, ou seja, áreas urbanas, foram as que mais apresentaram ocorrências de eventos. Dos 932 eventos, 12,3% foram de inundações e 87,7% foram de deslizamentos. Destaca-se também que os deslizamentos foram o tipo de evento que apareceu em mais classes de cobertura da terra.

Na tabela 5.2 é apresentado o número de eventos de inundação e de deslizamento por cobertura da terra juntamente com suas respectivas áreas em km².

Tabela 5.2: Dados de deslizamentos e inundações por classe de cobertura da terra.

| CLASSE | ÁREA (km ²) | INUNDAÇÕES | DESLIZAMENTOS |
|-----------------------------|-------------------------|------------|---------------|
| Água | 0,04 | 0 | 0 |
| Silvicultura | 0,36 | 0 | 1 |
| Natural Não Florestada | 1,52 | 0 | 0 |
| Área Antrópica Agropastoril | 13,43 | 0 | 10 |
| Área Não Agrícola | 24,38 | 115 | 817 |
| Área Natural Florestada | 93,56 | 30 | 342 |

5.4 PLUVIOSIDADE

A saturação de água em declives é a principal causa dos deslizamentos de terra e esta pode ocorrer, dentre outras formas, em virtude de chuvas intensas (MANUAL DE DESLIZAMENTOS, 2008). Por outro lado, a precipitação também contribui com a ocorrência de eventos de inundação gradual e brusca. Nesta perspectiva, foi feito um levantamento dos registros pluviométricos para cada evento a fim de contrapor as informações e inferir “em qual intensidade” a precipitação contribui na ocorrência dos eventos naturais abordados. A intensidade tratada aqui se refere ao potencial da chuva que precipitou no dia do evento ser capaz de motivá-lo ou se este ocorreu em função da chuva acumulada, tendo como base os quatro dias antecedentes ao evento.

Para isso, foram adquiridos dados pluviométricos de três estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA). Destas foram extraídas a pluviometria do dia do evento e dos quatro dias que antecederam este. Visto que as estações pluviométricas se encontram em locais diferentes, assim como os eventos, foram delimitadas áreas de influência de cada estação (mapa da figura 5.7) e atribuídos registros de precipitação para cada evento. A delimitação do espaço ao qual a estação pluviométrica teria influência foi estabelecida através do limite das bacias hidrográficas cujas quais as estações estão inseridas.

Das planilhas com os dados pluviométricos buscou-se extrair os registros de precipitação com nível de consistência 2, pois os dados com nível de consistência 1 são dados brutos. Entretanto, para os registros que não tinham dados com este nível de consistência utilizou-se a consistência igual a 1. Os dados pluviométricos também foram fundamentais para o cálculo da normal climatológica, visto que foi utilizado o total pluviométrico mensal de todos os anos desde 1961 a 1990.

A pluviometria não é um parâmetro que deva ser utilizado isoladamente para caracterizar as ocorrências de desastres naturais. Fatores como cobertura da terra, declividade, assoreamento de cursos d'água, impermeabilização do solo entre outros ajudam a caracterizar a suscetibilidade geobiofísica de um local. Acrescenta-se também que não há um valor padrão de pluviosidade necessária para a ocorrência de eventos de deslizamentos e inundações. Estes podem variar de região para região conforme os condicionantes naturais e antrópicos de cada uma (GUERRA *et al.*, 2009).

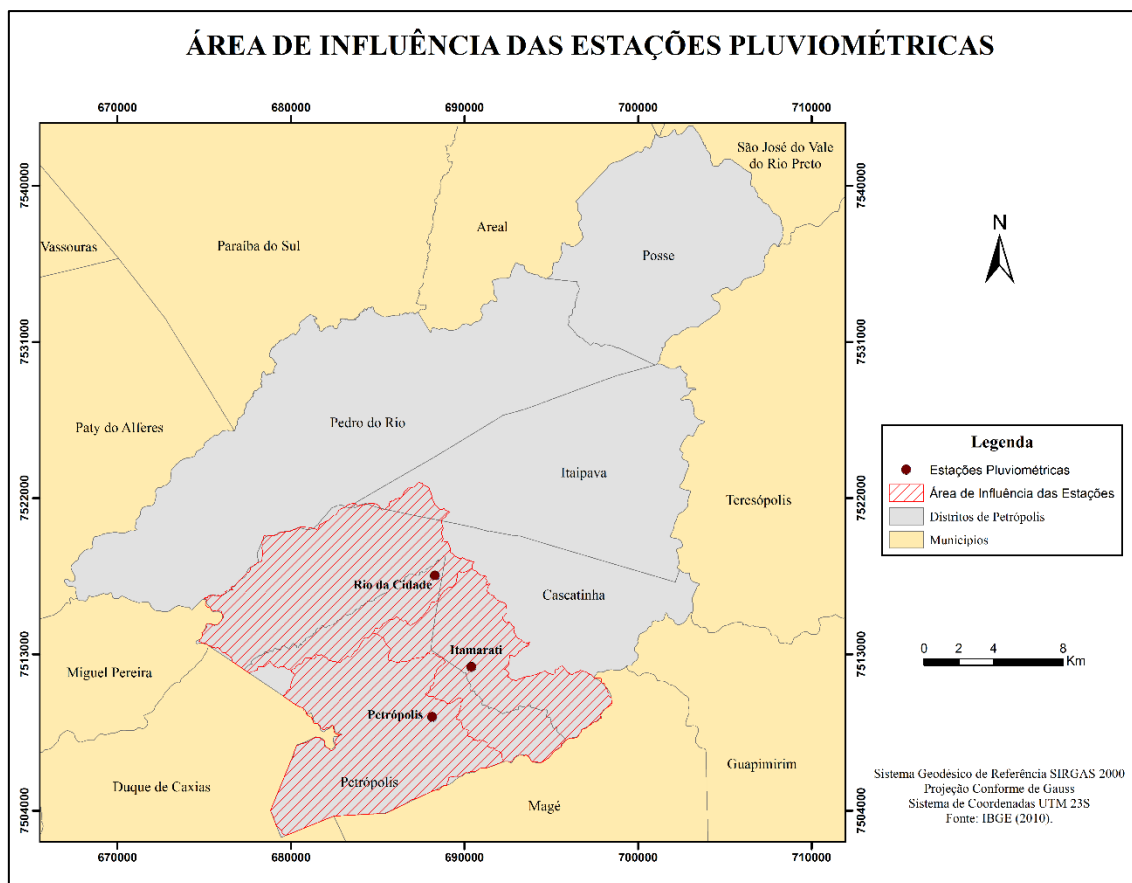


Figura 5.7: Mapa da área de influência das estações pluviométricas.

5.4.1 NORMAL CLIMATOLÓGICA

Segundo Silva *et al.* (2014), as análises estatísticas referentes a intervalos de 30 anos de dados que começam no primeiro dia de cada década são geralmente designadas por Normais. Embora muito utilizada como subsídio para inferir melhores épocas para o cultivo, também é utilizada na prevenção de danos maiores advindos de desastres naturais. Visto que, é uma forma de saber o quanto geralmente precipita em cada mês para poder fazer planejamentos.

Para o INMET a Normal é um valor padrão reconhecido de um elemento meteorológico, a exemplo da precipitação, considerando a média de sua ocorrência em um determinado local, por um número determinado de anos.

Para esta pesquisa foi calculada a Normal Climatológica com dados de 1961 a 1990 de três estações climatológicas (Petrópolis, Itamarati, e Rio da Cidade). Para isso, somou-se, para cada mês, a precipitação em um intervalo de trinta anos e o resultado

dessa soma foi dividido por trinta. Este é um dado confiável, pois fornece a média de precipitação, para cada mês, considerando um período de tempo em que pode ser observado um padrão.

Analisando o gráfico gerado pode-se observar que ao longo do ano há um aumento da pluviometria a partir do mês de Agosto até o mês de Janeiro. A partir do mês de Fevereiro a quantidade de precipitação reduz gradativamente até chegar o mês de Julho. Destaca-se também que os meses que compõem a estação Verão são os mais chuvosos. E são justamente nesses meses que acontecem mais ocorrências de eventos naturais. No gráfico da figura 5.8 está representada a quantidade de precipitação (em mm) para cada mês das três estações pluviométricas abordadas anteriormente.

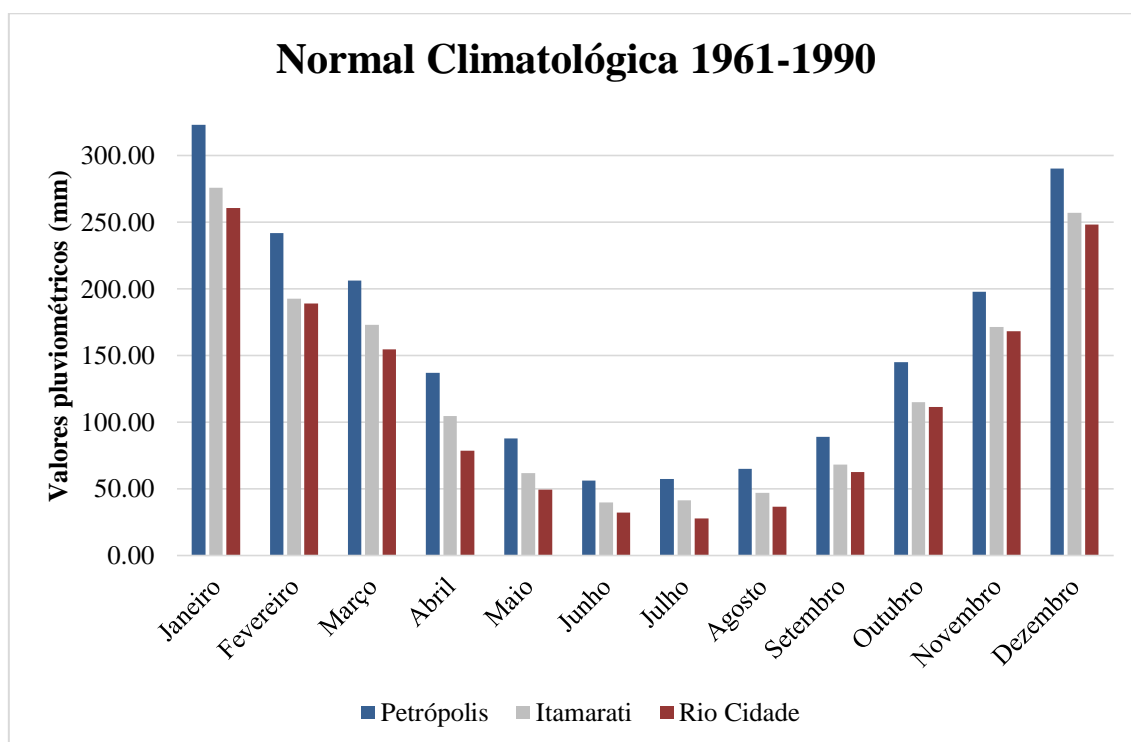


Figura 5.8: Gráfico da Normal Climatológica.

Cada estação pluviométrica apresentou registros diferentes de pluviometria. Isto se deve às peculiaridades da localização das mesmas como, por exemplo, a barreira orográfica próxima à estação Petrópolis. Entretanto, a dinâmica de aumento e redução da pluviometria é semelhante em todas elas.

Conhecendo a dinâmica pluviométrica ao longo dos meses, dos dados pluviométricos também foram analisados se os eventos registrados ocorreram em virtude da chuva no dia do evento ou devido à chuva acumulada nos últimos quatro dias, como será apresentado no tópico a seguir.

5.4.2 PRECIPITAÇÃO ACUMULADA E PRECIPITAÇÃO DO DIA DO EVENTO

Saber o impacto da chuva na ocorrência de eventos naturais é fundamental para que haja um planejamento e preparo tanto por parte da população como por parte dos gestores públicos. Logo, conhecer se deslizamentos e inundações (graduais ou bruscas) são causados pela quantidade de chuva que precipita no próprio dia do evento ou devido a uma precipitação acumulada possibilita prevenir a ocorrência de danos maiores como a perda de vidas.

Dito isto, para cada área de influência das estações pluviométricas utilizadas foi analisada a quantidade de eventos que ocorreram em virtude da chuva do dia e da chuva acumulada.

Para chegar aos valores precipitados no dia do evento e o acumulado dos últimos quatro dias que antecederam este, usou-se os seguintes critérios:

- A precipitação do dia³ corresponde ao total pluviométrico registrado no dia do evento.
- O Primeiro dia corresponde ao total acumulado no dia do evento e no dia que o antecede.
- O segundo dia corresponde ao total acumulado no dia do evento e nos dois dias antecedentes.
- O terceiro dia corresponde ao total acumulado no dia do evento e nos três dias antecedentes.
- O quarto dia corresponde ao total acumulado no dia do evento e nos quatro dias antecedentes.

³ Para preencher essa informação buscou-se o valor computado no dia posterior ao evento nas tabelas diárias da Agência Nacional de Águas. Esse procedimento foi feito, pois analisando os registros do IPT observou-se que estes seguiam esta metodologia e buscou-se manter um padrão no trabalho.

Com estes valores foi calculado se os eventos ocorreram em virtude da precipitação do dia ou devido à precipitação acumulada. Sendo assim, para definir sobre que característica se enquadrava cada evento definiu-se que seria pela:

- Chuva do dia: se a precipitação do dia for maior ou igual a 50% do acumulado.
- Chuva acumulada: se a precipitação do dia for menor que 50% do acumulado.

Analisando os eventos sob a área de influência da estação Petrópolis, apresentados na tabela 5.3, dos 807 eventos, 73,11% ocorreram devido à chuva acumulada e 26,89% devido à chuva do dia. Para essa estação não foi possível inferir esse resultado para 147 eventos, pois não tinham registros pluviométricos nos dias em que ocorreram os mesmos nem para os quatro dias que antecederam o evento. Logo, 15,41% dos eventos não possuem registro de precipitação. Destes, 12,37% ocorreram em dias que não foram feitos registros na planilha da estação pluviométrica referente à área de influência que engloba o evento e, 3,04% ocorreram em dias que registraram valor zero para todos os dias de análise da precipitação.

Tabela 5.3: Dados referentes Estação Pluviométrica Petrópolis por eventos.

| ESTAÇÃO PETRÓPOLIS | | | | | |
|----------------------------|------------|-------------------------------|------------|--------------|------------|
| Total de Eventos | | | | | |
| Precipitação do Dia | (%) | Precipitação Acumulada | (%) | Total | (%) |
| 217 | 26,89 | 590 | 73,11 | 807 | 100 |

Por sua vez, na área de influência da estação Itamarati foram registrados 209 eventos (tabela 5.4) e, dentre estes, 75,60% aconteceram depois de alguns dias chovendo e 20,40% devido à quantidade de chuva no próprio dia do evento. Na área de influência desta estação a maior parte dos eventos é motivada por mais de um dia de chuva.

Tabela 5.4: Estação Pluviométrica Itamarati.

| ESTAÇÃO ITAMARATI | | | | | |
|----------------------------|------------|-------------------------------|------------|--------------|------------|
| Total de Eventos | | | | | |
| Precipitação do Dia | (%) | Precipitação Acumulada | (%) | Total | (%) |
| 51 | 24,40 | 158 | 75,60 | 209 | 100 |

Por fim, na área da estação Rio Cidade foram registrados 22 eventos (tabela 5.5) e destes 77,27% ocorreram em virtude da chuva acumulada e 22,73% devido à chuva do dia.

Tabela 5.5: Estação Pluviométrica Rio Cidade.

| ESTAÇÃO RIO CIDADE | | | | | |
|----------------------------|------------|-------------------------------|------------|--------------|------------|
| Total de Eventos | | | | | |
| Precipitação do Dia | (%) | Precipitação Acumulada | (%) | Total | (%) |
| 5 | 22,73 | 17 | 77,27 | 22 | 100 |

Observa-se que a maior quantidade de eventos se concentra na área de influência das estações pluviométricas mais ao sul do distrito de Petrópolis. As três áreas de influência das estações pluviométricas apresentaram maior número de eventos que ocorreram em virtude da chuva acumulada do que da chuva do dia.

Comparando estes resultados com os dados da Normal Climatológica (tabela 5.6) é possível inferir que a estação Petrópolis é a que possui uma das maiores precipitações ao longo do ano. Este alto índice pluviométrico reflete a grande quantidade de eventos que ocorreram na área desta estação. Somam-se a isto os aspectos espaciais desta área que engloba a maior parte do primeiro distrito e que apresenta alta densidade demográfica e de domicílios. Vários deles em áreas de acentuado declive, e baixo índice de eficiência de drenagem. Ou seja, há uma junção de fatores naturais e antrópicos que aumentam o risco a movimentos de massa e inundações em casos de fortes chuvas.

Tabela 5.6: Média da Precipitação mensal da Normal Climatológica de cada estação destacando os menores e maiores valores.

| Precipitação (mm) - Normal Climatológica (1961 - 1990) | | | |
|---|-------------------|------------------|-------------------|
| Mês | Petrópolis | Itamarati | Rio Cidade |
| Janeiro | 323,15 | 276,09 | 260,63 |
| Fevereiro | 241,98 | 192,69 | 188,96 |
| Março | 206,16 | 172,97 | 154,72 |
| Abril | 137,05 | 104,54 | 78,61 |
| Mai | 87,62 | 61,79 | 49,39 |
| Junho | 56,04 | 39,65 | 32,18 |
| Julho | 57,11 | 41,29 | 27,67 |
| Agosto | 64,89 | 46,93 | 36,62 |
| Setembro | 88,73 | 68,16 | 62,3 |
| Outubro | 144,84 | 114,76 | 111,17 |
| Novembro | 197,96 | 171,42 | 168,11 |
| Dezembro | 290,18 | 257,00 | 248,29 |

5.5 SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA DO PRIMEIRO DISTRITO DE PETRÓPOLIS

Como já foi destacado, o ambiente é composto por fatores físicos dispostos de diferentes formas no espaço. A forma como estes se apresentam pode caracterizar o espaço em grau mais ou menos elevado de suscetibilidade geobiofísica à ocorrência de eventos naturais. Diante da junção dos elementos mapeados e apresentados neste capítulo foi gerado o mapa de suscetibilidade geobiofísica (mapa da figura 5.9 e anexo 1) à inundação e deslizamento com legenda caracterizando a área de análise em alto potencial de inundação, médio potencial de inundação, baixo potencial de inundação e erosivo, alto potencial erosivo e médio potencial erosivo.

Para obter a legenda final correspondente ao mapeamento da suscetibilidade geobiofísica foi analisada cada uma das 57 combinações geradas a partir do arranjo das legendas do mapeamento do IED, declividade e cobertura da terra em formato Raster. Estas foram agrupadas por meio da ferramenta *Combine* do programa *ArcMap10.1*. Posteriormente foi utilizado o método analítico integrativo para organizar as combinações em cinco classes.

As áreas com potencial de deposição foram classificadas como áreas com potencial de inundação. Entretanto, para classificar como médio ou alto potencial precisou analisar o IED e a cobertura da terra. Nenhuma dessas áreas de deposição foi

classificada com baixo potencial, pois esta classe também está associada à erosão denominando-se “baixo potencial de inundação e erosivo”.

Por outro lado, as áreas cuja declividade era de grande e médio potencial erosivo foram classificadas apenas como áreas com potencial erosivo. Ficando a classificação de médio ou alto conforme os resultados do IED e da cobertura da terra. Estes casos também não foram, em nenhum momento, classificados como baixo potencial erosivo, pois, como foi dito anteriormente, esta classe também está associada à inundações e, visto que, foi estabelecido pela metodologia, que as declividades classificadas como alto e médio potencial erosivo não seriam associadas à inundações, não seria possível enquadrar nenhuma inundação nestas classes.

Por sua vez, as áreas com declividade com baixo potencial erosivo foram classificadas como baixo potencial de inundação e erosivo.

Áreas cuja cobertura da terra é água não foram classificadas quanto à suscetibilidade geobiofísica, pois nestas não há possibilidade de ocorrência de deslizamentos e não teriam, por exemplo, pessoas morando dentro de um curso d'água para ser classificado como um desastre natural. Ou seja, o fato de inundar àquele local não teria nele nenhum registro de evento.

Dito isto, o quadro 5.1 apresenta as combinações com suas respectivas classes e justificativa mais detalhada do porque terem sido inseridas nos grupos de alto potencial erosivo, médio potencial erosivo, alto potencial de inundação e médio potencial de inundação.

Quadro 5.1: Chave de classificação da suscetibilidade geobiofísica.

| DECLIVIDADE | IED | COBERTURA | CLASSE | JUSTIFICATIVA | | |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|---|---|-----------------------------|
| Áreas com Grande Potencial Erosivo | Baixo | Área não Agrícola | Alto Potencial Erosivo | O IED foi determinante. Área com grandes declividades cuja água não consegue ser escoada com facilidade provoca intensa saturação do solo. | | |
| | | Área Natural Florestada | | | | |
| | | Natural não Florestada | | | | |
| | | Silvicultura | | | | |
| | Médio | Área Antrópica Agropastoril | | Médio Potencial Erosivo | O IED e o tipo de cobertura foram levados em consideração. Médio IED não garante perfeita escoação da água como o alto IED. | |
| | | Área não Agrícola | | | | |
| | | Natural não Florestada | | | | |
| | | Silvicultura | | | | |
| | Médio | Área Natural Florestada | | Médio Potencial Erosivo | A cobertura da terra teve um peso maior. Embora o IED seja médio, áreas florestadas tem uma capacidade maior de fixar o solo com suas raízes profundas. | |
| | | | | | | Alto |
| Área não Agrícola | | | | | | |
| Alto | Área Natural Florestada | Médio Potencial Erosivo | O IED foi fundamental nessa classificação, pois embora a declividade seja acentuada existe uma eficaz dispersão da água. | | | |
| | | | | Área Antrópica Agropastoril | | |
| Áreas com Médio Potencial Erosivo | Baixo | Área não Agrícola | Alto Potencial Erosivo | O IED foi determinante. Acentuada declividade e ineficiente dispersão da água deixam o espaço com maior suscetibilidade geobiofísica a ocorrência de eventos naturais. | | |
| | | Área Antrópica Agropastoril | | | | |
| | | Natural não Florestada | | | | |
| | | Silvicultura | | | | |
| | Baixo | Área Natural Florestada | Médio Potencial Erosivo | A cobertura da terra foi determinante para esta combinação não fazer parte do grupo de Alto Potencial Erosivo. Embora possua declividade acentuada e ineficaz dispersão da água, as áreas florestadas com suas raízes mais profundas ajudam a conter, até certo ponto, movimentos de massa. | | |
| | | | | | Médio | Área Antrópica Agropastoril |
| | | | | | | Área Antrópica Agropastoril |

| | | | | | |
|----------------------------------|-------|-----------------------------|------------------------------|--|---|
| | | Área Natural Florestada | | classe. | |
| | | Área não Agrícola | | | |
| | | Natural não Florestada | | | |
| | | Silvicultura | | | |
| | Alto | Área Natural Florestada | | Alto Potencial de Inundação | O IED foi fundamental na definição da classe. |
| | | Área Antrópica Agropastoril | | | |
| Área não Agrícola | | | | | |
| Áreas com Potencial de Deposição | Baixo | Área Natural Florestada | Médio Potencial de Inundação | | O IED foi fundamental na definição da classe. |
| | | Área não Agrícola | | | |
| | | Área Antrópica Agropastoril | | | |
| | | Natural não Florestada | | | |
| | | Silvicultura | | | |
| | Médio | Área Antrópica Agropastoril | | O IED e a cobertura foram fundamentais. As coberturas dificultam a infiltração e/ou acúmulo da água no solo. | |
| | | Área não Agrícola | | | |
| | | Natural não Florestada | | | |
| | Alto | Área Natural Florestada | | Médio Potencial de Inundação | O IED foi fundamental na definição da classe. |
| | | Área Antrópica Agropastoril | | | |
| | | Área não Agrícola | | | |
| | Médio | Área Natural Florestada | | | A cobertura e o IED foram fundamentais para definir a classe. |
| Silvicultura | | | | | |

No mapeamento da suscetibilidade geobiofísica (mapa da figura 5.9), a classe com maior área é a de médio potencial erosivo com 55,19 km². Ou seja, essa elevada tendência a eventos erosivos só valida a grande quantidade de eventos de deslizamentos. A segunda classe com maior área é a de alto potencial erosivo, a terceira é a que correspondente ao baixo potencial de inundação e erosivo, a quarta é a de alto potencial de inundação, a quinta se refere à de médio potencial à inundação e, a área de água, que embora não seja uma das classificações de suscetibilidade geobiofísica, também está no mapeamento, com uma dimensão de 0,04 km².

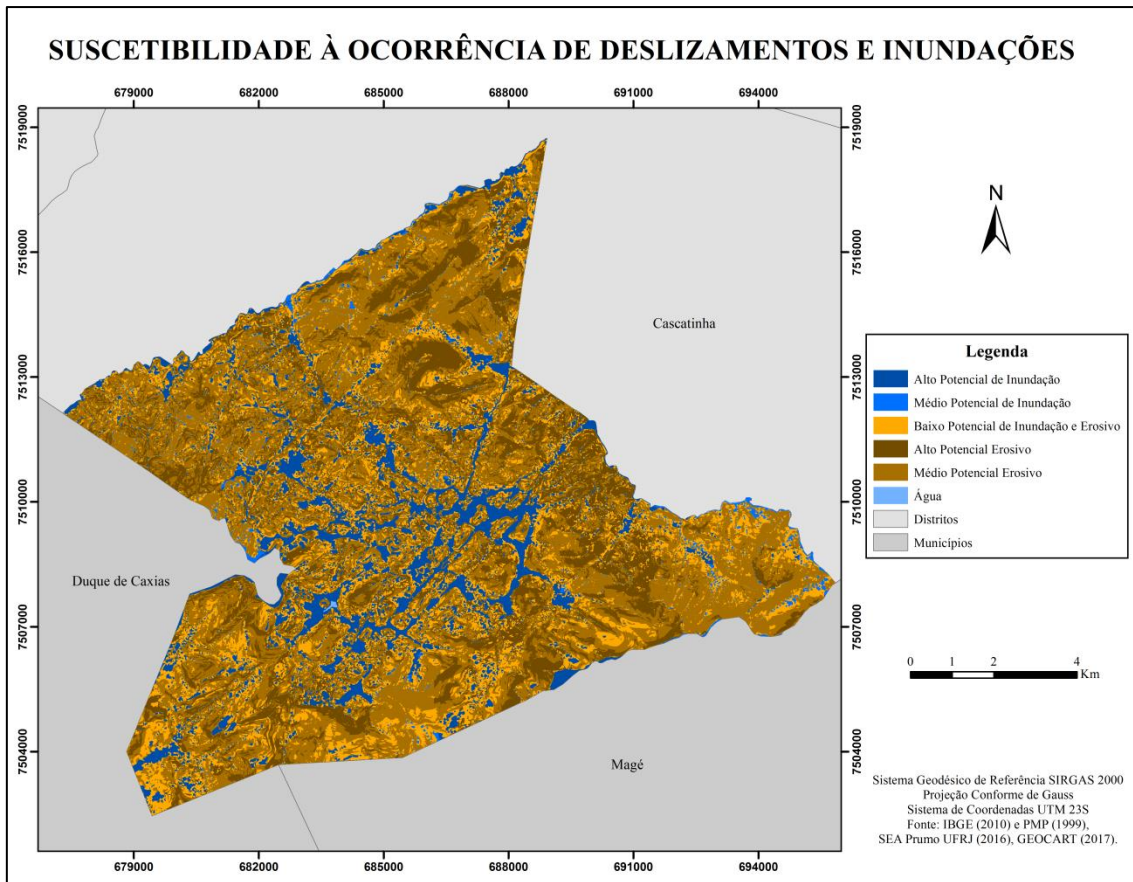


Figura 5.9: Mapa da suscetibilidade geiofísica à ocorrência de deslizamentos e inundações.

O gráfico da figura 5.10 ilustra, de forma proporcional, o quanto cada classe ocupa o primeiro distrito de Petrópolis.

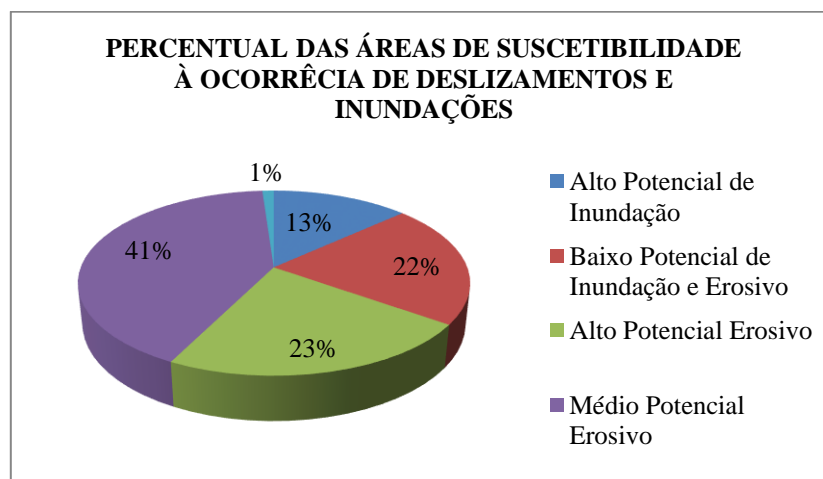


Figura 5.10: Gráfico com o percentual das áreas de suscetibilidade geiofísica à ocorrência de deslizamentos e inundações.

As áreas com potencial erosivo, juntas, sem contar com a classe de baixo potencial de inundação e erosivo, somam 64% de todo o primeiro distrito. Por outro lado, as classes referentes ao potencial de inundação somam apenas 14 % e concentram-se, principalmente, nos fundos de vale na parte central do distrito.

Para observar como os eventos de deslizamentos estão espacializados na área do mapeamento de suscetibilidade geobiofísica, o gráfico da figura 5.11 apresenta o percentual destes por classe de suscetibilidade. Observa-se no gráfico que a maior parte das ocorrências (38,03%) aparece em locais mapeados como áreas de alto potencial de inundação. Entretanto, analisando todo o contexto observa-se que estes estão localizados a menos de 100 metros de áreas com potencial erosivo como pode ser observado na figura 5.12. Sendo assim, em virtude de informações que nem sempre eram precisas, devido terem sido extraídas de notícias de jornais, o posicionamento destes eventos nas áreas classificadas pode ter sido afetado.

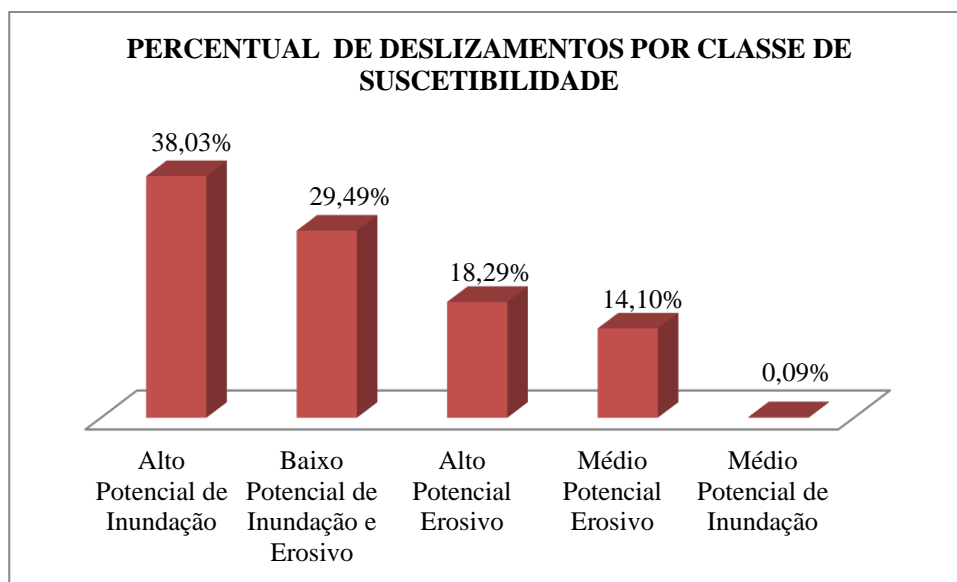


Figura 5.11: Gráfico do percentual de deslizamentos por classe de suscetibilidade geobiofísica.

Outros valores significativos são os que correspondem às áreas de baixo potencial de inundação e erosivo, alto potencial erosivo e médio potencial erosivo, que considerando todas as ocorrências na área de estudo apresentam, respectivamente,

29,49%, 18,29% e 14,10% dos eventos. Ou seja, 61,88% dos eventos relacionados a deslizamentos correspondem às áreas com potencial erosivo.

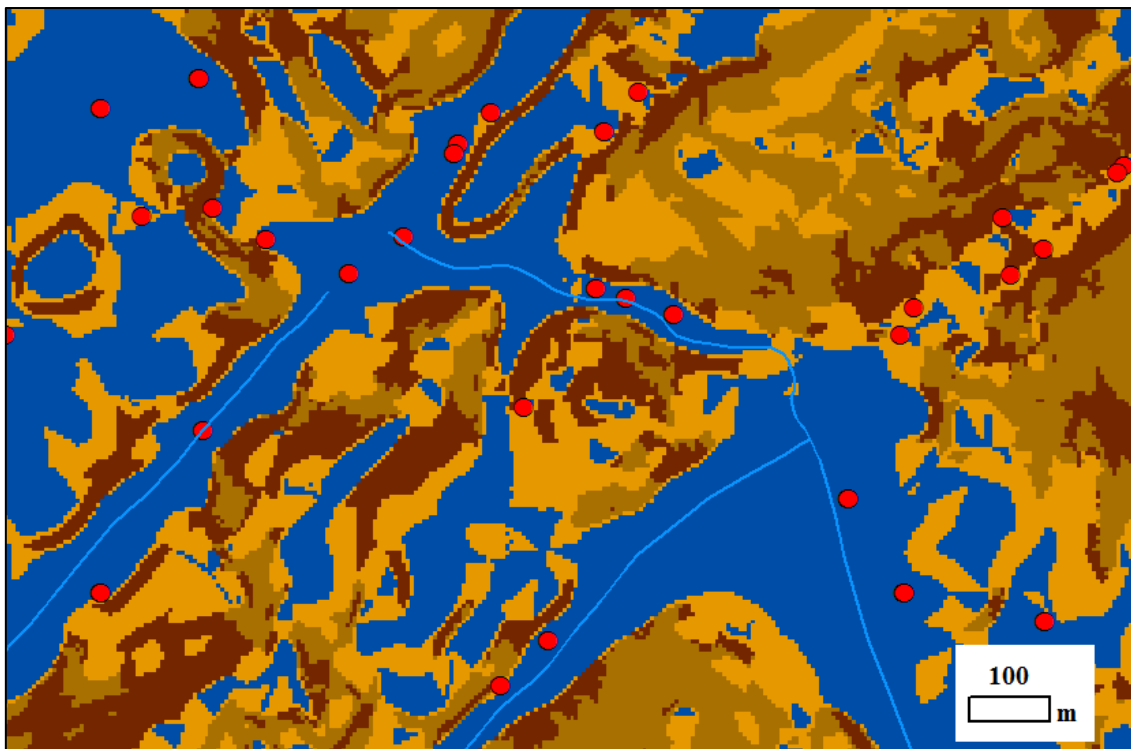


Figura 5.12: Eventos de deslizamento que estão localizados em classes inadequadas.

No que se refere aos eventos correspondentes à inundações, o gráfico da figura 5.13 apresenta que 79,31% destes estão localizados em áreas com potencial de inundação. Sendo que 62,76% estão em áreas de alto potencial de inundação, 16,55% em áreas de baixo potencial de inundação e nenhuma ocorrência em áreas de médio potencial de inundação.

Assim como os eventos de deslizamentos, houve algumas inconsistências quanto a sua localização em áreas onde não é esperado que estes ocorram. Sendo assim, 20,69% estão sobre áreas classificadas com potencial erosivo. Alguns exemplos podem ser observados na figura 5.14. Entretanto, destacam-se duas observações. A primeira é a mesma apresentada para os eventos de deslizamentos, ou seja, a questão da precisão da localização. Mas, por outro lado, a segunda observação é que nas áreas com potencial erosivo, quando acontece algum evento de deslizamento há possibilidade deste obstruir

a área por onde passa cursos d'água e isto provocar inundações. Para melhor visualizar essa possibilidade, na figura 5.14 foi sobreposta a hidrografia que em alguns casos está sobre estas áreas com potencial erosivo e próxima às ocorrências de inundações.

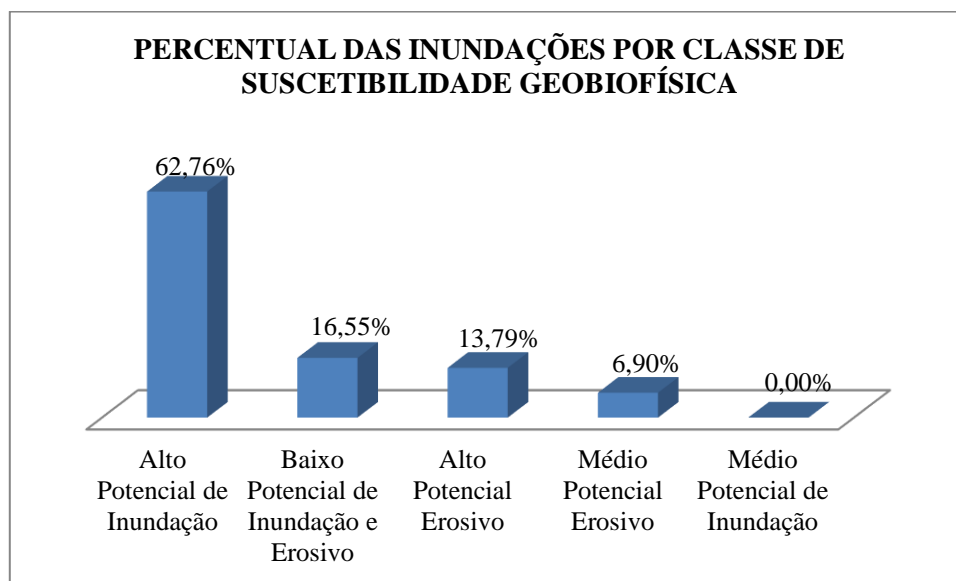


Figura 5.13: Gráfico do percentual de inundações por classe de suscetibilidade geobiofísica.

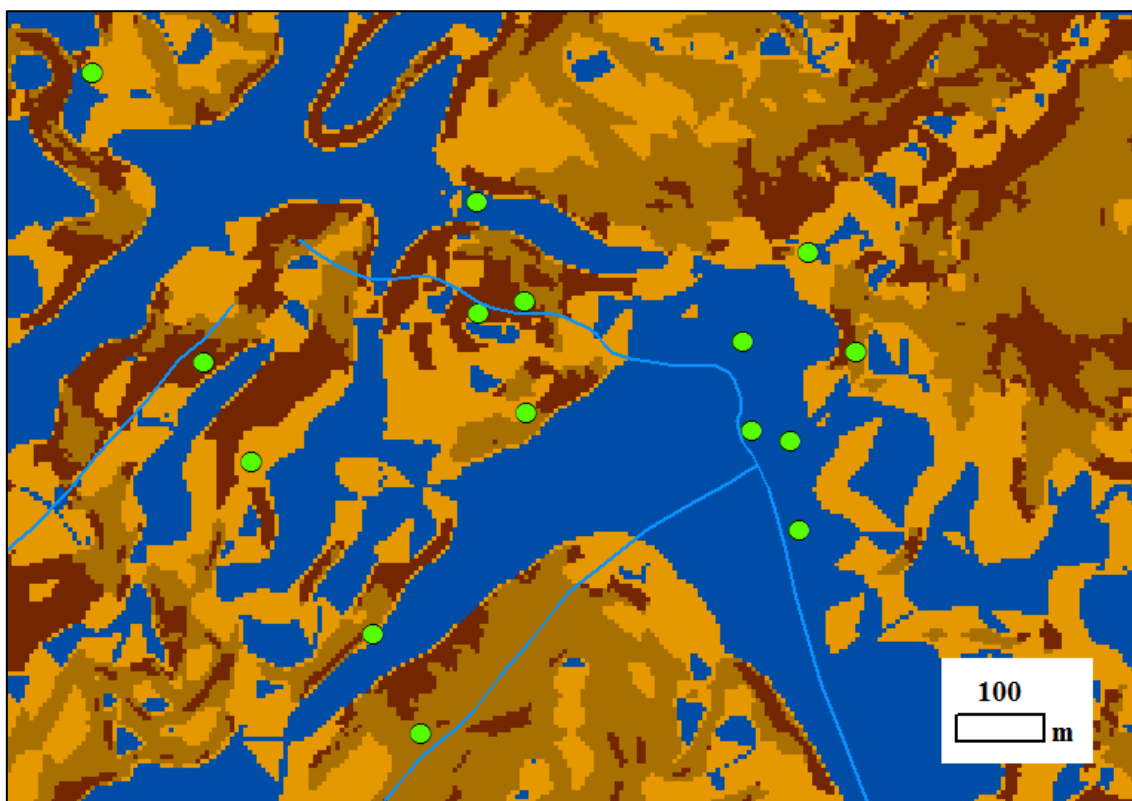


Figura 5.14: Eventos de inundação localizados sobre classes inadequadas.

Na tabela 5.7 está detalhada a quantidade de eventos naturais (deslizamentos e inundações) por classe de suscetibilidade geobiofísica. Ela também apresenta o percentual dos eventos e a extensão de cada classe, o que facilita a análise integrada destas características.

Tabela 5.7: Total de eventos naturais por classe de suscetibilidade geobiofísica.

| CLASSES DE SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA | ÁREA (km²) | EVENTOS NATURAIS | (%) |
|--|------------------------------|-----------------------------|------------|
| Alto Potencial de Inundação | 17,70 | 536 | 40,76 |
| Médio Potencial de Inundação | 1,47 | 1 | 0,08 |
| Baixo Potencial de Inundação e Erosivo | 28,63 | 369 | 28,06 |
| Alto Potencial Erosivo | 30,21 | 234 | 17,79 |
| Médio Potencial Erosivo | 55,19 | 175 | 13,31 |
| Água | 0,04 | 0 | 0 |

Por intermédio da mesma se pode observar que a classe com maior área (médio potencial erosivo) apresenta menor quantidade de eventos e na segunda menor área (alto potencial de inundação) contem o maior número de eventos registrados. Com esses dados busca-se destacar que a extensão da área não está diretamente influenciando na quantidade de eventos. Ou seja, não é porque uma classe possui uma área maior que outra classe que o número de eventos será diretamente proporcional ao tamanho da área. Exemplificando o que foi dito, destaca-se que a combinação dos fatores que levou a classificar algumas áreas do primeiro distrito como médio potencial erosivo, dependendo da quantidade de energia que tem entrado no sistema pode não ter sido o suficiente para impulsionar a ocorrência de maior número de eventos. Logo, esta classe mesmo possuindo uma área maior apresenta uma quantidade menor de eventos, comparada as outras classes.

Outro dado presente na tabela chama a atenção. A classe de suscetibilidade geobiofísica classificada como baixo potencial de inundação e erosivo apresenta uma quantidade elevada de eventos. Visto que a tabela apresenta classes referentes a tipos

específicos de eventos, a classe de baixo potencial de inundação e erosivo é a única que pode relacionar diretamente o total de eventos com a classe. Isso por que ela considera a suscetibilidade geobiofísica tanto para os casos de deslizamentos como para as ocorrências de inundações.

Para as outras classes, a análise pode ser feita utilizando a tabela 5.8 que discrimina a quantidade de eventos de cada tipo (deslizamentos ou inundações).

Tabela 5.8: Detalhes dos eventos por classe no primeiro distrito de Petrópolis.

| CLASSES DE SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA | ÁREA (km²) | DESLIZAMENTOS | INUNDAÇÕES |
|--|------------------------------|----------------------|-------------------|
| Alto Potencial de Inundação | 17,70 | 445 | 91 |
| Médio Potencial de Inundação | 1,47 | 1 | 0 |
| Baixo Potencial de Inundação e Erosivo | 28,63 | 345 | 24 |
| Alto Potencial Erosivo | 30,21 | 214 | 20 |
| Médio Potencial Erosivo | 55,19 | 165 | 10 |
| Água | 0,04 | 0 | 0 |

Sendo assim, nas classes relacionadas aos eventos de inundação se observa que a classe com alto potencial de inundação além de apresentar a maior quantidade de eventos apresenta também maior área. A classe com médio potencial de inundação compreende uma área menor que um quilômetro e meio e não possui nenhum registro de inundação. Esse resultado mostra que o mapeamento de suscetibilidade geobiofísica obteve resultados condizentes com o mapeamento.

Por sua vez, nas classes relacionadas aos eventos de deslizamentos também observa-se resultados positivos, visto que, a classe referente ao alto potencial erosivo embora com uma área menor apresenta maior quantidade de deslizamentos do que a classe correspondente ao médio potencial erosivo.

5.5.1 SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA NA ÁREA DA PLANTA KOELER

A mesma observação foi feita na área da Planta Koeler e pôde inferir, por meio das tabelas 5.9 e 5.10, que dentre as classes de suscetibilidade geobiofísica a de maior área é a correspondente ao alto potencial de inundação com 5,44 km² e a de menor área corresponde a de médio potencial de inundação com 0,04 km². Foi na classe de maior área que foi registrado o maior número de eventos (aproximadamente 60,5 %).

A classe de baixo potencial de inundação e erosivo, assim como no contexto do primeiro distrito, apresenta o segundo maior registro de eventos. Ou seja, 22,18% destes.

Tabela 5.9: Total de eventos naturais por classe de suscetibilidade geobiofísica na área da Planta Koeler.

| CLASSES DE SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA | ÁREA (km ²) | EVENTOS NATURAIS | (%) |
|---|----------------------------|---------------------|-------|
| Alto Potencial de Inundação | 5,44 | 289 | 60,46 |
| Médio Potencial de Inundação | 0,04 | 0 | 0,00 |
| Baixo Potencial de Inundação e Erosivo | 3,65 | 106 | 22,18 |
| Alto Potencial Erosivo | 2,41 | 70 | 14,64 |
| Médio Potencial Erosivo | 3,49 | 13 | 2,72 |

Quanto às classes voltadas exclusivamente para à ocorrência de eventos naturais relacionados a deslizamento, observa-se na tabela 5.10 que a classe alto potencial erosivo apresenta maior registro de eventos do que a classe de médio potencial erosivo, mesmo a área desta última sendo maior do que a área da primeira.

O mesmo pode ser observado nas classes referentes a eventos de inundação. Contudo, enquanto a classe de alto potencial de inundação apresenta maior número de inundações, a classe de médio potencial de inundação não apresenta nenhum registro. Logo, mesmo em uma escala geográfica menor os resultados foram semelhantes aos obtidos para o primeiro distrito. Destaca-se também que mais da metade de todos os eventos de inundação, aproximadamente 57,93%, se concentra na área da Planta Koeler.

Destes, aproximadamente 80,22%, dos que estão especializados nas áreas suscetíveis à inundações também estão localizados na área da Planta. Neste contexto, a retificação dos rios que foi projetada desde o século XIX trás consequências que são sentidas a cada evento de chuvas intensas, inclusive no centro histórico como se pode observar na figura 5.15 divulgada pelo jornal Tribuna de Petrópolis no dia 14 de março de 2017. À direita da figura 5.16, também divulgada no mesmo dia pela mesma fonte, observa-se o rio Quitandinha canalizado.

Tabela 5.10: Detalhes dos eventos por classe na área da Planta Koeler.

| CLASSES DE SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA | ÁREA (km²) | DESLIZAMENTOS | INUNDAÇÕES |
|--|----------------------------------|----------------------|-------------------|
| Alto Potencial de Inundação | 5,44 | 216 | 73 |
| Médio Potencial de Inundação | 0,04 | 0 | 0 |
| Baixo Potencial de Inundação e Erosivo | 3,65 | 98 | 7 |
| Alto Potencial Erosivo | 2,41 | 66 | 4 |
| Médio Potencial Erosivo | 3,49 | 12 | 0 |



Figura 5.15: Inundação no centro do primeiro distrito de Petrópolis no dia 14/03/2017. Fonte: Jornal Tribuna de Petrópolis.



Figura 5.16: Inundação na localidade Quitandinha no dia 14/03/2017. Fonte: Jornal Tribuna de Petrópolis.

CAPÍTULO 6 – AVALIAÇÃO DOS EVENTOS FRENTE ÀS VARIÁVEIS GEOECOLÓGICAS SOCIOECONÔMICO-ESTRUTURAIS

6 INTRODUÇÃO

O ser humano elevou em grandes proporções o seu impacto no ambiente com o processo de urbanização e aprimoramento da técnica. Dessa forma, a busca por suprir suas necessidades básicas e as impostas pela cultura global motivou a retirada de recursos primários e constantes alterações espaciais para alocar essas pessoas e suas atividades econômicas e culturais. Para compreender a dinâmica populacional e sua influência na sociedade, este capítulo conta com os dados adquiridos no último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Este Instituto surge da necessidade do país de possuir um órgão com capacidade de articular e coordenar pesquisas estatísticas. Dessa forma, em 1934 criou-se o Instituto Nacional de Estatística (INE) cujas atividades iniciaram-se dois anos depois. Já em 1937 foi instituído o Conselho Brasileiro de Geografia (CBG), que incorporado ao INE compôs o que se conhece como IBGE cuja rede de pesquisa e disseminação tem base em todos os estados brasileiros.

Dessa forma, o Censo Demográfico tem um papel importante de coletar informações que irão compor o perfil da população brasileira. Por pesquisarem todos os domicílios do país, é uma fonte de referência para o conhecimento das condições de vida da população em todos os municípios e em seus recortes territoriais internos (IBGE, 2011). Sendo assim, as variáveis do IBGE são dados que auxiliam no conhecimento dos potenciais e fraquezas de cada setor censitário, dos distritos, municípios, estados e do próprio território brasileiro e, com isso, possibilita aos gestores planejar e gerir as unidades administrativas. Neste contexto, foram selecionadas algumas variáveis para ajudar a compreender o perfil da população e a infraestrutura metropolitana do primeiro distrito de Petrópolis, que é uma porção do município bastante afetada por ocorrências de deslizamentos e inundações. Nesta perspectiva, com esses dados busca-se fazer uma análise contrapondo as ações antrópicas às respostas que o sistema dá a estas. Com a integração das variáveis foi estabelecido um Índice

Socioeconômico-Estrutural (ISEE) que caracteriza a vulnerabilidade social da população frente aos eventos de deslizamentos e inundações.

Dessa forma, como retratado na figura 6.1 utilizou-se as variáveis renda, analfabetismo (desdobramento da variável alfabetização), densidade demográfica (resultante da variável população), densidade de domicílio, esgotamento e distribuição de água (extraídas da variável domicílio). A junção destas possibilitou inferir o ISEE (inverso da vulnerabilidade social) para o primeiro distrito de Petrópolis.

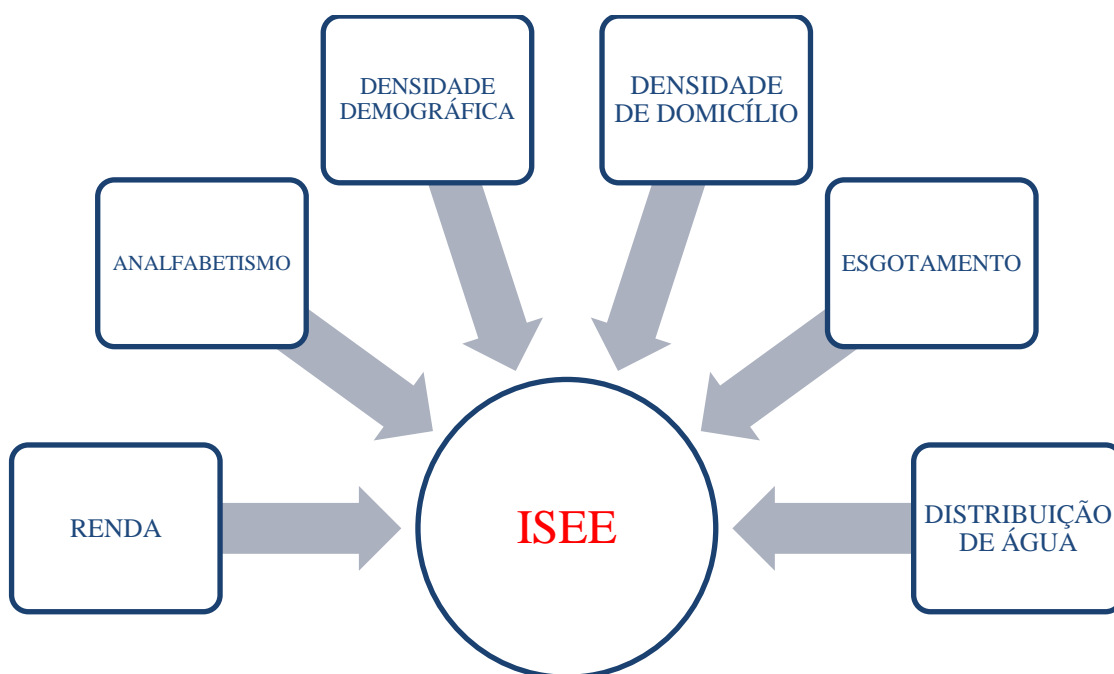


Figura 6.1: Componentes da análise da vulnerabilidade social da população frente aos eventos de deslizamentos e inundações.

6.1 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

O primeiro distrito de Petrópolis é considerado uma área urbana conforme consta no plano diretor do município. Observa-se neste, que a população tem acesso à água pela rede geral, poço ou nascente na propriedade, água da chuva armazenada em cisterna e, abastecimentos que provem de outras formas. Entretanto, no mapa da figura 6.2, estão expressas as formas de abastecimento que predominam em cada setor censitário. Visto que, em alguns setores, o acesso à água se da, na mesma proporção, por mais de uma fonte, alguns setores mapeados aparecem com mais de um tipo de

abastecimento. Como exemplo, existem setores que predominam tanto o abastecimento por rede geral como por água de poço ou nascente na propriedade. Nestes, a quantidade de domicílios que são abastecidos destas formas diferentes é a mesma. Isso se repete nos setores que predominam, ao mesmo tempo, o abastecimento por rede geral e por outras formas de abastecimento.

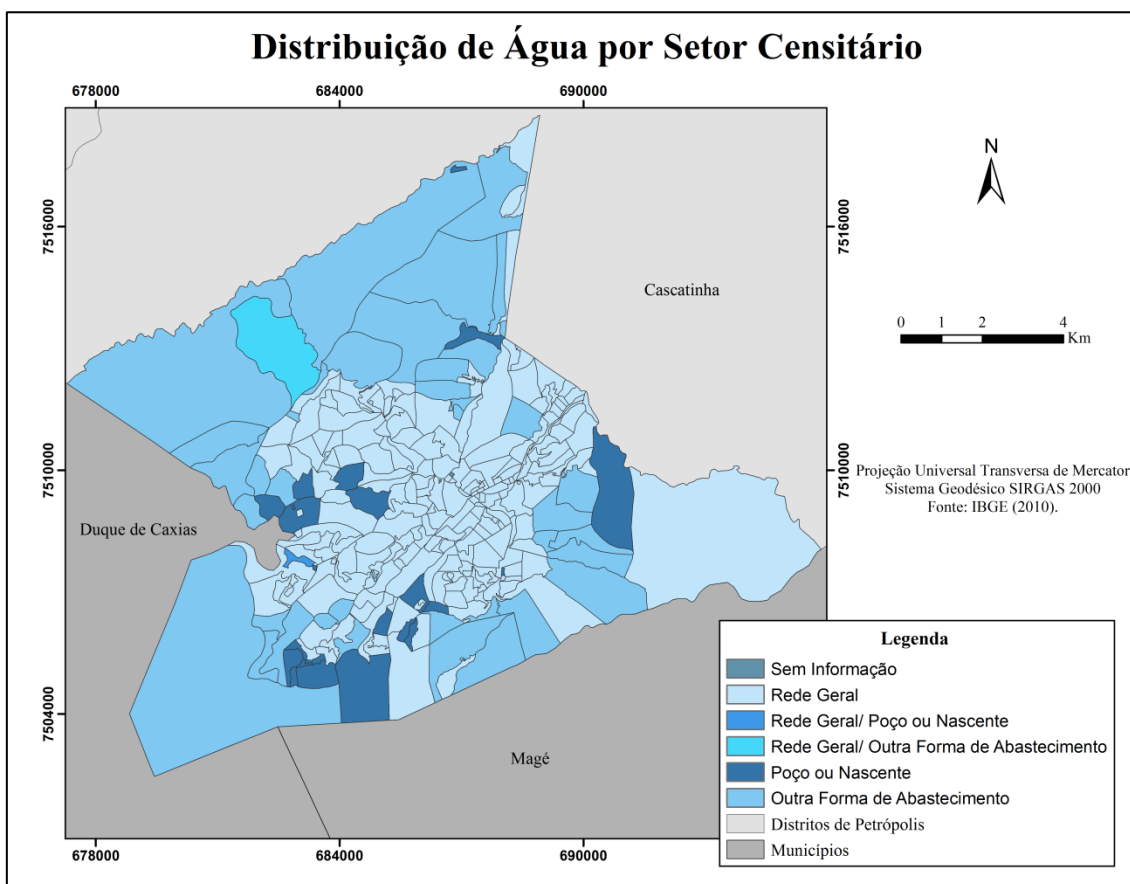


Figura 6.2: Mapa do tipo de abastecimento de água que predomina em cada setor censitário do primeiro distrito de Petrópolis.

A escolha deste elemento, dentre as informações que podem ser extraídas da variável domicílio, se deve à relação deste com o perfil social da população e pelo impacto que a rede geral de abastecimento pode causar ao meio devido alguma ruptura ao longo da distribuição.

O mapa apresenta quatro formas específicas de abastecimento por setor censitário, a localização de setores que predominam formas diferentes, das explicitas no Censo, de acesso à água e, setores cujo Censo não conseguiu inferir qual tipo de abastecimento é realizado.

Com a espacialização desta variável é notória a concentração do abastecimento por rede geral no centro do distrito. Para que haja a rede geral de distribuição de água é preciso que alterações espaciais sejam realizadas para o armazenamento, tratamento e distribuição da água; necessita de infraestrutura e; tarifas são cobradas. Logo, não é qualquer pessoa que tem acesso à água por este serviço. O indivíduo tem que ter um recurso mínimo para poder ter acesso.

Segundo dados da companhia que abastece o município “Águas do Imperador”, em 1998 existia uma única estação de tratamento de água localizada em Itaipava cujo tratamento limitava-se à cloração da água, servindo apenas a 3% da população. Atualmente são sete estações: Montevideo, Mosela, Bonfim, Itaipava, Pedro do Rio, Secretário e Taquaril, que tratam toda água distribuída pela concessionária. Estas estações produzem 61,8 milhões de litros por dia que abastecem 95% da população (GRUPO ÁGUAS DO BRASIL). As duas primeiras estações mencionadas estão presentes no primeiro distrito, respectivamente em Caxambu e Mosela. Juntas atendem 231.000 pessoas nas localidades Mosela, Bingen, Valparaíso, Coronel Veiga, Saldanha Marinho, Siméria, São Sebastião, Castelânea, Quitandinha, Centro, Alto da Serra, Morin, Quissamã, Itamarati, Estrada da Saudade, Castrioto, Boa Vista, Quarteirão Brasileiro e Retiro.

Segundo Guerra 2009, são características do abastecimento de água, que estão presentes em níveis elevados de suscetibilidade de ocorrência de deslizamentos:

- O médio nível de vazamentos e bem distribuídos pela região;
- O alto nível de vazamentos das tubulações e distribuídas por toda a área e a;
- Ausência total de abastecimento de água oficial.

Logo, a qualidade estrutural do abastecimento é importante para evitar danos ambientais e sociais, visto que há possibilidade de provocar erosões em áreas afetadas por vazamentos de água.

6.2 ANALFABETISMO

O elemento analfabetismo, referente à variável alfabetização, foi utilizado seguindo o princípio de que o indivíduo que sabe ler tem a possibilidade de reconhecer as suscetibilidades de um local e o impacto de sua atuação no meio com base em uma

gama de informações que ele pode ter acesso em diversas fontes como internet, livro, jornal, placas entre outros. Acrescenta-se que a alfabetização é um dos marcos iniciais para dar continuidade a formação deste. Quanto mais instruído o indivíduo é, mais capacidade tem de atuar conscientemente na sociedade. Segundo Rodrigues (2001)

“[...] a ação educativa é um processo regular desenvolvido em todas as sociedades humanas, que tem por objetivos preparar os indivíduos em crescimento (crianças e adolescentes) para assumirem papéis sociais relacionados à vida coletiva, à reprodução das condições de existência (trabalho), ao comportamento justo na vida pública e ao uso adequado e responsável de conhecimentos e habilidades disponíveis no tempo e nos espaços onde a vida dos indivíduos se realiza”.

Para o IBGE a pessoa alfabetizada é aquela capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhecesse. E, por outro lado, é considerada analfabeta a pessoa que aprendeu a ler e escrever, mas que esqueceu devido ter passado por um processo de alfabetização que não se consolidou e, a que apenas assinava o próprio nome.

Para ter conhecimento do número de analfabetos por setores censitários somou-se as pessoas acima de 5 anos de idade alfabetizadas, em seguida foi calculado o número de pessoas acima de 5 anos de idade e, por fim subtraiu a segunda informação pela primeira. Ao termino dessas operações passou-se o resultado final para valores percentuais.

Com isso, no mapa da figura 6.3 pode ser observado a porcentagem dos analfabetos presentes nos setores censitários. Esta característica ajuda a indicar em quais setores existem pessoas potenciais ao desconhecimento dos perigos que podem estar sujeitas e qual a proporção destas. Essa resposta é um “sinal de alerta” para que gestores públicos façam um trabalho diferenciado de conscientização para os riscos de desastres naturais e para que estes elenquem áreas que devam dar mais atenção.

Todavia, para o primeiro distrito de Petrópolis observa-se que este índice é baixo e os setores mais afastados do centro são os que apresentam as maiores porcentagens no distrito.

Embora seja uma variável importante no conhecimento da vulnerabilidade social da população, nas extremidades do primeiro distrito onde essa característica populacional aparece com maior ênfase, outros aspectos espaciais e sociais predominam e, com isso, poucos eventos são registrados nessas áreas. Esse resultado serve também

para destacar novamente que os desastres naturais resultam da combinação de características presentes no espaço e estabelecidas pelo ser humano. Dessa forma, um elemento isolado dificilmente consegue provocar deslizamentos e inundações. Contudo, destaca-se também que na maior parte das áreas onde ocorre elevado número de eventos, a porcentagem de pessoas analfabetas é baixa. Logo, neste cenário, outras variáveis estão sendo mais influentes na ocorrência dos desastres naturais.

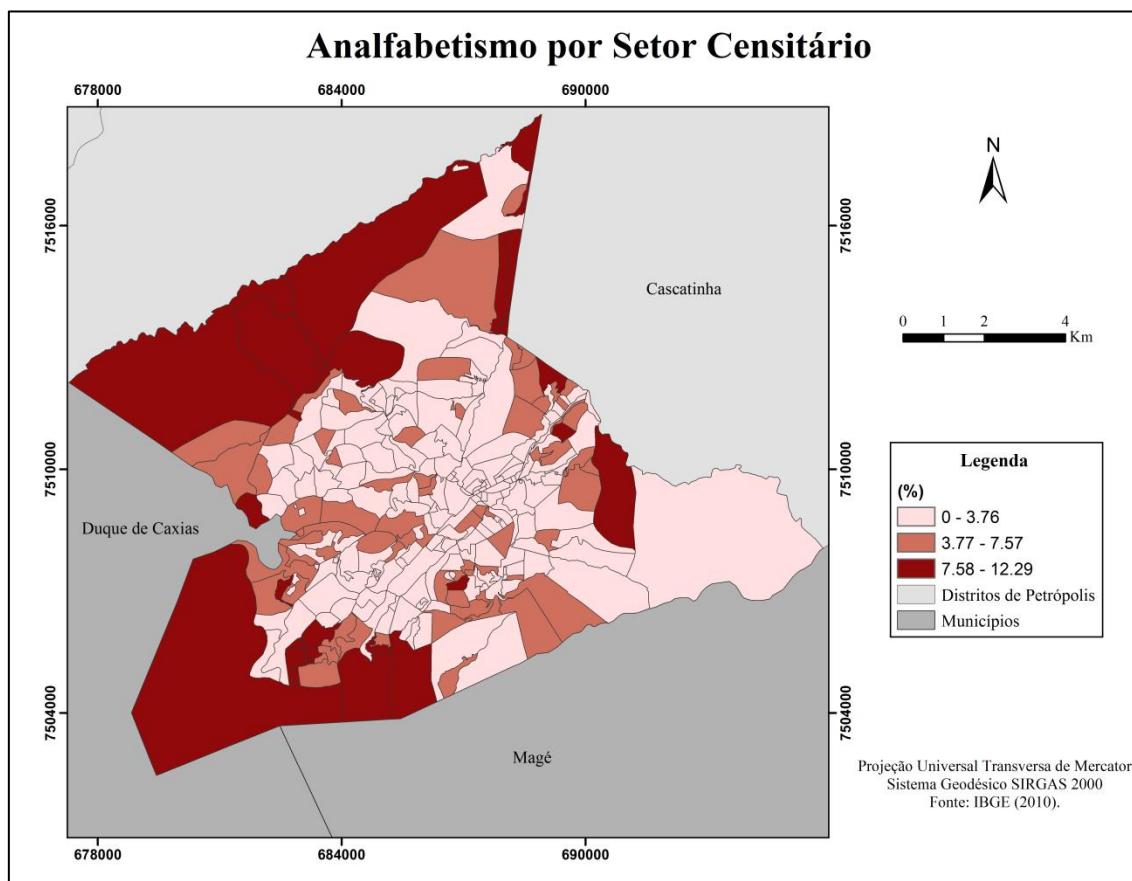


Figura 6.3: Mapa com a porcentagem de pessoas analfabetas nos setores censitários do primeiro distrito de Petrópolis.

Como se pode observar na legenda do mapa, o percentual de analfabetos foi dividido em apenas três classes, pois no mapeamento do índice socioeconômico-estrutural (ISEE), associado à vulnerabilidade social, esta classe será caracterizada como baixo, médio ou alto conforme os intervalos crescentes deste percentual.

6.3 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A densidade demográfica calculada para cada Setor Censitário tem peso elevado neste estudo. Isto porque, quanto mais elevada, maior é o impacto causado no espaço em decorrência das necessidades antrópicas. Densidades elevadas não são bem vistas, principalmente no cenário brasileiro, que não é preparado para acomodar, de forma adequada, grande quantidade de pessoas nos centros das cidades. Sendo assim, no que se refere à ocorrência de eventos naturais, quanto maior for o número de pessoas vivendo em um local, maior será o impacto realizado por estas, visto que construirão residências com estruturas de variadas qualidades; mudanças estruturais serão feitas como pavimentação de ruas, desmatamento, canalização de rios, aterramento, cortes para abrir estradas, presença de veículos e indústrias aumentando a poluição entre outros.

Este elemento de análise relacionado à variável população foi inferido através da razão entre o total da população por metros quadrados (pop/m²). Utilizou-se o metro, como unidade de medida, devido estar trabalhando com a análise por setores censitários e, por estes nem sempre terem áreas extensas.

Observa-se no mapa da figura 6.4 que as maiores densidades são registradas em setores mais próximos ao centro do distrito. O que é motivado pela oferta de emprego, lazer, educação, serviço na área da saúde etc. Nota-se também, que estas elevadas densidades são registradas em setores com pequenas áreas. Logo, com a expansão demográfica e adensamento populacional não conservou o planejamento inicial do município elaborado pelo Major Koeler. As casas se aglomeraram pelas encostas e as construções não seguem muitos dos padrões sustentáveis previstos como o de manter arborizadas as áreas urbanas (TEIXEIRA FILHO, 2011).

Esta variável possui apenas três intervalos de classes em sua legenda para no mapeamento da vulnerabilidade social ser associada à baixa, média ou alta densidade. Destaca-se também, que para este e todos os mapeamentos nesta pesquisa, quando preciso, foi utilizado o classificador *Natural Breaks (Jenks)* no *Software ArcMap 10.1*.

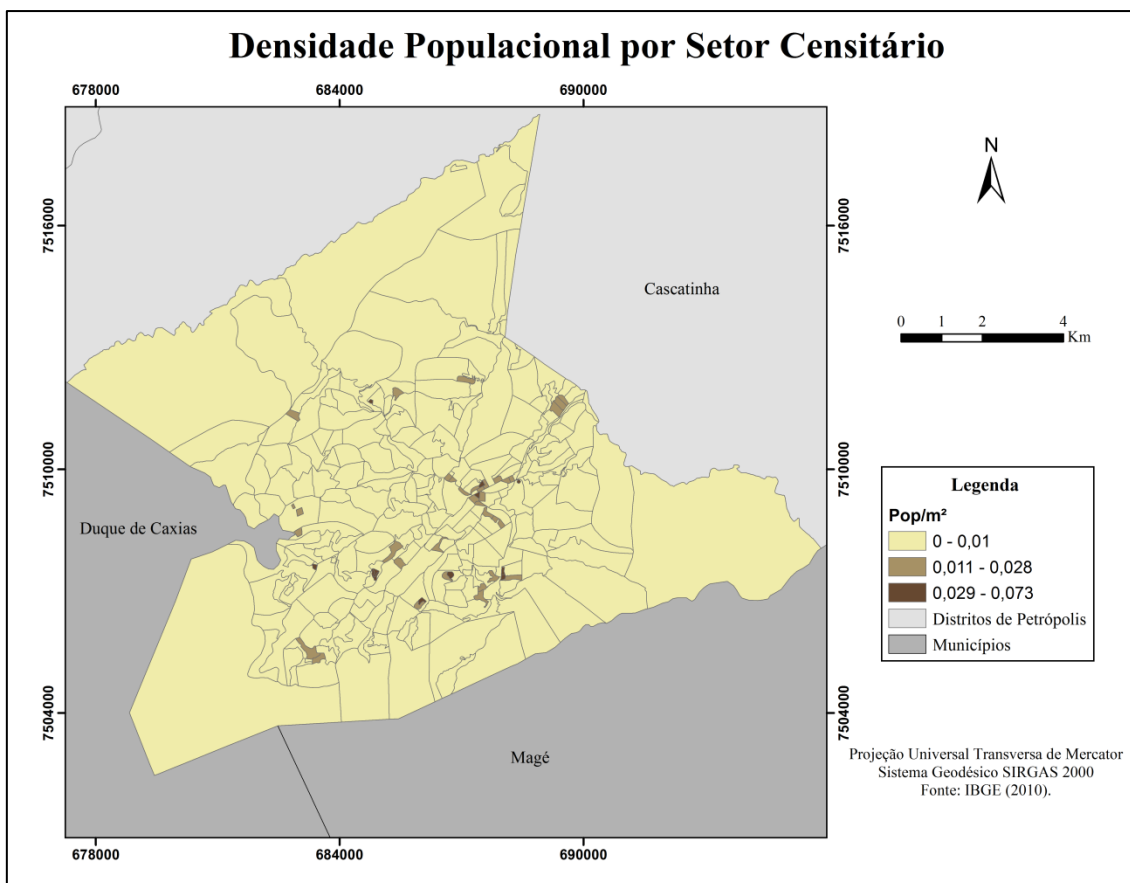


Figura 6.4: Mapa da densidade demográfica dos setores censitários do primeiro distrito de Petrópolis.

6.4 TIPO E DENSIDADE DE DOMICÍLIOS

O tipo de domicílio também é um elemento de análise que possibilita, juntamente com outras informações, compreender aspectos espaciais como a organização, os problemas, o grau de investimento entre outros.

Geralmente, o que se observa são casas melhor alicerçadas pertencendo à pessoas de classe social mais elevada e construções mais simples às pessoas de classe social mais baixa. Em Petrópolis esse cenário não é diferente. Observa-se em áreas de encosta, por exemplo, casas de qualidades diferentes. Esse aspecto também influencia na resposta a um evento natural. Ou seja, embora uma construção seja feita em um local inadequado, como é o caso das áreas de encostas, mas tenha realizado contenções para as possíveis respostas que o meio poderia dar a um evento de chuvas e ventos intensos, a possibilidade dela resistir ao ocorrido será maior do que uma construção

estruturalmente mais simples. Entretanto, não é aconselhado nenhum tipo de construção nestas áreas e sim a conservação da vegetação.

Neste contexto, foi realizado um mapeamento (mapa da figura 6.5) para identificar o tipo de domicílio que predomina em cada setor censitário. Neste, aparecem casas, apartamentos e, casa em vila ou condomínio. As casas são o tipo de domicílio que mais se destacam nos setores censitários do primeiro distrito. A presença de casas em vilas ou condomínios indica, teoricamente, a existência de pelo menos uma mínima organização espacial planejada e casas com melhores qualidades. Entretanto, como foi dito anteriormente, para inferir a real qualidade destas construções e seus impactos no espaço precisa-se ter conhecimento de outros elementos.

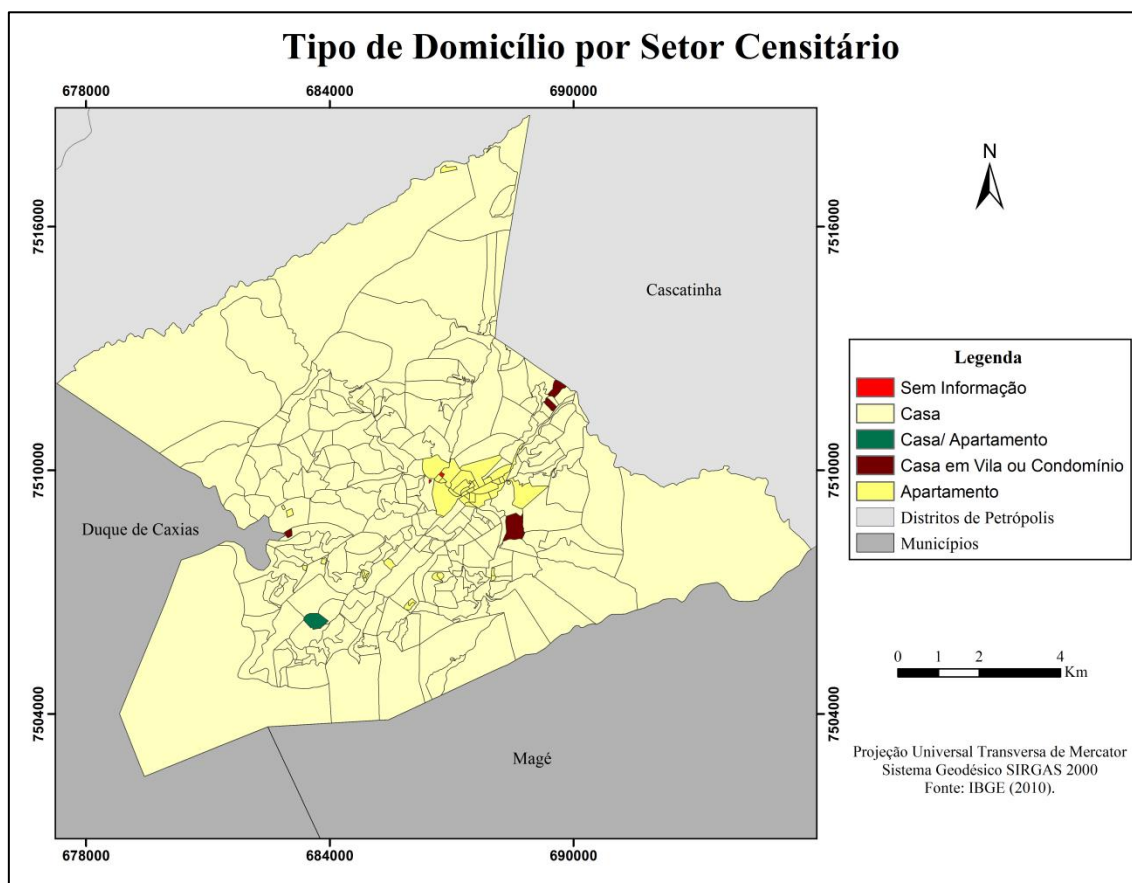


Figura 6.5: Mapa dos tipos de domicílios que predominam em cada setor censitário do primeiro distrito de Petrópolis.

Embora o tipo de domicílio seja um elemento importante na inferência da vulnerabilidade social, não foi possível, através do censo demográfico, inferir a

qualidade dos domicílios. Logo, este mapeamento não foi utilizado na inferência do índice socioeconômico-estrutural.

Por outro lado, outro elemento que vale destacar e que foi utilizado no mapeamento da vulnerabilidade social é a densidade de domicílios particulares permanentes por setor censitário. Nesse sentido, quanto maior o número de domicílios em uma área, maior também será o impacto causado, inclusive, se a implementação destes não for seguida de um adequado planejamento. Vale destacar que quanto mais áreas construídas, menores serão as áreas vegetadas, maiores serão as áreas impermeabilizadas entre outros fatores que contribuem com a ocorrência de desastres naturais. Pelo mapa da figura 6.6 se observa maior adensamento de domicílios nos setores mais próximos ao centro do distrito. Algumas das justificativas para esse cenário são as mesmas mencionadas no tópico anterior sobre densidade populacional.

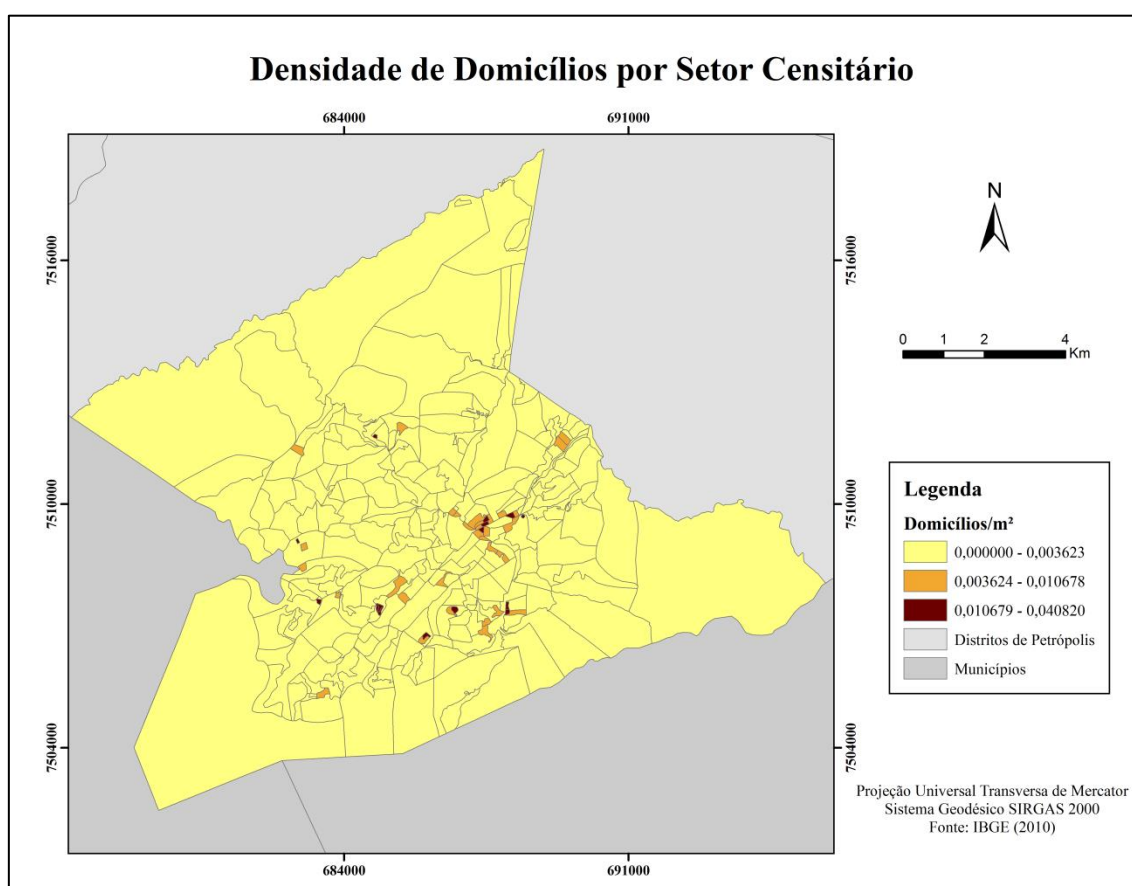


Figura 6.6: Mapa da densidade de domicílios nos setores censitários do primeiro distrito de Petrópolis.

6.5 TIPO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O esgotamento é um dos fatores que corroboram na compreensão da infraestrutura presente no setor censitário e também no perfil social da população. É um dos serviços de saneamento básicos fundamentais para a qualidade de vida como a qualidade ambiental. A presença da rede geral de esgoto ou pluvial possibilita um destino e tratamento adequado do esgoto gerado. Na ausência desta, a fossa séptica é um tratamento primário que minimiza os danos da liberação direta no ambiente. Algumas formas inadequadas do destino do esgoto é a ligação deste em rios, lagos, mar e vala. Primeiro, pela contaminação que ele causa e, segundo, na ocorrência de inundação, a água poluída ao invadir residências pode causar danos à saúde daqueles que tiverem contato com a mesma.

Foi realizado um mapeamento (mapa da figura 6.7) do tipo de esgotamento sanitário que predomina nos setores censitários e, por meio deste observa-se que as zonas periféricas do distrito são as que mais fazem uso da fossa séptica. Nota-se também que em quase todos os setores no distrito predomina destino adequado para o esgoto gerado.

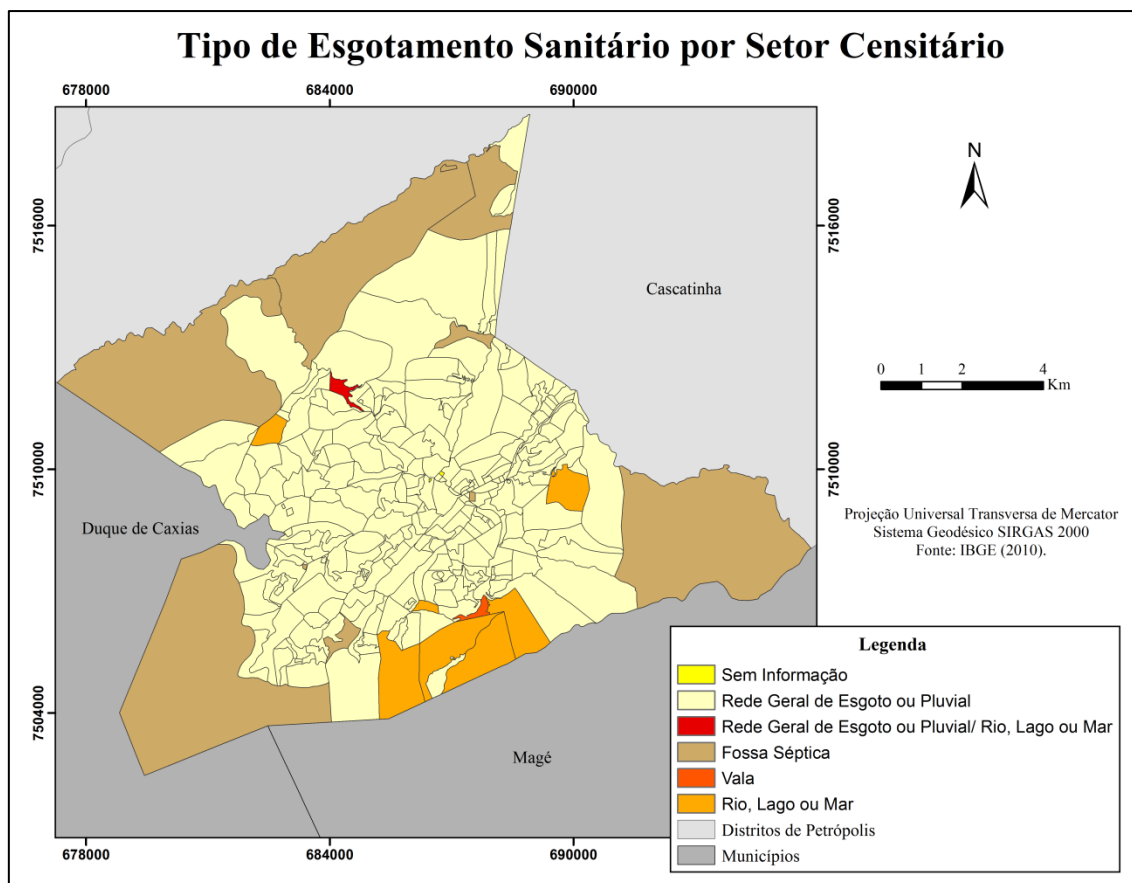


Figura 6.7: Mapa do tipo de esgotamento sanitário predominante nos setores censitários do primeiro distrito de Petrópolis.

6.6 RENDA DA POPULAÇÃO

A última variável escolhida do censo demográfico para ajudar a compor as informações do perfil social e estrutural do primeiro distrito de Petrópolis é a renda da população. Ela está diretamente relacionada com as demais variáveis. Contudo, quanto maior for esta, haverá uma influência positiva no cenário do analfabetismo, pois o indivíduo teria facilidade de ter acesso a uma instituição de ensino independente da localização, de ser pública ou privada e dos diversos gastos que a formação necessitasse; influencia na localização da residência, visto que o valor da localização não seria um impedimento; está relacionada com a qualidade dos serviços de distribuição de água e coleta de esgoto, uma vez que a renda elevada possibilita a ida para locais que ofereçam os serviços indispensáveis para o bem-estar social.

O IBGE considera como rendimento nominal mensal aquele que provem de pessoa com 10 anos ou mais de idade através da soma do rendimento mensal de trabalho como o proveniente de outras fontes (IBGE, 2011).

A renda predominante em cada setor censitário foi espacializada (mapa da figura 6.8) e pôde-se observar que as pessoas sem rendimento são as que mais se destacam nos setores. Outro ponto a ressaltar é que a renda da população petropolitana não é elevada, predominando principalmente pessoas sem rendimento; rendimentos entre meio e um salário mínimo e entre um e dois salários mínimos. Segundo Gonçalves (1998), entre 1960 e 1980 houve as mais elevadas taxas de crescimento populacional e foi um momento em que ocorreu grande crise que afetou as indústrias locais, provocando falência e/ou a transferência de muitas indústrias para outras regiões do país, acarretando no empobrecimento da população.

O predomínio dos maiores rendimentos encontra-se, principalmente nas proximidades da área central do distrito.

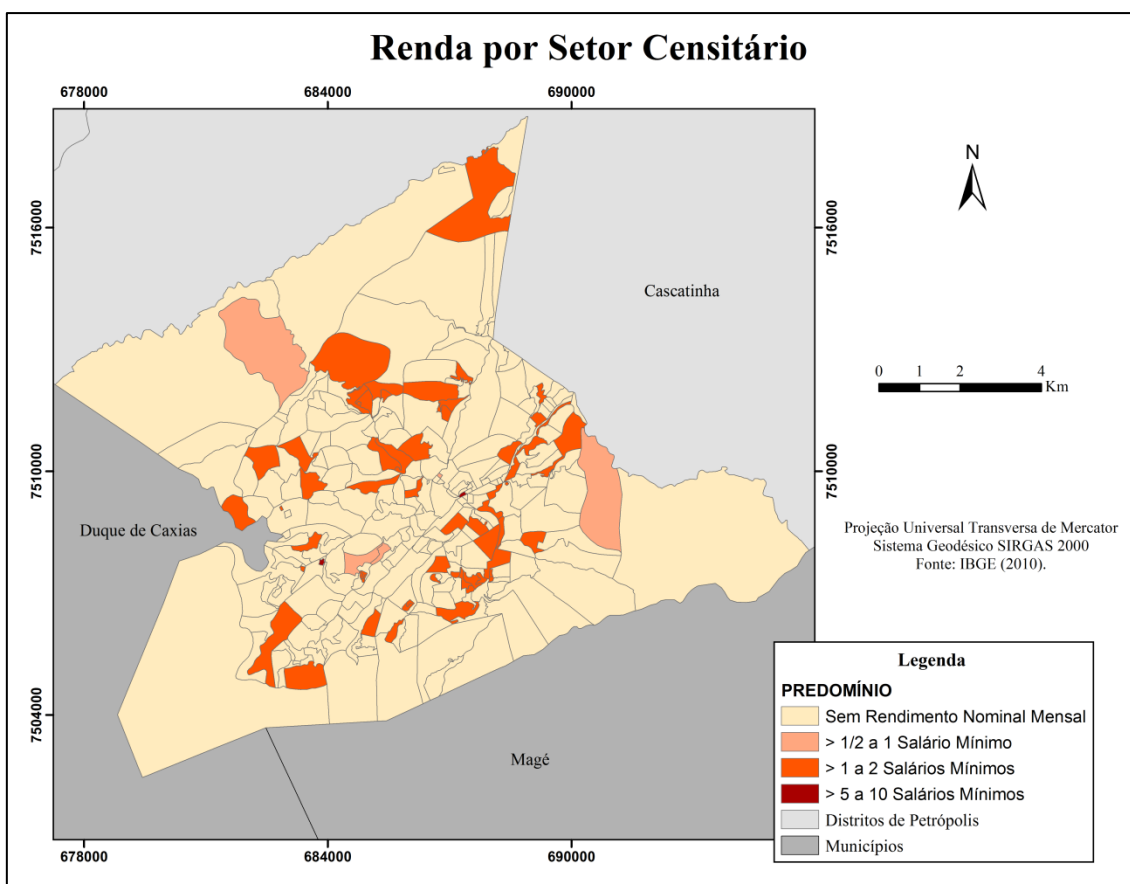


Figura 6.8: Mapa da renda predominante da população por setor censitário no primeiro distrito de Petrópolis.

6.7 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIAL DA POPULAÇÃO DO PRIMEIRO DISTRITO DE PETRÓPOLIS CONTRAPONDO COM AS OCORRÊNCIAS DE DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES

A vulnerabilidade social frente aos eventos naturais tem se elevado em todo país em virtude da expansão populacional e das alterações que esta provoca no espaço, muitas vezes sem prever suas consequências. No primeiro distrito de Petrópolis essa característica foi analisada através do mapeamento do Índice Socioeconômico-Estrutural (ISEE), que foi elaborado com auxílio do geoprocessamento, onde se integrou os mapeamentos realizados a partir das variáveis do censo demográfico do IBGE (renda, densidade demográfica, densidade de domicílios, esgotamento, distribuição de água e analfabetismo). Este índice ajuda a inferir quais são as áreas que apresentam população mais vulnerável na ocorrência de desastres naturais de deslizamentos e inundações com base na análise do perfil da população e da direta e indireta ação desta no meio.

Antes da junção dos mapeamentos foi necessário converter todos os mapas para formato matricial. A partir de então, pôde-se utilizar a ferramenta *Combine* do *Software ArcMap 10.1*. Esta ferramenta faz a combinação de cada classe da legenda dos mapeamentos utilizados e gera um novo arquivo com as combinações para cada célula da matriz.

Após a combinação dos mapeamentos, o novo produto gerado apresentou 52 arranjos cujos valores passaram por um cálculo de média aritmética ponderada para, a partir desse resultado, poder enquadrá-los nas legendas baixo, médio ou alto ISEE. Os elementos densidade populacional, densidade de domicílios e renda receberam peso 2 devido ao impacto direto que provocam, quanto mais elevado forem seus valores. Mais detalhes sobre a distribuição de pesos podem ser observados no quadro 6.1.

Quadro 6.1: Pesos de cada variável e suas justificativas.

| VARIÁVEL | PESO | JUSTIFICATIVA |
|-------------------------|------|---|
| Densidade de domicílios | 2 | Provoca significativo impacto no espaço. |
| Esgotamento | 1 | Sua contribuição é indireta. Foi utilizada para observar a infraestrutura do setor censitário. |
| Distribuição de água | 1 | Sua contribuição é indireta. Foi utilizada para observar a infraestrutura do setor censitário. |
| Analfabetismo | 1 | O mapeamento mostrou que esta variável, diante das demais variáveis, no contexto do primeiro distrito, teve um menor impacto no cenário dos desastres naturais. |
| Densidade populacional | 2 | Quanto mais elevada, maior o impacto no espaço. |
| Renda | 2 | Está relacionada com todas as outras variáveis. Quanto mais elevada, melhor é a realidade social e estrutural encontrada. |

Contanto, após distribuição dos pesos foi realizado o cálculo da média ponderada, conforme é ilustrado na figura 6.9.

| | | |
|---|---|------|
| Densidade de domicílios (2) + Esgotamento + Distribuição de água + Analfabetismo + Densidade populacional (2) + Renda (2) | = | ISEE |
| 9 | | |

Figura 6.9: Cálculo do Índice Socioeconômico-Estrutural.

A legenda do mapa síntese (mapa da figura 6.10) possui os intervalos:

- De 1,67 a 2,11 (classificado como baixo);
- Entre 2,12 e 2,33 (classificado como médio) e;
- Entre 2,34 e 2,78 (classificado como alto).

O que significa que no intervalo baixo se encontra as piores combinações de variáveis; no médio há combinações equilibradas e no alto há excelentes combinações, refletindo em um espaço com boa qualidade social e estrutural quanto maior for o valor.

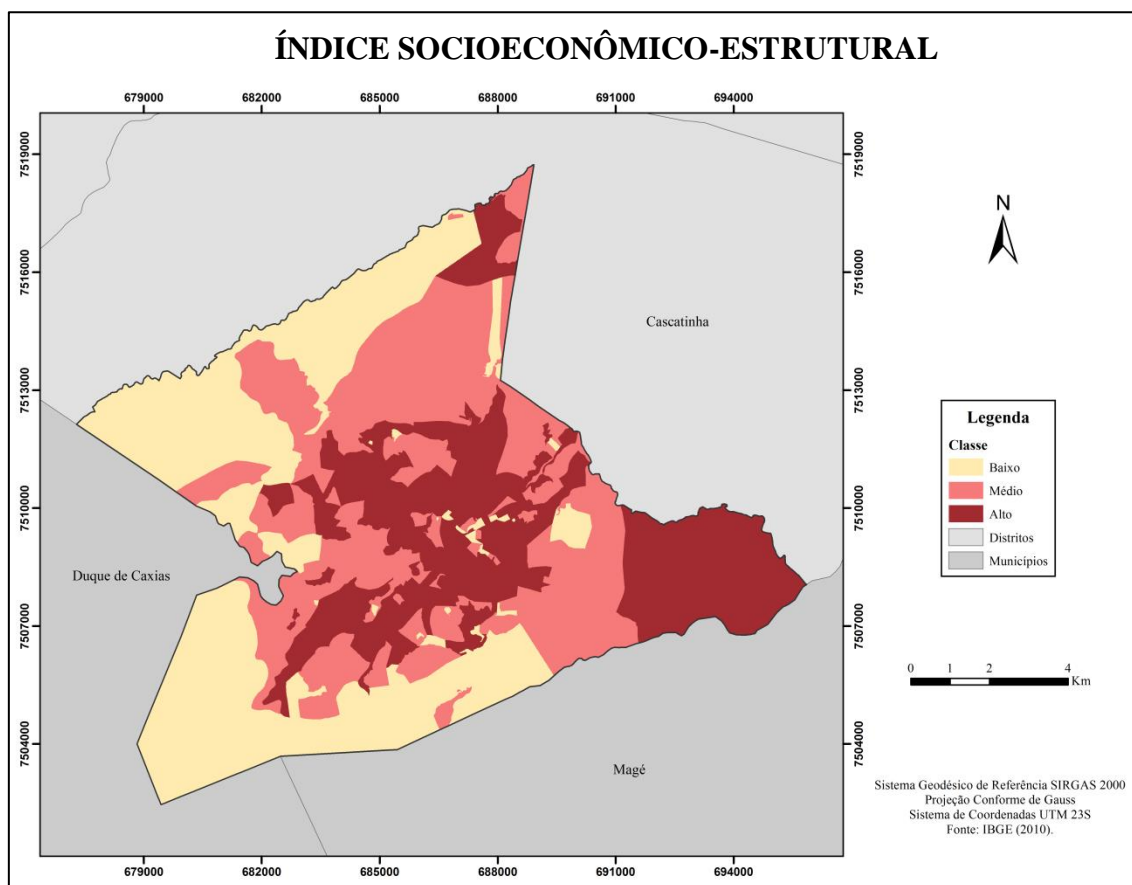


Figura 6.10: Mapa do Índice Socioeconômico-Estrutural no primeiro distrito de Petrópolis.

O mapa apresenta uma distribuição heterogênea das classes. A maior parte dos setores censitários do centro do distrito apresenta ISEE alto e médio. Em termos numéricos a área de baixo ISEE é de aproximadamente 47,80 km², a de médio ISEE possui pouco mais de 46,98 km² e o alto ISEE abrange uma área entorno de 38,51 km². O percentual da área ocupada por cada classe, apresentado no gráfico da figura 6.11, indica que o baixo ISEE ocupa uma maior área, seguido do médio e do alto respectivamente.

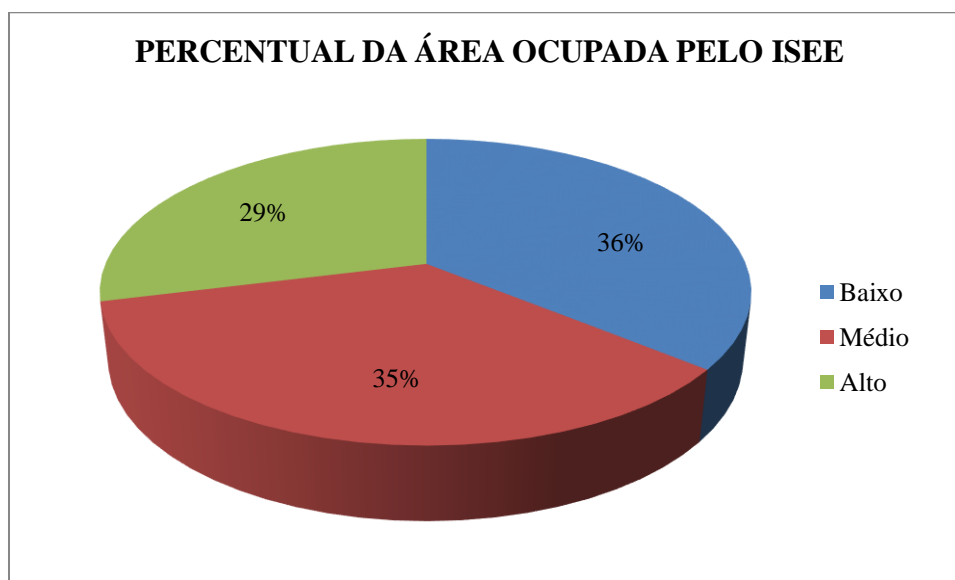


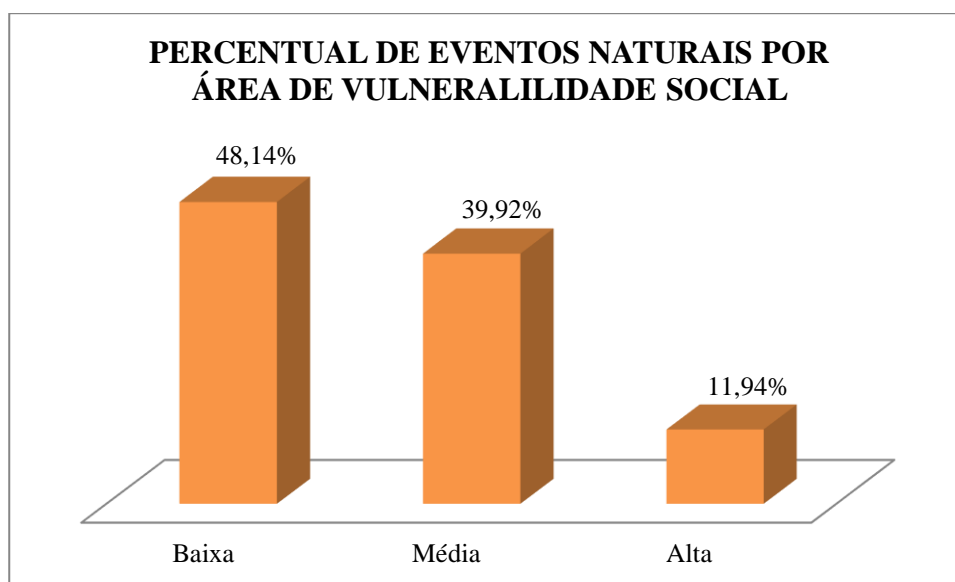
Figura 6.11: Gráfico com o percentual da área ocupada pelo ISEE.

Visto que a vulnerabilidade social é o oposto do ISEE, a tabela 6.1 indica que a maior porção espacial do primeiro distrito de Petrópolis possui alta vulnerabilidade social, seguido da média e da baixa respectivamente. A tabela também apresenta que na área de baixa vulnerabilidade social possui a maior concentração de eventos naturais e na área com alta vulnerabilidade social possui a menor quantidade de ocorrências. É necessária uma investigação mais aprofundada dessas áreas para observar o quanto a população da área de baixa vulnerabilidade social foi impactada com todos esses eventos, isto porque este índice infere a capacidade de resposta da população ao desastre. Sendo assim, juga-se que na área classificada como baixa vulnerabilidade social apresente pessoas que possuem mais recursos para se proteger e se recuperar dos desastres naturais. Logo, como a população classificada como menos vulnerável foi a que mais passou por situações de deslizamentos e inundações uma pesquisa posterior sobre essa área poderá fornecer maior consistência para o mapeamento da vulnerabilidade social.

Tabela 6.1: Eventos naturais distribuídos por área de vulnerabilidade social.

| CLASSES DE VULNERABILIDADE SOCIAL | ÁREA (km²) | EVENTOS NATURAIS |
|--|------------------------------|-------------------------|
| Baixa | 38,51 | 633 |
| Média | 46,98 | 525 |
| Alta | 47,80 | 157 |

O gráfico da figura 6.12 mostra o percentual de eventos naturais por classe de vulnerabilidade social. Como já foi destacado anteriormente, as áreas com maiores ocorrências de eventos naturais são as classificadas como menos vulneráveis. Sendo assim, pouco mais de 48% dos eventos ocorreram em áreas que fazem parte desta classe. Com quase 40%, a área mapeada como média vulnerabilidade social ocupa a segunda colocação em números de eventos e, por último, com quase 12% dos eventos está a classe de alta vulnerabilidade social.

**Figura 6.12: Gráfico do percentual de eventos naturais por área de vulnerabilidade social.**

Para uma análise mais detalhada dos tipos de eventos por áreas de diferentes vulnerabilidades sociais, as tabelas 6.2 e 6.3 e os gráficos das figuras 6.13 e 6.14 apresentam estes eventos separados em deslizamentos e inundações.

As ocorrências de deslizamentos estão em maior número nas áreas de baixa vulnerabilidade social, em segundo lugar, está a área de média vulnerabilidade social e,

por último, a área de alta vulnerabilidade social. Embora seja um “bom resultado”, chama a atenção o fato de que mesmo possuindo as menores áreas as classes com menores vulnerabilidades sociais aparecem com maiores registros de eventos.

Tabela 6.2: Deslizamentos nas áreas de vulnerabilidade social.

| CLASSES DE VULNERABILIDADE SOCIAL | ÁREA (km ²) | DESLIZAMENTOS |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------|
| Baixa | 38,51 | 550 |
| Média | 46,98 | 481 |
| Alta | 47,80 | 139 |

Como pode ser observado no gráfico da figura 6.13, há uma diferença de aproximadamente 6% no percentual de deslizamentos ocorridos na área da classe média vulnerabilidade social para a área da classe baixa vulnerabilidade social. E a classe alta vulnerabilidade social apresenta menos de 12% de todas as ocorrências de deslizamentos no primeiro distrito.

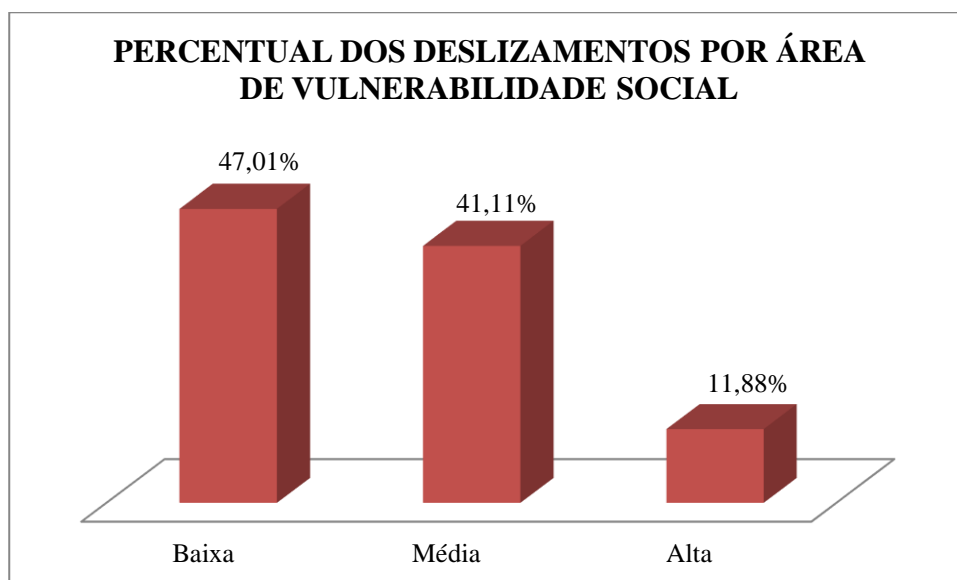


Figura 6.13: Gráfico do percentual dos deslizamentos por área de vulnerabilidade social.

A mesma dinâmica é observada na tabela 6.3 para as ocorrências de inundação, visto que, as classes de vulnerabilidade social, no contexto do primeiro distrito de

Petrópolis, são inversamente proporcionais aos eventos de inundação. Ou seja, nas áreas de baixa vulnerabilidade social há mais ocorrências de inundação e nas áreas de alta vulnerabilidade social há poucos registros.

Tabela 6.3: Eventos de inundação por classe de vulnerabilidade social.

| CLASSES DE VULNERABILIDADE SOCIAL | ÁREA (km²) | INUNDAÇÕES |
|--|------------------------------|-------------------|
| Baixa | 38,51 | 83 |
| Média | 46,98 | 44 |
| Alta | 47,80 | 18 |

No gráfico da figura 6.14 nota-se que nas áreas de baixa vulnerabilidade social se concentram quase 60% dos eventos de inundação. Nas áreas de média vulnerabilidade social registrou-se pouco mais de 30% das ocorrências e nas áreas de alta vulnerabilidade social não chegaram a 13% dos eventos registrados no primeiro distrito.

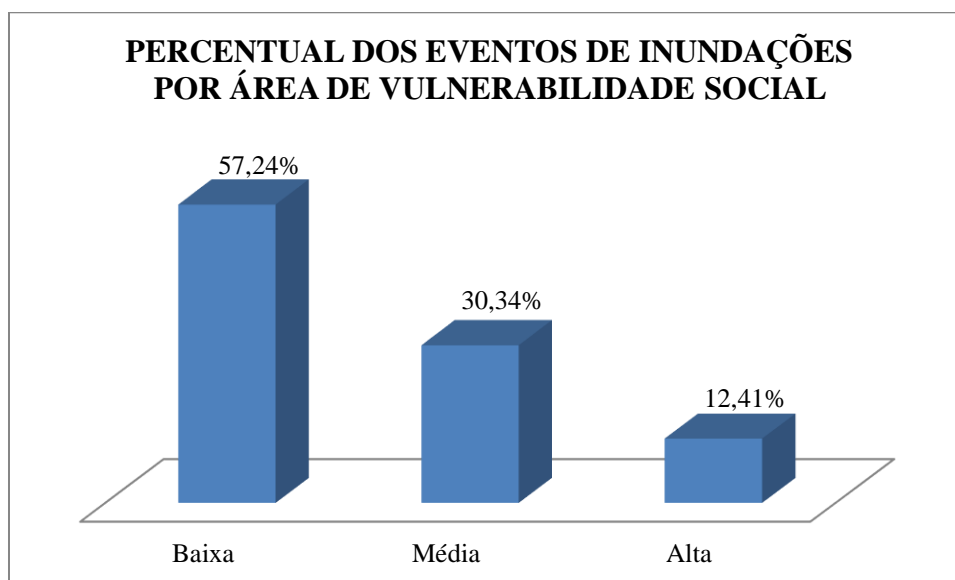


Figura 6.14: Gráfico do percentual de eventos de inundação por área de vulnerabilidade social.

Já que mencionar o mapeamento do índice socioeconômico-estrutural é abordar a vulnerabilidade social de forma oposta, para evitar a redundância serão traçados alguns apontamentos sobre o mapa da figura 6.15 e anexo 2. O primeiro deles é sobre a concentração de cada classe. É notória a concentração da baixa vulnerabilidade social no centro do distrito, a alta vulnerabilidade social nas partes periféricas do distrito e a média entre estas duas localizações. Inclusive, é na porção central onde foram registradas as mais elevadas rendas, contribuindo positivamente com a baixa e média vulnerabilidade social.

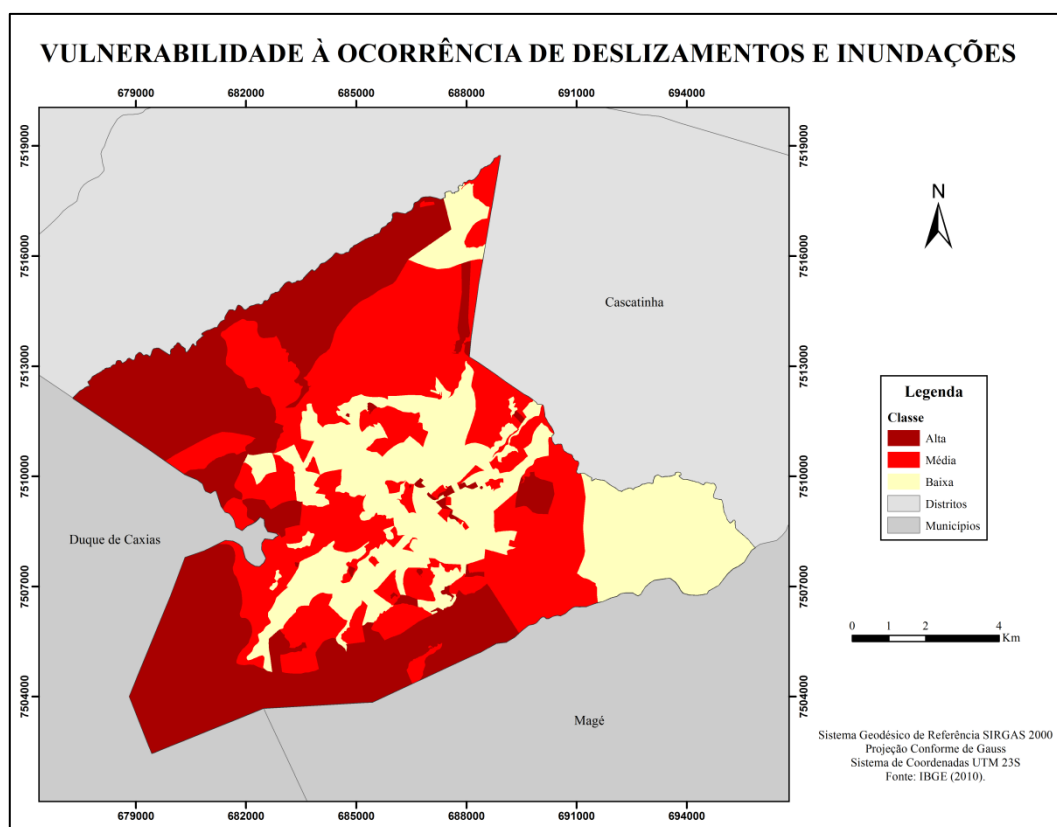


Figura 6.15: Mapa da vulnerabilidade social no primeiro distrito de Petrópolis.

Um segundo ponto a se destacar é que os setores censitários com altas vulnerabilidades sociais no centro do distrito possuem, em sua maioria, médias e altas densidades demográfica e de domicílio.

O mapeamento correspondeu positivamente às características da população do primeiro distrito. Isto porque este índice tem como propósito indicar onde as pessoas, em caso de ocorrência de eventos naturais, seriam menos afetadas ou conseguiriam se reestruturar mais rápido. E pensando que quanto mais próximo ao centro do distrito

melhor é o poder de resposta a um desastre, por ser uma área mais assistida pelos representantes públicos, as pessoas que vivem nestas áreas tendem a sofrer menos com os impactos do que as que moram mais afastadas do centro. Ou seja, por mais que ocorressem deslizamentos e inundações a assistência aos moradores da parte central seria mais imediata que aos da parte mais periférica ao distrito.

No quadro 6.2, estão detalhadas as características de cada variável utilizada na composição do mapa de vulnerabilidade social. Na coluna combine está a classificação que os elementos da legenda dos mapas receberam. Os valores variam de zero a três. Os que receberam valor zero foram os sem informação. Os valores de um a três são, respectivamente, resultados ruins, medianos e bons.

Já na coluna peso estão os pesos que cada variável recebeu. As variáveis densidade demográfica, densidade de domicílio e renda, como já foi dito, receberam peso dois, pois joga-se que dentre as seis variáveis utilizadas são as que causam maior impacto ao ambiente.

Por sua vez, a coluna código apresenta os códigos de cada variável quando utilizadas diretamente. Pois em alguns casos, para extração de alguns elementos de análise foram utilizados cálculos, como ocorreu para inferir as densidades.

Por fim, na coluna descrição da variável apresenta a descrição completa de cada elemento da legenda do mapa.

Quadro 6.2: Característica dos elementos e variáveis utilizados para os mapeamentos.

| Variáveis do IBGE | Combine | Peso | Código | Descrição da Variável |
|-------------------------|-----------|---|---------------|--|
| Renda | 1 | Peso 2 | v010 | Pessoas de 10 anos ou mais de idade sem rendimento nominal mensal |
| | 3 | | v006 | Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários mínimos |
| | 2 | | v002 | Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de ½ a 1 salário mínimo |
| | | | v003 | Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos |
| Esgotamento | 3 | Peso 1 | v017 | Via Rede Geral de Esgoto ou Pluvial |
| | 0 | | v018 | Via fossa Séptica |
| | | | SEM INFORMA O | SEM INFORMA O |
| | | | 1 | v020 |
| | 2 | | v021 | Via Rio, Lago ou Mar |
| | v017/v021 | Via Rede Geral de Esgoto ou Pluvial/ Via Rio, Lago ou Mar | | |
| Analfabetismo | 3 | Peso 1 | | Baixo |
| | 2 | | | Médio |
| | 1 | | | Alto |
| Densidade Demográfica | 2 | Peso 2 | | Média |
| | 3 | | | Baixa |
| | 1 | | | Alta |
|  gua | 3 | Peso 1 | v012 | Abastecimento de água da Rede Geral |
| | 0 | | SEM INFORMA O | SEM INFORMA O |
| | 2 | | v015 | Outra Forma de Abastecimento de água |
| | 1 | | v013 | Abastecimento de água de Poço ou Nascente na Propriedade |
| | 2 | | v012/v013 | Abastecimento de água da Rede Geral/ Abastecimento de água de Poço ou Nascente na Propriedade |
| v012/v015 | | Abastecimento de água da Rede Geral/ Outra Forma de Abastecimento de  gua | | |
| Densidade de Domicílios | 1 | Peso 2 | | Alta |
| | 2 | | | Média |
| | 3 | | | Baixa |

6.7.1 VULNERABILIDADE SOCIAL NA ÁREA DA PLANTA KOELER

Neste tópico serão analisados os resultados da vulnerabilidade social, entretanto, em uma escala geográfica menor. As mesmas análises do tópico anterior serão reproduzidas para a área da Planta Koeler para inferir o quanto, atualmente, a popula o

desta área está vulnerável à ocorrência de eventos naturais de deslizamentos e inundações.

Como pode ser observado no gráfico da figura 6.16, na área da Planta Koeler a alta vulnerabilidade social ocupa uma área muito pequena, esta não chega a 5% de toda a área da Planta. Por outro lado, a área de baixa vulnerabilidade social ocupa quase 74% da área da Planta.

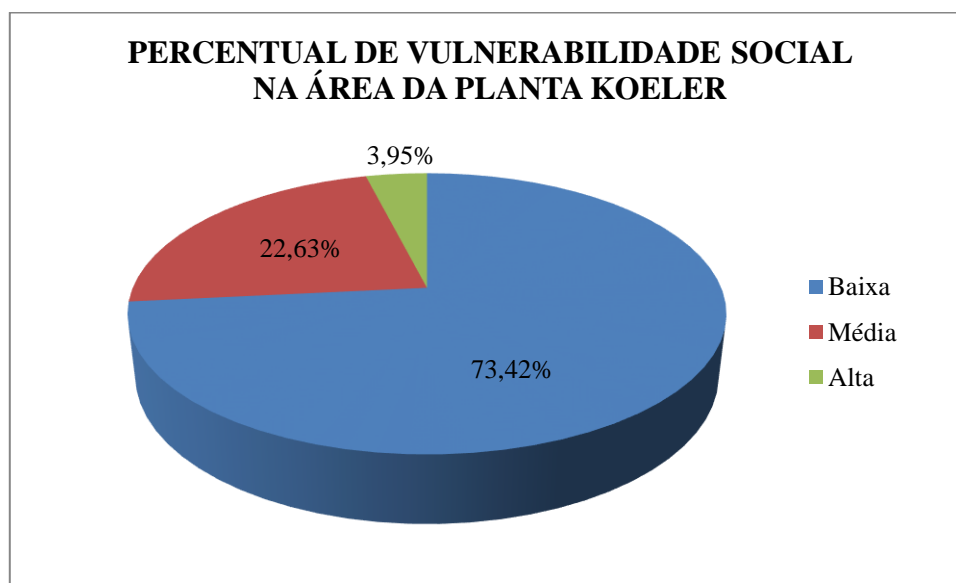


Figura 6.16: Gráfico com o percentual da vulnerabilidade social na área da Planta Koeler.

Se observa na tabela 6.4 e no gráfico da figura 6.17 que é na área de baixa vulnerabilidade social que ocorreu o maior número de eventos e é nesta mesma área onde as pessoas conseguem se reestabelecer mais rápido após a ocorrência de algum evento. Pois, como foi colocado no tópico anterior, é uma área de interesse do poder público.

Tabela 6.4: Eventos naturais por área de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler.

| CLASSES DE VULNERABILIDADE SOCIAL | ÁREA (km²) | EVENTOS NATURAIS |
|--|------------------------------|-------------------------|
| Baixa | 11,03 | 367 |
| Média | 3,40 | 93 |
| Alta | 0,59 | 18 |

De todos os eventos, aproximadamente 77% ocorreram na área de baixa vulnerabilidade, cerca de 19,5% na de média e menos de 4% na área de alta vulnerabilidade.

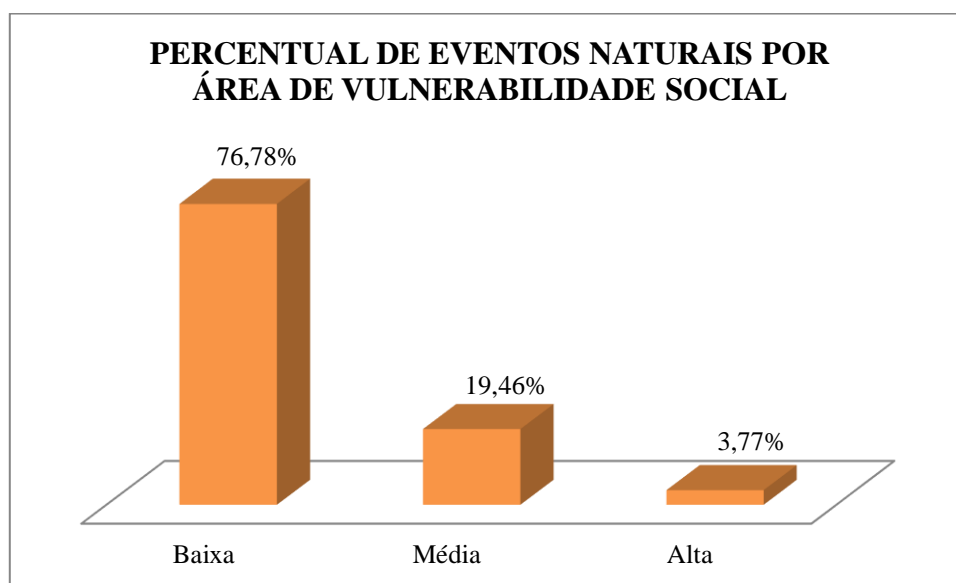
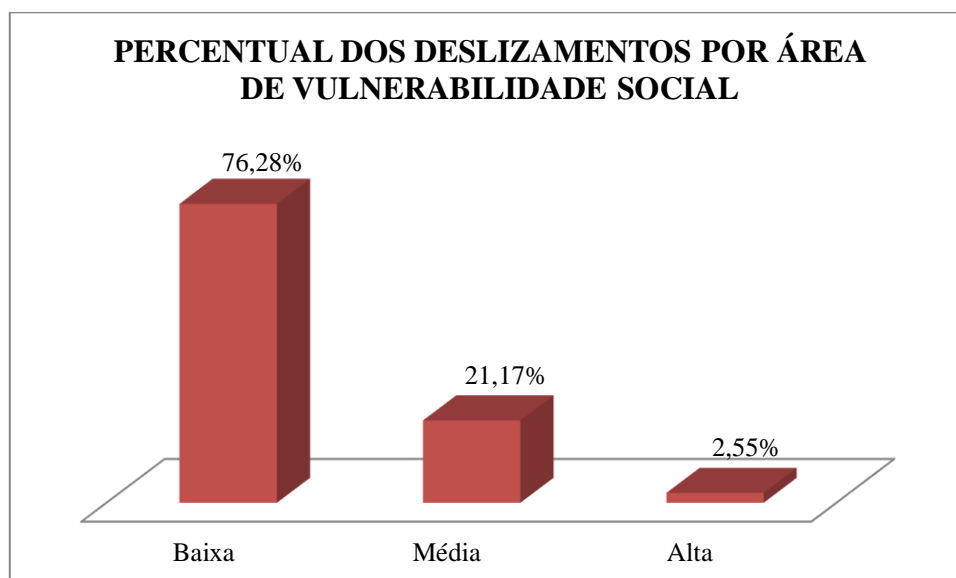


Figura 6.17: Gráfico com o percentual de eventos naturais por área de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler.

No que diz respeito aos eventos de deslizamentos, nota-se na tabela 6.5 e gráfico da figura 6.18 que permanecem inversamente proporcionais à classe de vulnerabilidade social. Logo, na baixa vulnerabilidade social há um maior número de ocorrências e na alta vulnerabilidade social um menor número de ocorrências.

Tabela 6.5: Deslizamentos por classe de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler.

| CLASSES DE VULNERABILIDADE SOCIAL | ÁREA (km ²) | DESLIZAMENTOS |
|---|-------------------------|---------------|
| Baixa | 11,03 | 299 |
| Média | 3,40 | 83 |
| Alta | 0,59 | 10 |

**Figura 6.18: Gráfico com o percentual de deslizamentos por classe de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler.**

Por sua vez, mas não diferente dos resultados anteriores, as ocorrências de inundação também se concentraram nas áreas de baixa vulnerabilidade social, como pode ser observado na tabela 6.6 e no gráfico da figura 6.19.

Tabela 6.6: Inundações por classe de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler.

| CLASSES DE VULNERABILIDADE SOCIAL | ÁREA (km ²) | INUNDAÇÕES |
|---|-------------------------|------------|
| Baixa | 11,03 | 67 |
| Média | 3,40 | 9 |
| Alta | 0,59 | 8 |

Do total de registros de inundações na área da Planta Koeler, quase 80% ocorreram na área de baixa vulnerabilidade social, cerca de 11% na área de média vulnerabilidade social e pouco mais de 9,5% na área de alta vulnerabilidade social.

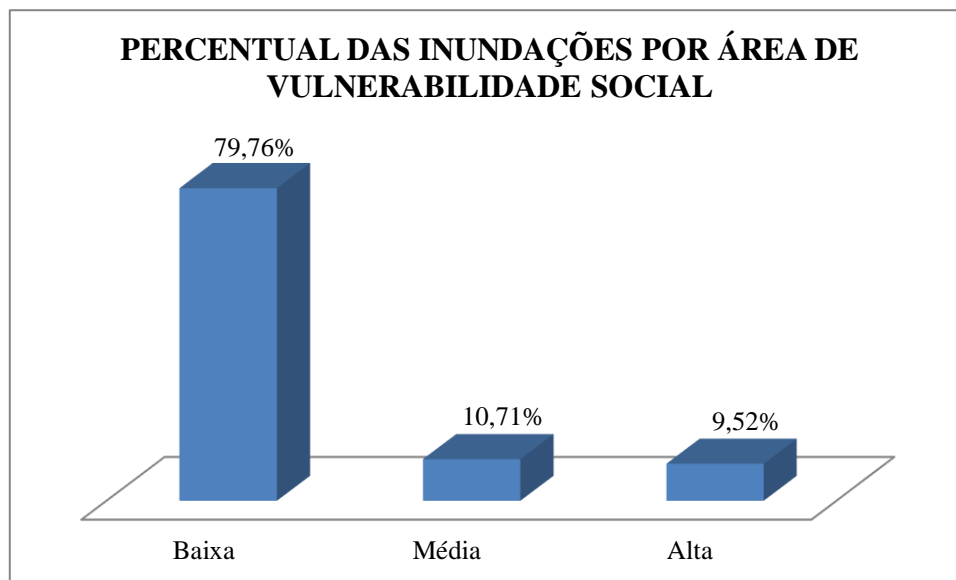


Figura 6.19: Gráfico com o percentual de inundações por classe de vulnerabilidade social na área da Planta Koeler.

CAPÍTULO 7 – AVALIAÇÃO INTEGRATIVA DAS VARIÁVEIS GEOECOLÓGICAS

7 INTRODUÇÃO

Neste último capítulo é feita uma análise integrada das variáveis geológicas, geobiofísicas e socioeconômico-estruturais que foram discutidas nos dois capítulos anteriores buscando apresentar as áreas, no primeiro distrito de Petrópolis, que possuem maior risco de serem cenário de desastres naturais referentes a deslizamentos e inundações. Dessa forma, pensa-se o risco como a probabilidade de ocorrerem processos no espaço, sem uma temporalidade pré-estabelecida, motivados por elementos de ordem natural e/ou relacionado ao trabalho e as relações antrópicas.

Neste contexto, para a avaliação geológica proposta neste capítulo, integrou-se a suscetibilidade geobiofísica à vulnerabilidade social tendo como resultado dessa expressão, o risco que as pessoas que vivem na área de estudo estão sujeitas, conforme é ilustrado na figura 7.1. Para validação inicial desse modelo de representação do risco foram sobrepostas as ocorrências de deslizamentos e inundações tanto para a área do distrito como para a área da Planta Koeler. Por fim, foram selecionados quatro setores censitários para analisar cada variável geológica e o total de eventos que ocorreram nesses setores.

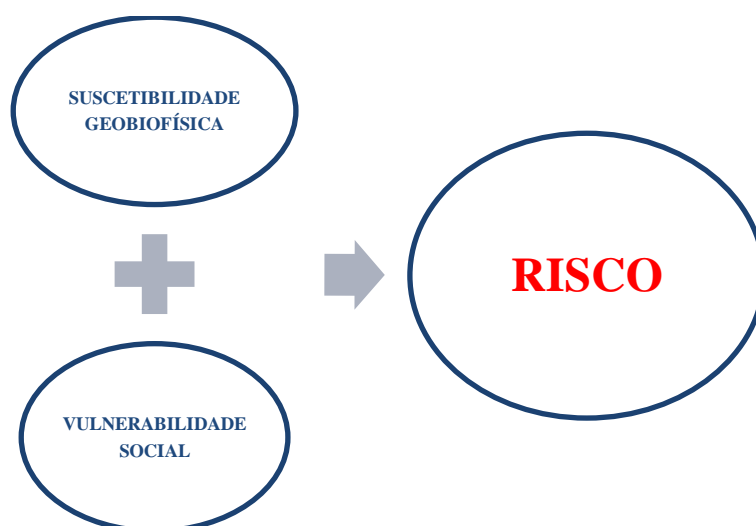


Figura 7.1: Ilustração da formação do risco.

Sendo assim, o mapeamento do risco foi realizado com auxílio da ferramenta *Combine* do *Software ArcMap 10.1*. Os dados de entrada foram os mapas de vulnerabilidade social e suscetibilidade geobiofísica em formato *Raster*. Após a combinação das cinco classes de suscetibilidade geobiofísica (alto potencial de inundação, médio potencial de inundação, baixo potencial de inundação e erosivo, alto potencial erosivo e médio potencial erosivo) mais a legenda água, que este mapeamento possui, com as três classes de vulnerabilidade social (baixa, média e alta) geraram dezesseis novos rearranjos. Um destes, cuja classe de baixa vulnerabilidade social foi combinada com o elemento água, presente no mapeamento de suscetibilidade geobiofísica, não foi considerado na análise do risco, pois são áreas onde não irão ocorrer os desastres naturais em questão nesta pesquisa. Sendo assim, esta combinação conservou a legenda utilizada no mapa de suscetibilidade geobiofísica no mapeamento final. No quadro 7.1 está detalhada a chave de classificação do risco.

Quadro 7.1: Chave de classificação do risco.

| SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA | VULNERABILIDADE SOCIAL | RISCO | JUSTIFICATIVA |
|--|------------------------|-------|---|
| Água | Baixa | Água | Não há possibilidade de ocorrerem eventos de deslizamento e inundação. Repetiu-se a legenda da suscetibilidade geobiofísica |
| Alto Potencial de Inundação | Alta | Alto | Elevada suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social |
| Médio Potencial Erosivo | | | Significativa suscetibilidade geobiofísica e elevada vulnerabilidade social |
| Alto Potencial Erosivo | | | Elevada suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social |
| Alto Potencial de Inundação | Média | | Elevada suscetibilidade geobiofísica e significativa vulnerabilidade social |
| Alto Potencial Erosivo | | | Significativa suscetibilidade geobiofísica e elevada vulnerabilidade social |
| Médio Potencial de Inundação | Alta | | Significativa suscetibilidade geobiofísica e elevada vulnerabilidade social |
| Baixo Potencial de Inundação e Erosivo | Baixa | Baixo | Baixa suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social |
| Médio Potencial Erosivo | | | Embora tenha significativa suscetibilidade geobiofísica, |

| | | | |
|--|-------|-------|--|
| | | | a população tem condição de corresponder positivamente ao possível evento que possa vir a ocorrer. |
| Baixo Potencial de Inundação e Erosivo | Média | | Baixa suscetibilidade geobiofísica e significativa possibilidade de corresponder positivamente ao possível evento que possa vir a ocorrer. |
| Médio Potencial de Inundação | Baixa | | Embora tenha significativa suscetibilidade geobiofísica, a população tem condição de corresponder positivamente ao possível evento que possa vir a ocorrer. |
| Alto Potencial de Inundação | Baixa | | Embora a suscetibilidade geobiofísica seja elevada, a população tem condição de corresponder positivamente ao possível evento que possa vir a ocorrer. Proporcionando um equilíbrio. |
| Alto Potencial Erosivo | | | |
| Baixo Potencial de Inundação e Erosivo | Alta | Médio | Embora baixa suscetibilidade geobiofísica, a vulnerabilidade social é alta. Logo, a capacidade de resposta a um evento pela população é muito fraca. |
| Médio Potencial de Inundação | Média | | A possibilidade de ocorrer de um evento e a resposta a ele são intermediárias. Logo, o risco também foi caracterizado como intermediário. |
| Médio Potencial Erosivo | | | |

O resultado da combinação entre suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social foi espacializado no mapa geocológico de risco de deslizamentos e inundações (mapa da figura 7.2 e anexo 3). Neste observa-se uma heterogeneidade de risco em todo o primeiro distrito. Sendo assim, são poucas partes do distrito que apresentam “extensas” áreas com apenas uma classe de risco. Alguns exemplos de classes que se concentram em uma porção espacial maior no distrito são as classes baixo risco, a Sudeste e; alto risco, a Noroeste, Sudoeste e Norte. Por sua vez, a classe referente ao

médio risco concentra-se em menores áreas, entretanto, é bem distribuída por todo o distrito.

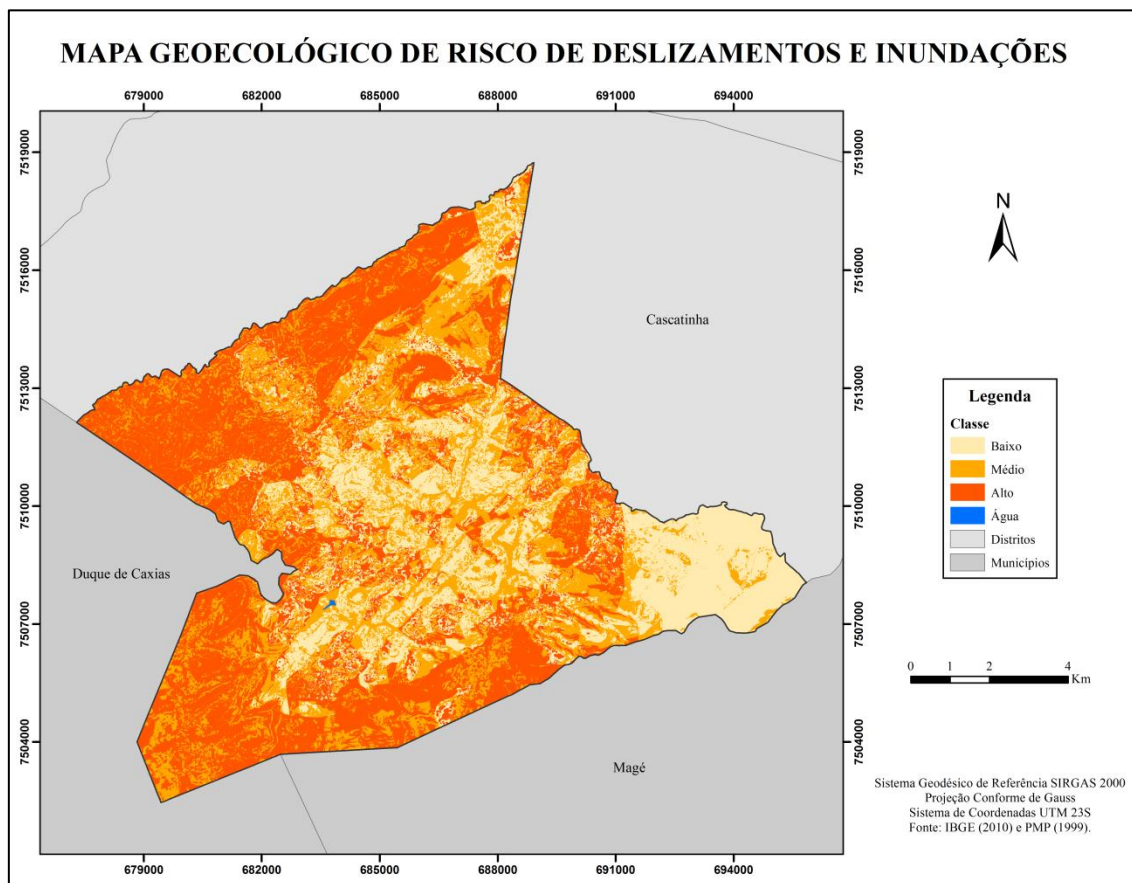


Figura 7.2: Mapa de risco de deslizamentos e inundações para o primeiro distrito de Petrópolis.

A maior extensão espacial corresponde à classe de alto risco com 56,58 km², ou seja, cerca de 42,48% de todo o primeiro distrito, como pode ser observado no gráfico da figura 7.3. Seguido dela está a classe de médio risco, que corresponde a pouco mais de 32% do distrito e, por último, a classe de baixo risco correspondendo cerca de 25,5% do distrito. Com isso, as áreas mais preocupantes (classes médio e alto risco) correspondem a mais de 70% do primeiro distrito de Petrópolis.

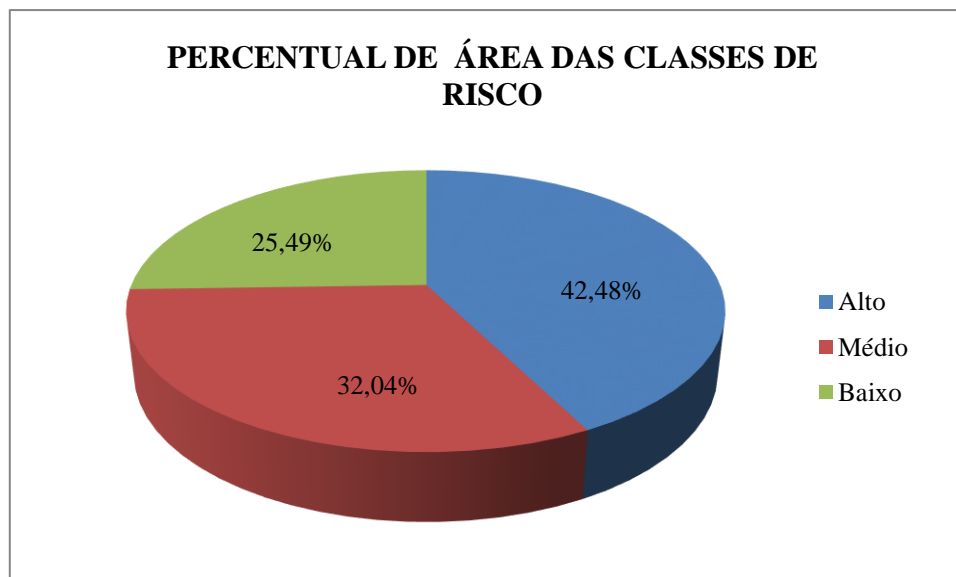


Figura 7.3: Gráfico com o percentual de área das classes de risco no primeiro distrito de Petrópolis.

Associando as classes de risco com as ocorrências de deslizamentos e inundações, como é apresentado na tabela 7.1, observa-se que a maior parte destes ocorreu na área correspondente à classe médio risco e, embora com uma área maior, a classe alto risco tem associado a si o segundo maior número de eventos. Juntas, somam-se mais de 70% dos eventos registrados.

Tabela 7.1: Número de ocorrências por classe de risco.

| RISCO | ÁREA (km ²) | EVENTOS NATURAIS |
|-------|-------------------------|------------------|
| Alto | 56,58 | 399 |
| Médio | 42,68 | 527 |
| Baixo | 33,95 | 389 |

Embora as classes mais críticas de risco apresentem os maiores números de eventos, e este seja um resultado condizente com o mapeamento, com o gráfico da figura 7.4 nota-se um equilíbrio na distribuição dos eventos pelas classes. Por exemplo, o percentual do número de eventos registrados na classe de baixo risco é apenas 0,76% inferior ao registrado na classe de alto risco.

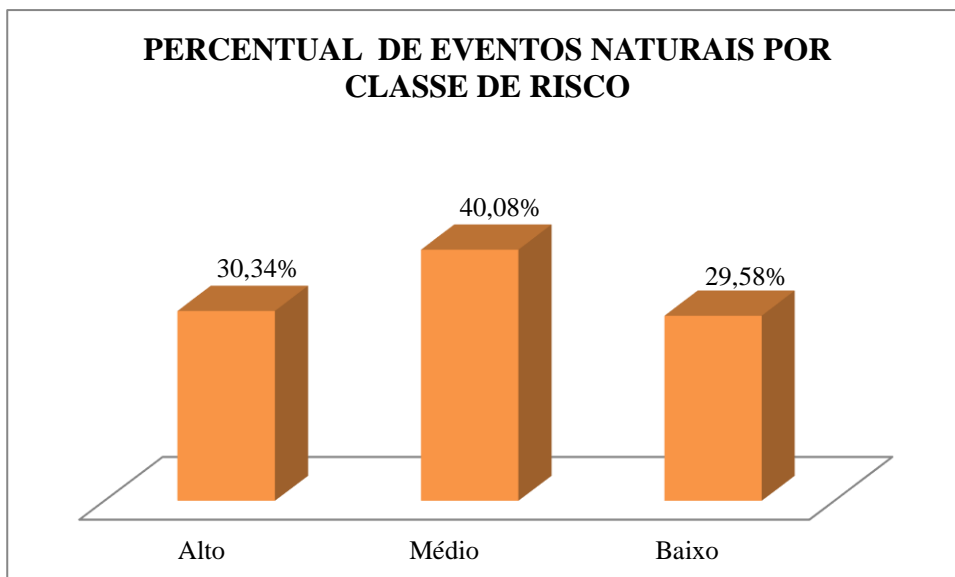


Figura 7.4: Gráfico com o percentual de eventos naturais por classe de risco.

Desta validação inicial, sobrepondo os eventos às classes, podem-se extrair algumas observações:

- I. A classe **médio risco** apresenta o maior número de eventos, sendo este um resultado positivo, embora esta posição tivesse que ser ocupada pela classe alto risco. Esta última apresentou um percentual de eventos 9,74% a menos que a primeira.
- II. A classe **baixo risco** apresenta grande quantidade de eventos, o que faz pensar na hipótese da precisão na espacialização das ocorrências, visto que estas foram extraídas de jornais e, por isso, nem sempre apresentam dados precisos. Pode-se observar, por exemplo, na imagem 7.5, eventos localizados na classe baixo risco, porém, próximos a outras classes.
- III. A classe **alto risco**, embora com maior área, apresenta menos ocorrências que a classe médio risco.

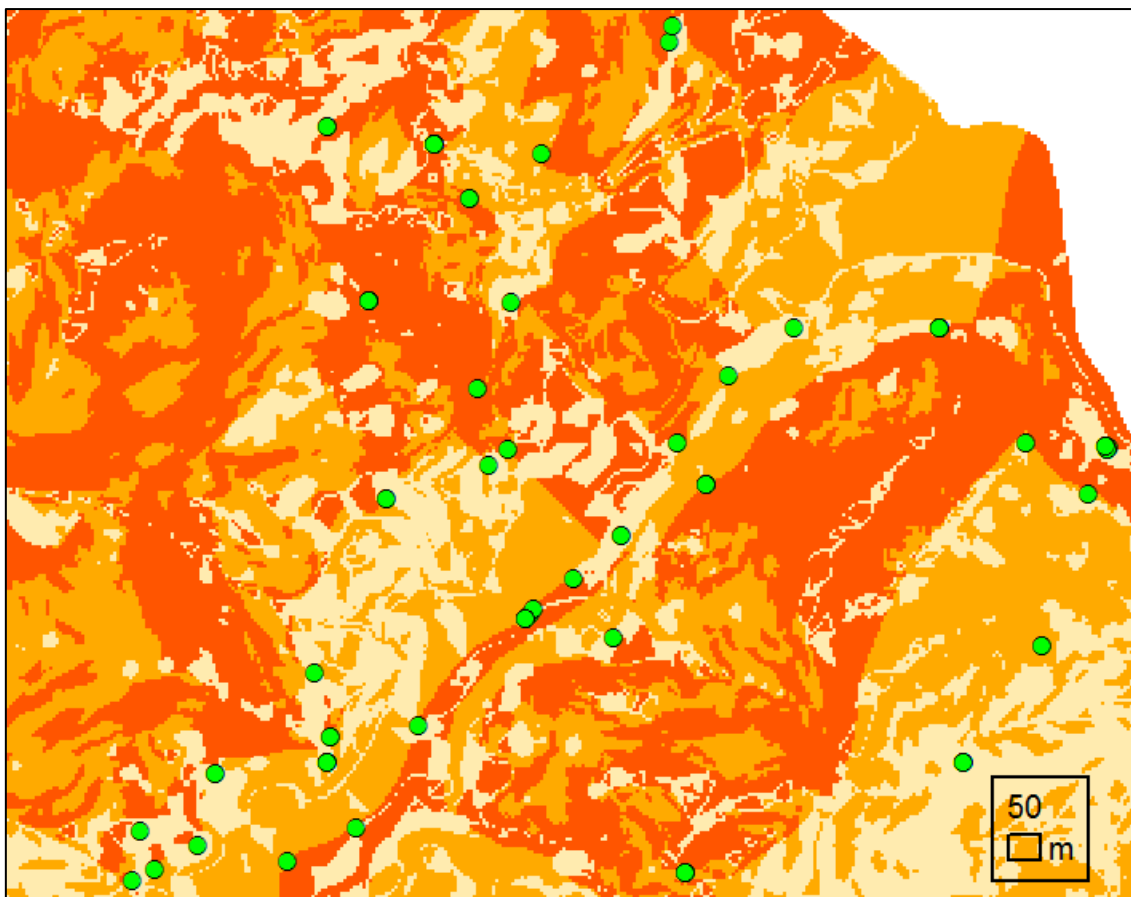


Figura 7.5: Exemplo de eventos na classe de baixo risco próximos a outras classes.

Na parte central do primeiro distrito há grande concentração de eventos naturais. Também é nesta área onde concentram média e alta suscetibilidade geobiofísica e predominam médias e baixas vulnerabilidades sociais como pode ser observado na figura 7.6 que apresenta estes três mapeamentos, sendo que um maior destaque é dado ao mapa de risco (A) com os eventos sobrepostos a ele e, à direita os mapas de vulnerabilidade social (B) e suscetibilidade geobiofísica (C).

No mapa de risco apresenta uma combinação coerente da vulnerabilidade social com a suscetibilidade geobiofísica. Observando o mapa de suscetibilidade geobiofísica nota-se que todo o distrito, independente do nível ou se está relacionada a deslizamento ou inundação, possui um grau de suscetibilidade geobiofísica. Entretanto, observando, por exemplo, a concentração da alta vulnerabilidade social, esta coincide com as áreas de alto risco nas extremidades Norte, Noroeste, Sudoeste e Sul do primeiro distrito. Da mesma forma que a área de baixa vulnerabilidade social, isolada à Sudeste do distrito, corresponde a área de baixo risco no mapa de risco. Contudo, a possibilidade de

ocorrência de eventos existe, mas a forma como a população consegue interferir na ocorrência do mesmo ou no seu possível impacto, caracteriza o espaço em maior ou menor risco. Em outras palavras, se determinada área é suscetível à ocorrência de evento, mas o grupo de pessoas que vive nesta possui uma renda considerável, dispõem de infraestrutura, não contribui com elevado adensamento demográfico e de residências, possui casas bem alicerçadas, faz as contenções necessárias em áreas de encosta, o risco de um evento natural acontecer, ou caso ocorra, causar grandes danos, reduz significativamente.

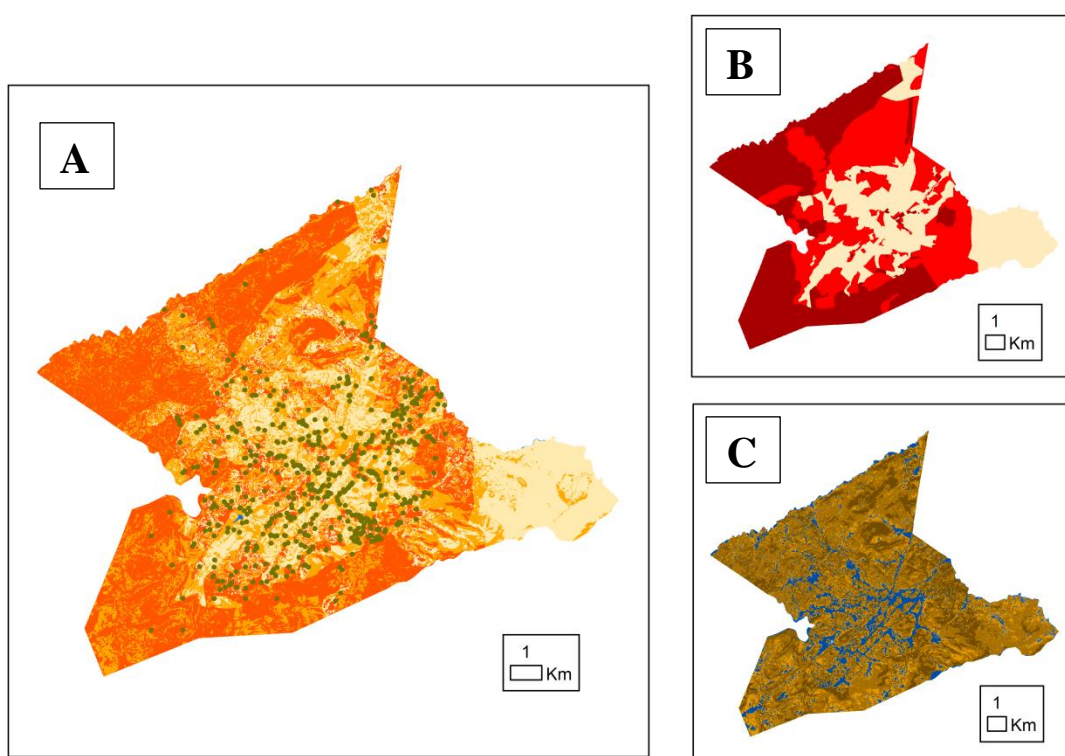


Figura 7.6: Ilustração dos desastres naturais sobre o mapeamento de risco (A) ao lado dos mapeamentos de vulnerabilidade social (B) e suscetibilidade geobiofísica (C).

7.1 RISCO DE OCORRER DESLIZAMENTOS

Analisando separadamente os tipos de ocorrências, os deslizamentos organizados na tabela 7.2 aconteceram, em maior quantidade, nas áreas classificadas como médio risco. A segunda maior quantidade de eventos consta na classe baixo risco, com 363 ocorrências e, em último lugar, está a classe alto risco. Embora, a maior parte

dos eventos de deslizamentos, cerca de 68,98%, tenha ocorrido em áreas de maior preocupação (classes alto e médio risco), o fato de mais de 31% destes estarem localizados em áreas de baixo risco como pode ser observado no gráfico da figura 7.7, é um resultado a se refletir com maior cuidado. Acrescenta-se ainda um ponto, que já foi mencionado, sobre a possibilidade de alguns eventos estarem mapeados fora do local preciso onde ocorreram, logo, nem todos os eventos possuem localização 100% precisa.

Tabela 7.2: Deslizamentos por classe de risco.

| RISCO | ÁREA (km²) | DESLIZAMENTOS |
|--------------|------------------------------|----------------------|
| Alto | 56,58 | 354 |
| Médio | 42,68 | 453 |
| Baixo | 33,95 | 363 |

O gráfico deixa visível a proximidade do percentual de ocorrências de deslizamentos pelas classes de risco. Todas as classes possuem acima de 30% dos eventos que ocorreram no distrito. Como o risco não está apenas associado à ocorrência do evento, mas também à dimensão do dano que ele pode vir a causar, analisar os eventos que estão localizados em áreas de baixo risco é uma possibilidade de validação do mapeamento.

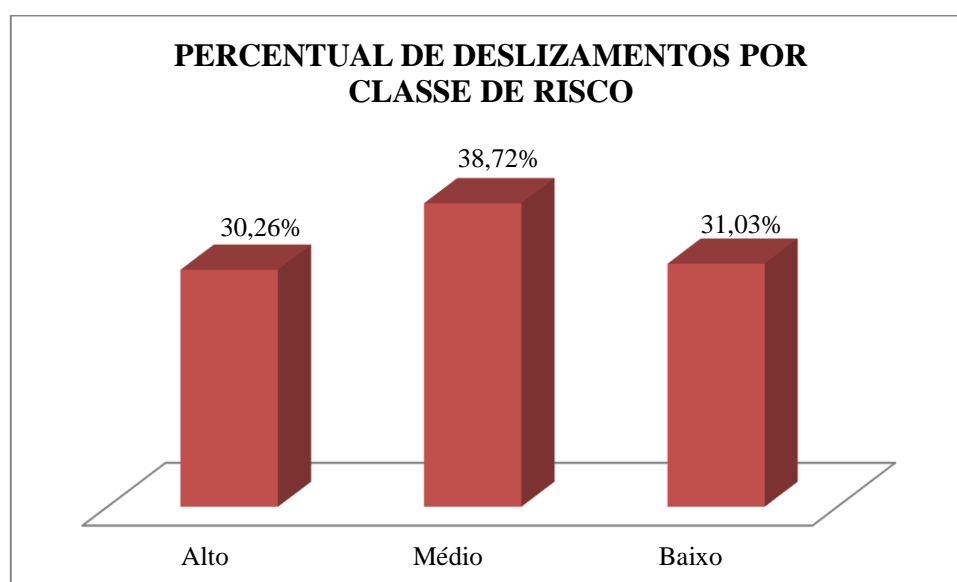


Figura 7.7: Gráfico com o percentual de deslizamentos por classe de risco.

Sendo assim, foi feita a escolha aleatória de um evento localizado em uma área correspondente à classe baixo risco. O evento escolhido possui o código 180, ocorreu no dia 17 de Janeiro de 1962 na Rua Ingelheim, número 1447. Este evento foi catalogado pelo IPT como uma queda de barreira sem nenhum dano nem vítimas. Logo, este é um exemplo do tipo de ocorrência que se espera encontrar na área de baixo risco.

Embora o evento tenha ocorrido na década de 60, e muitas alterações espaciais possam ter acontecido, na figura 7.8 é possível observar que a rua onde este ocorreu está em uma área íngreme com aproximadamente 901m de altitude nas proximidades do local do evento. Aparentemente as casas próximas a esta rua possui boa estrutura. Entretanto, no plano de povoação da cidade, elaborado pelo Major Koeler, este é um exemplo de ocupação que não era permitida.



Figura 7.8: Localização em 3D da Rua Ingelheim extraída do Google Maps. Fonte: <https://www.google.com/maps/@-22.5104533,-43.2063274,860a,35y,39.02t/data=!3m1!1e3>

7.2 RISCO DE OCORRER INUNDAÇÕES

No que se refere ao número de registros de inundações por classes de risco, na tabela 7.3 consta que a maior parte das ocorrências localiza-se na classe médio risco, seguido das classes alto e baixo risco respectivamente.

Tabela 7.3: Total de eventos de inundação por área de risco.

| RISCO | ÁREA (km ²) | INUNDAÇÕES |
|-------|-------------------------|------------|
| Alto | 56,58 | 45 |
| Médio | 42,68 | 74 |
| Baixo | 33,95 | 26 |

Mais uma vez, a classe médio risco se destaca com maior número de eventos. As classes alto e médio risco, juntas, possuem mais de 82% dos registros de inundação no primeiro distrito. Restando para a classe baixo risco menos de 18% das ocorrências como mostra o gráfico da figura 7.9.

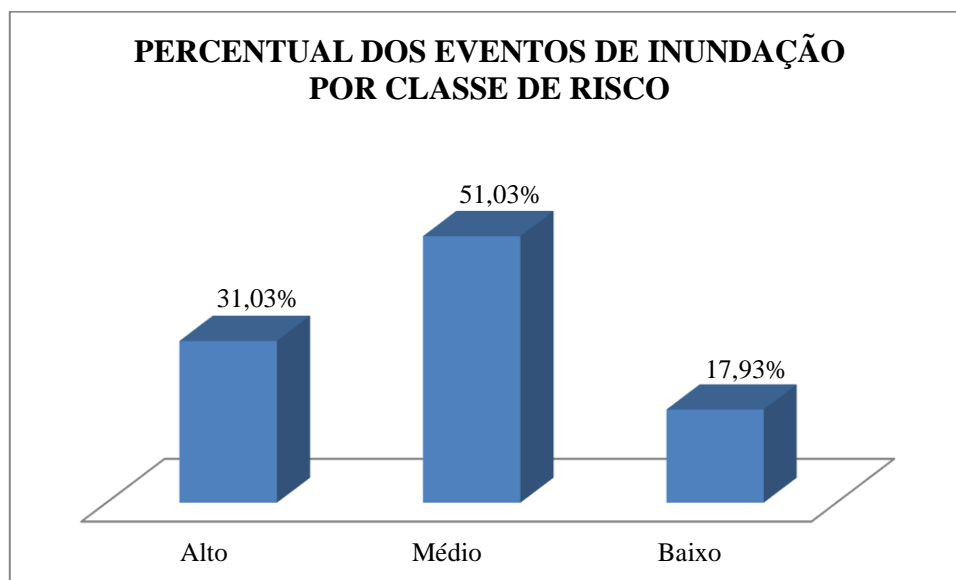


Figura 7.9: Gráfico com o percentual dos eventos de inundação por classe de risco.

Após o panorama do distrito como um todo cabe saber como os eventos estão distribuídos, conforme a classe de risco, na área da Planta Koeler. Esta análise é feita no próximo tópico.

7.3 RISCO DE DESASTRES NATURAIS NA ÁREA DA PLANTA KOELER

Conforme pôde ser observado na figura 7.6, que mostra a localização dos eventos por área de risco, nota-se que na porção central do distrito, onde se situa a Planta Koeler, se concentra a maior parte dos eventos. Ao todo foram registrados 478 eventos nesta área, o que corresponde a 36,35% dos registros catalogados em todo o distrito.

Nesse sentido, a tabela 7.4 apresenta que a classe de risco com maior área (6,40 km²) é a referente ao médio risco seguido das classes baixo e alto risco com respectivas áreas de 6,33 km² e 2,30 km². Observa-se também na tabela que a organização crescente das áreas das classes de risco do primeiro distrito é diferente da que possui a Planta Koeler. Por exemplo, no primeiro distrito as classes que ocupam a primeira e a última posição são, respectivamente, baixo e alto risco; já na área da Planta são as classes alto e médio risco.

Tabela 7.4: Total de eventos naturais de deslizamentos e inundações por classe de risco na área da Planta Koeler.

| RISCO | ÁREA 1º DISTRITO (km²) | ÁREA PLANTA (km²) | EVENTOS NATURAIS |
|--------------|--|---|-----------------------------|
| Alto | 56,58 | 2,30 | 75 |
| Médio | 42,68 | 6,40 | 290 |
| Baixo | 33,95 | 6,33 | 113 |

Já em termos percentuais, o gráfico da figura 7.10 mostra que a classe alto risco, na área da Planta Koeler, corresponde a 15,31% da área. A classe médio risco ocupa 42,57% e, a classe baixo risco ocupa uma área de 42,12%.

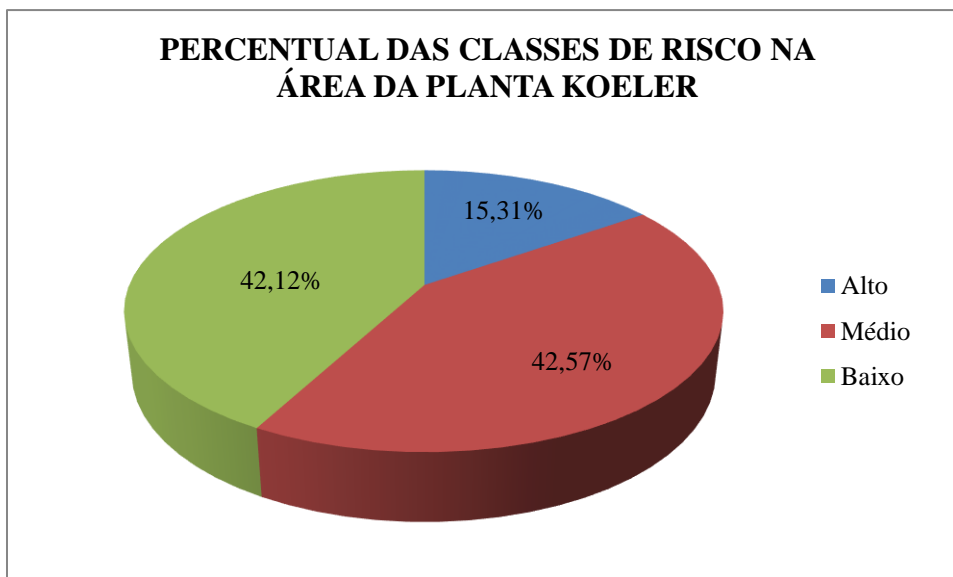


Figura 7.10: Gráfico com o percentual das classes de risco na área da Planta Koeler.

Quanto ao percentual de eventos, o gráfico da figura 7.11 apresenta que há uma diferença significativa entre o número de eventos registrados nas classes médio e alto risco. Entretanto, considerando que a área da classe médio risco é quase três vezes a área da classe alto risco é compreensível que a primeira classe citada possua mais eventos que a última. Nesse sentido, observa-se também que a classe baixo risco possui mais eventos que a classe alto risco, mas a área daquela é maior que a área desta.

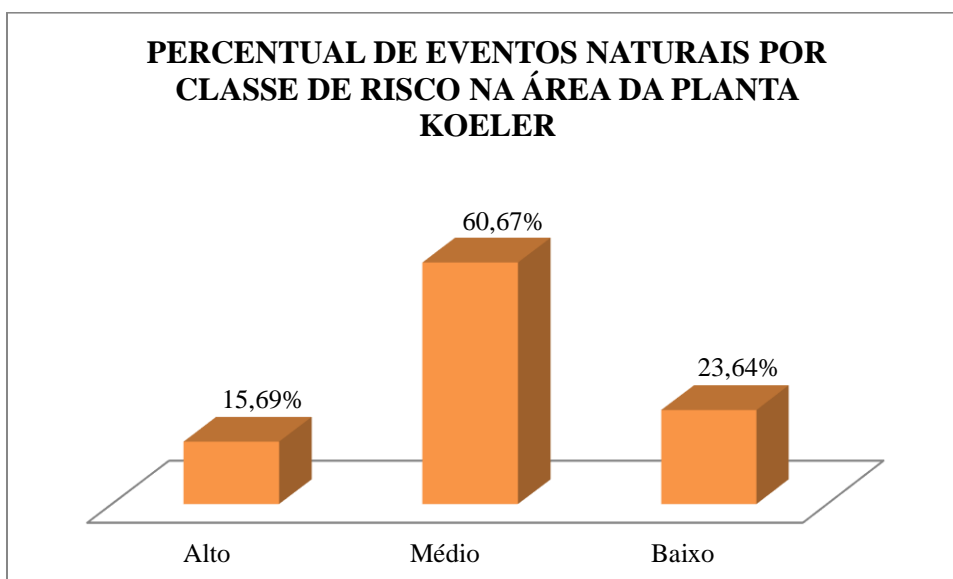


Figura 7.11: Gráfico com o percentual de eventos naturais por classe de risco na área da Planta Koeler.

No que se refere às ocorrências de deslizamentos, com a tabela 7.5 e o gráfico da figura 7.12 se pode chegar à conclusão de que a área da Planta possui grande risco à ocorrência deste tipo de desastre natural. Logo, 392 casos foram registrados, o que corresponde a 82% dos eventos. Dentre estes, 59 estão na classe alto risco, 229 na classe médio risco e 104 na classe baixo risco.

Tabela 7.5: Total de deslizamentos por classe de risco.

| RISCO | ÁREA 1º DISTRITO (km ²) | ÁREA PLANTA (km ²) | DESLIZAMENTOS |
|-------|---|-----------------------------------|---------------|
| Alto | 56,58 | 2,30 | 59 |
| Médio | 42,68 | 6,40 | 229 |
| Baixo | 33,95 | 6,33 | 104 |

O gráfico da figura 7.12 destaca que o percentual de eventos na classe médio risco é acima da metade do total de deslizamentos, a classe alto risco possui pouco mais de 15% e a classe baixo risco próximo a 27% dos eventos.

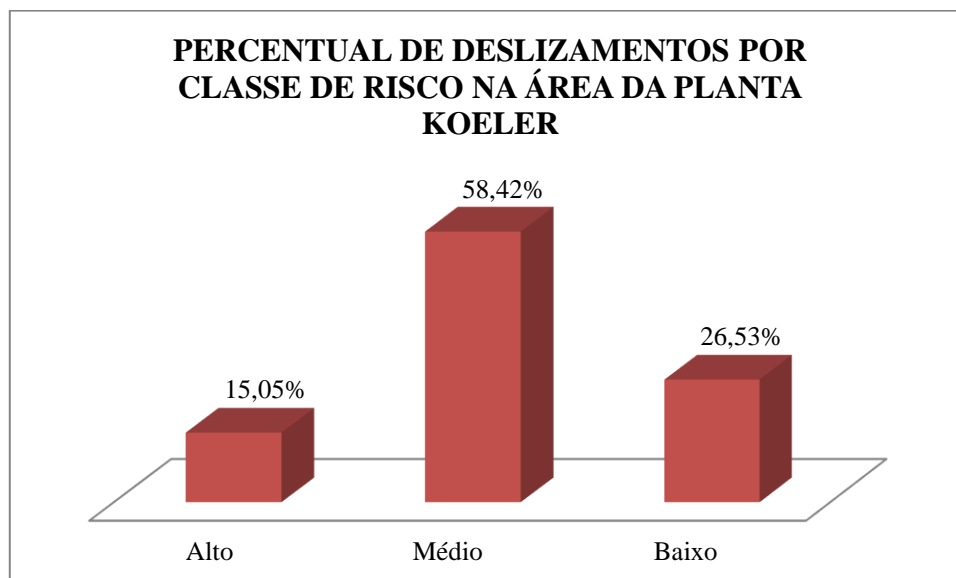


Figura 7.12: Gráfico com o percentual de deslizamentos por classe de risco na área da Planta Koeler.

Por sua vez, no limite da Planta Koeler ocorreram cerca de 58% dos eventos relacionados à inundações do distrito. A tabela 7.6 caracteriza cada ocorrência conforme sua localização dentre os três estágios de risco considerados. Neste sentido, na classe alto risco se encontram 16 ocorrências, 61 na classe médio risco e 7 na classe baixo risco.

Tabela 7.6: Total de inundações nas classes de risco na área da Planta Koeler.

| RISCO | ÁREA | ÁREA PLANTA | INUNDAÇÕES |
|-------|-----------------------------------|--------------------|------------|
| | 1º DISTRITO (km ²) | (km ²) | |
| Alto | 56,58 | 2,30 | 16 |
| Médio | 42,68 | 6,40 | 61 |
| Baixo | 33,95 | 6,33 | 7 |

Por sua vez, o gráfico da figura 7.13 evidencia melhor, por meio de valores percentuais, os eventos por classe de riscos. Sendo assim, observa-se que ao contrário das ocorrências de deslizamentos, a classe baixo risco, nos eventos de inundação, embora com área maior que a classe alto risco possui menos registros de eventos, sendo este um bom resultado. Novamente a classe médio risco se destacou em número de eventos e para os eventos de inundação quase 73% destes estão espacializados sobre essas áreas.

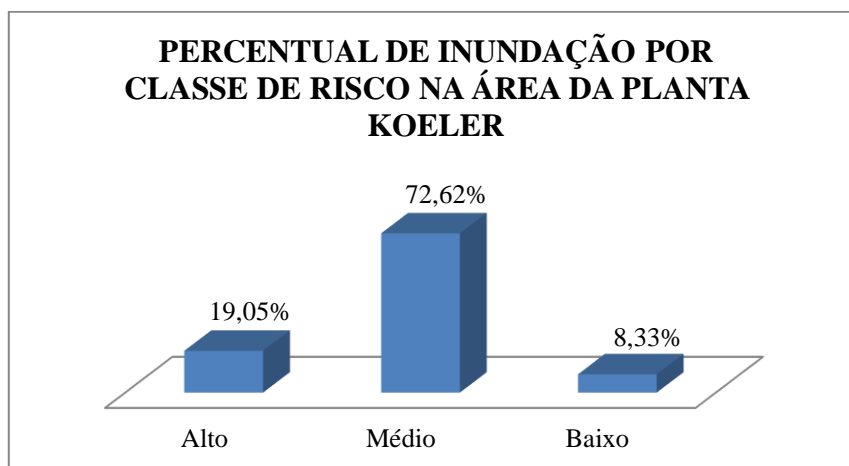


Figura 7.13: Gráfico com o percentual de eventos de inundação por classe de risco na área da Planta Koeler.

Com os resultados obtidos e apresentados nos gráficos e tabelas percebeu-se uma resposta positiva entre o mapeamento do risco com os registros de deslizamentos e inundações. Por outro lado, outro recurso utilizado para inferir a precisão do mapeamento foi a análise dos resultados nos setores censitários, inclusive porque a vulnerabilidade social foi estabelecida com base nos dados de cada setor. Entretanto, esta análise se reduziu a quatro setores devido a grande quantidade de setores presentes no primeiro distrito. O resultado dessa análise é apresentado no tópico a seguir.

7.4 ANÁLISE DO RISCO POR SETOR CENSITÁRIO

O primeiro distrito de Petrópolis está dividido em 279 setores censitários. Visto que não é viável abordar o resultado do mapeamento de risco para todos eles, foram escolhidos quatro setores aleatoriamente, entretanto, com os critérios de que dois predominassem, em suas áreas, alto índice de risco e os outros dois, predominassem baixo risco. O outro critério se refere à localização destes setores. Sendo assim, dois de classes de risco diferentes estão próximos ao centro do distrito e os outros dois, também de classes diferentes, estão localizados próximos às extremidades do distrito.

Dessa forma, foram escolhidos os setores com os códigos 330390605000005, 330390605000046, 330390605000277 e 330390605000237 que estão destacados no mapa da figura 7.14. Destes, os dois primeiros estão localizados na parte central do distrito, sendo que no primeiro predomina a classe alto risco e no segundo baixo risco. Os dois últimos, por sua vez, estão na proximidade do limite do distrito, sendo que no penúltimo predomina baixo risco e no último alto risco.

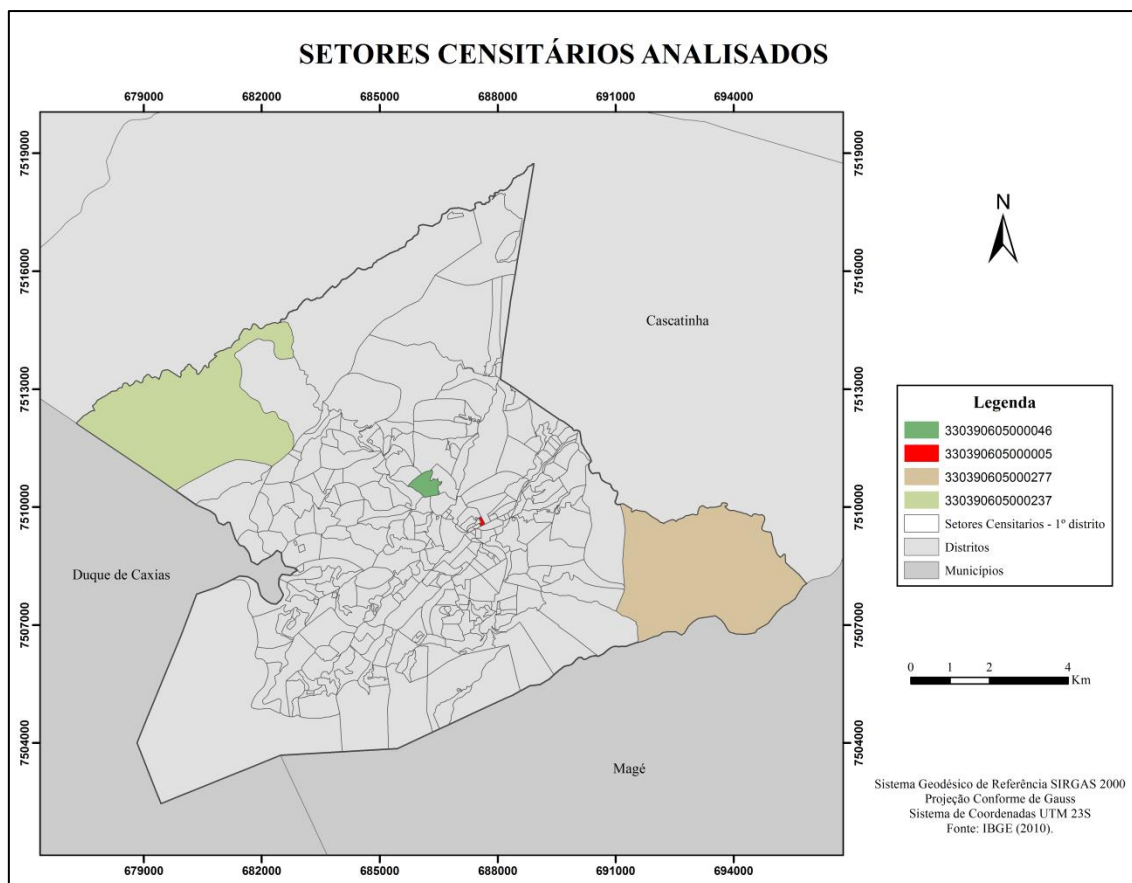


Figura 7.14: Mapa de localização dos setores censitários analisados.

Para uma melhor visualização de cada característica dos setores selecionados serão apresentados quadros com as variáveis suscetibilidade geobiofísica, vulnerabilidade social, a quantidade de eventos, o tipo de evento e a área em km² do setor.

7.4.1 SETOR CENSITÁRIO 330390605000237

O primeiro setor a ser analisado possui o código 330390605000237. Está localizado à Noroeste do primeiro distrito e no mapeamento de risco sua área apresenta o predomínio de alto risco a eventos de deslizamento e inundações como pode ser observado na tabela 7.7 e figura 7.15.

Tabela 7.7: Área das classes de risco no setor 330390605000237.

| Setor Censitário | Classe de Risco | Área (km ²) |
|------------------|-----------------|-------------------------|
| 330390605000237 | Baixo | 0,004 |
| | Médio | 1,97 |
| | Alto | 9,52 |

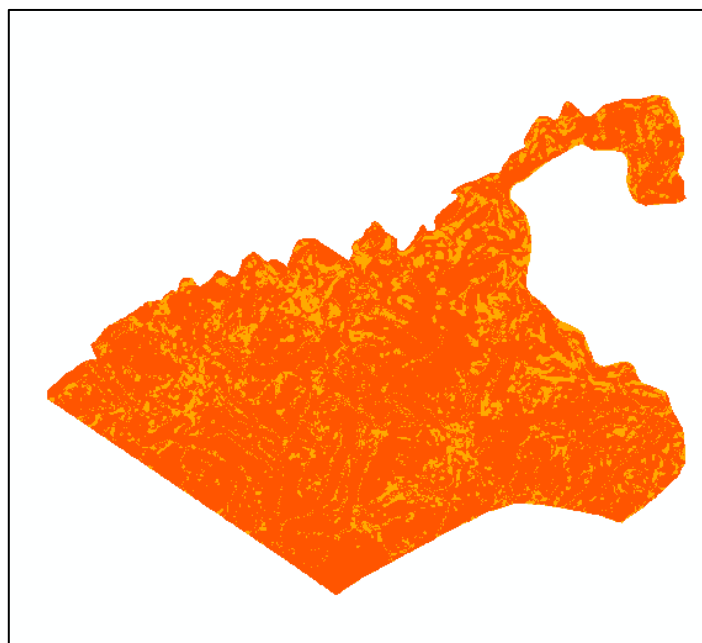


Figura 7.15: Representação da espacialização das classes de risco no setor censitário 330390605000237.

Este setor é um dos maiores presentes no primeiro distrito. Sua área é de aproximadamente 11,5 km². No mapeamento da vulnerabilidade social foi classificado com alta vulnerabilidade social. É um setor que embora apresente baixa densidade demográfica e de domicílios, predomina pessoas sem rendimento e analfabetas.

Quanto aos componentes da suscetibilidade geobiofísica neste setor, observa-se no quadro 7.2 a existência de IED baixo e médio. Ou seja, existem lugares que possuem uma maior dificuldade de dispersar a água. É um setor que apresenta áreas agropastoris, de silvicultura, florestadas e núcleos urbanos. Além de apresentar áreas com baixa, média e alta declividade e áreas de deposição. Ou seja, a junção do IED baixo e médio com as declividades presentes neste setor contribuem para a suscetibilidade geobiofísica à ocorrência de deslizamentos e, nas áreas de deposição à ocorrência de inundação. Além do que, três das coberturas presentes (área antrópica agropastoril, silvicultura e área não agrícola) colaboram com a fragilidade do solo diante de grande volume de água.

Embora o setor apresente o predomínio da classe alto risco foram registrados apenas dois eventos relacionados a deslizamentos. Como pode ser observado na figura

7.16, o setor 330390605000237 apresenta extensa área com vegetação e esse fator parece ser o elemento “chave” na contenção dos eventos. Pois observa-se no mapa de suscetibilidade geobiofísica que é um setor mais suscetível a ocorrência de movimentos de massa devido as elevadas declividades e a lenta dispersão da água pela área.

Quadro 7.2: Características da suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social do setor censitário 330390605000237.

| Setor Censitário Nº 330390605000237 | | Área: 11,50 km ² |
|---|------------------------|---|
| Tipo de Evento: Deslizamento. | | |
| Número de Eventos: Dois. | | |
| Risco: Predomínio do Alto Risco. | | |
| ÍNDICES | VARIÁVEIS | CLASSE |
| Vulnerabilidade Social | Renda | V010 - sem rendimento nominal mensal |
| | Esgotamento | V018 - via fossa séptica |
| | Densidade Populacional | Baixa |
| | Densidade de Domicílio | Baixa |
| | Analfabetismo | Alto |
| | Água | V015 - outra forma de abastecimento de água |
| Suscetibilidade Geobiofísica | IED | Baixo |
| | | Médio |
| | Cobertura da Terra | Área Antrópica Agropastoril |
| | | Área Não Agrícola |
| | | Área Natural Florestada |
| | | Silvicultura |
| | Declividade | Áreas com baixo potencial erosivo |
| | | Áreas com grande potencial erosivo |
| | | Áreas com médio potencial erosivo |
| | | Áreas com potencial de deposição |

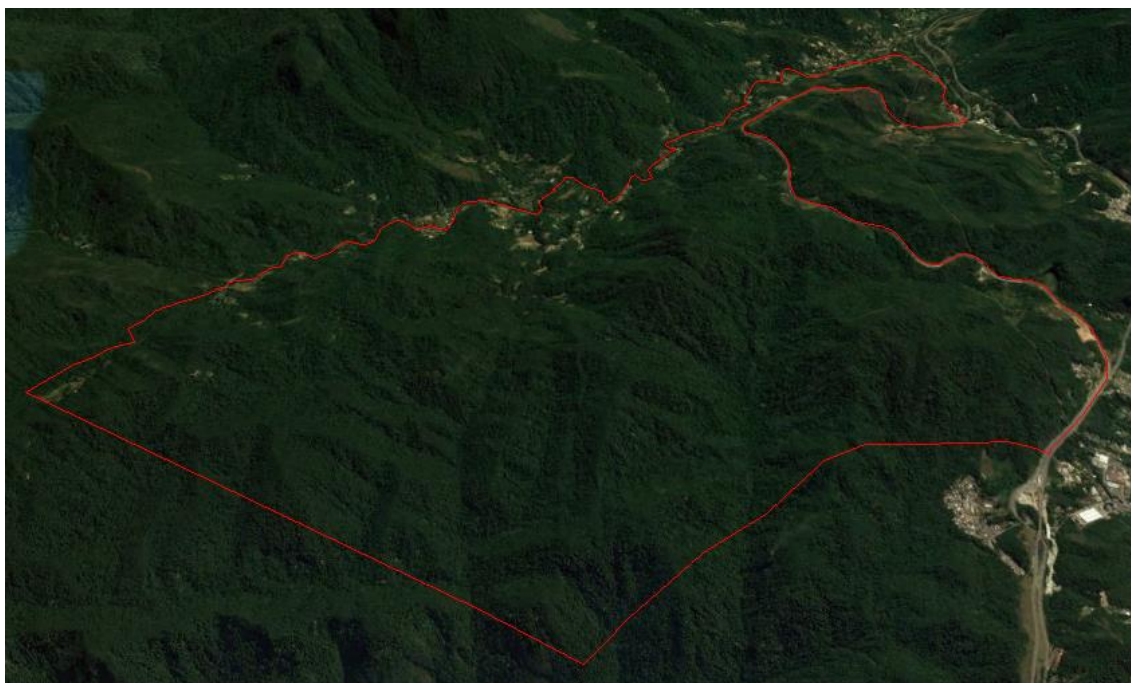


Figura 7.16: Delimitação do setor 330390605000237. Fonte: Google Earth (data da imagem 09/04/2016).

7.4.2 SETOR CENSITÁRIO 30390605000277

Outro setor selecionado foi o 30390605000277. Ele também apresenta uma área ampla, comparada a dos demais setores, correspondendo a aproximadamente 11,8 km². Está localizado a Sudeste do distrito e foi mapeado, em grande parte, como área de baixo risco conforme pode ser observado na tabela 7.8 e figura 7.17.

Tabela 7.8: Área da classe de risco no setor 330390605000277.

| Setor Censitário | Classe de Risco | Área (km²) |
|-------------------------|------------------------|------------------------------|
| 330390605000277 | Baixo | 10,14 |
| | Médio | 1,61 |
| | Alto | 0,0004 |

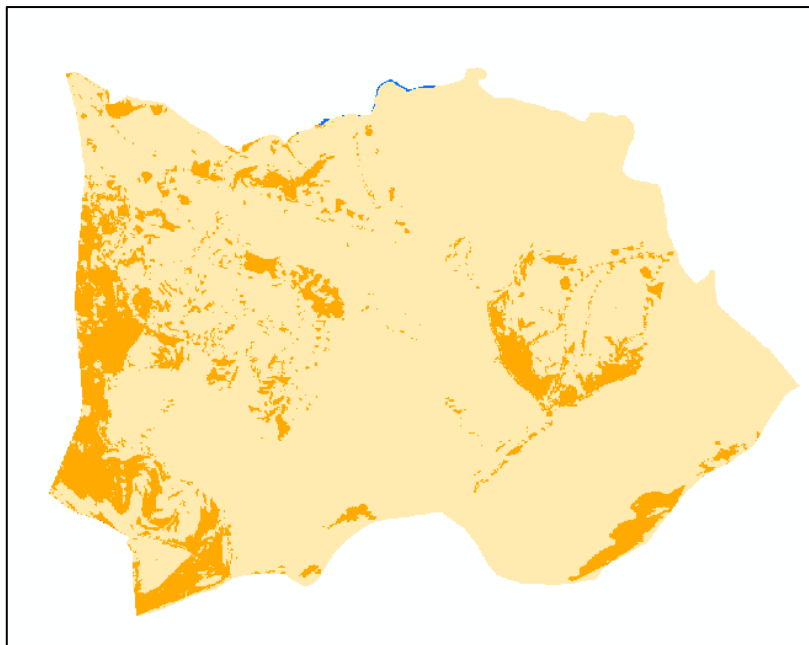


Figura 7.17: Representação da espacialização das classes de risco no setor censitário 330390605000277.

O quadro 7.3 mostra que é um setor mapeado com baixa vulnerabilidade social. Logo, embora predomine pessoas sem rendimento, possui baixa densidade demográfica e de domicílio, baixo analfabetismo e abastecimento de água pela rede geral.

Algumas características que definem a suscetibilidade geobiofísica nesse setor são o baixo e médio IED, a cobertura espacial que é composta por áreas urbanas, áreas agropastoris, áreas florestadas e áreas naturais não florestadas (que podem ser afloramento rochoso, solo exposto e campos de altitude). Além de abaixo, médio e alto potencial erosivo e áreas de deposição.

Quadro 7.3: Características da suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social do setor censitário 330390605000277.

| Setor Censitário Nº 330390605000277 | | Área: 11,78 km ² |
|--|------------------------|--------------------------------------|
| Tipo de Evento: | | |
| Número de Eventos: Nenhum. | | |
| Risco: Predomínio de Baixo Risco. | | |
| ÍNDICES | VARIÁVEIS | CLASSE |
| Vulnerabilidade Social | Renda | V010 - sem rendimento nominal mensal |
| | Esgotamento | V018 - Via fossa Séptica |
| | Densidade Populacional | Baixa |
| | Densidade de Domicílio | Baixa |
| | Analfabetismo | Baixo |
| | Água | V012 - Rede Geral |
| Suscetibilidade Geobiofísica | IED | Baixo |
| | | Médio |
| | Cobertura da Terra | Água |
| | | Área Antrópica Agropastoril |
| | | Área Não Agrícola |
| | | Área Natural Florestada |
| | Declividade | Natural Não Florestada |
| | | Áreas com baixo potencial erosivo |
| | | Áreas com grande potencial erosivo |
| | | Áreas com médio potencial erosivo |
| | | Áreas com potencial de deposição |

Não foi registrado nenhum evento neste setor, o que vai de encontro com o grau de risco inferido nesta área. A mesma onde observa-se, através da figura 7.18, a ocupação em uma parte do setor por residências e atividades antrópicas e estando grande parte coberta por vegetação e afloramentos rochosos.

O mapeamento da suscetibilidade geobiofísica do setor quanto ao potencial erosivo, que aparece em maior área do que o potencial de inundação está relacionado ao baixo e médio índice de eficiência de drenagem e as acentuadas declividades.



Figura 7.18: Delimitação do setor 330390605000277. Fonte: Google Earth (data da imagem 10/07/2016)

7.4.3 SETOR CENSITÁRIO 330390605000005

O próximo setor a ser analisado é o 330390605000005 que está localizado no centro do distrito ocupando uma área de 0,021 km². Neste setor predomina, no mapeamento de risco, a classe alto risco em aproximadamente 99,9% da área do setor. Na tabela 7.9 estão as duas classes de risco existentes no setor em questão. Entretanto, a classe médio risco ocupa uma porção muito reduzida do mesmo. Na figura 7.19 observa-se que esta área equivale a um pixel de 5m x 5m.

Tabela 7.9: Área das classes de risco no setor 330390605000005.

| Setor Censitário | Classe de Risco | Área (Km ²) |
|------------------|-----------------|-------------------------|
| 330390605000005 | Médio | 0,00003 |
| | Alto | 0,02 |

Este setor apresenta alta vulnerabilidade social que se dá entre outros fatores pela média densidade demográfica e de domicílios observado nos dados do quadro 7.4. Sua localização em área de deposição e com baixo IED o deixa suscetível à ocorrência de inundações. Embora tenha sido registrado apenas um evento de inundação no período analisado, é uma área que em outros momentos foi afetada por este tipo de desastre, inclusive, no ano de 2017 conforme as imagens apresentadas no capítulo 5.

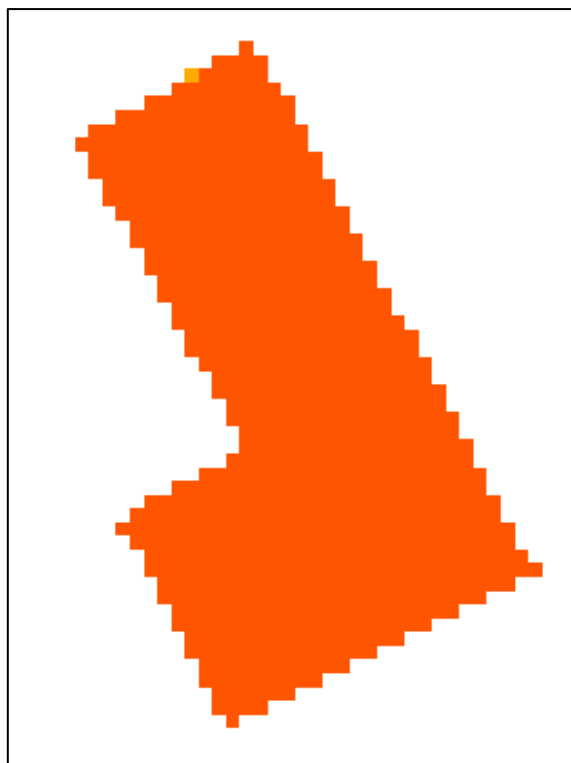


Figura 7.19: Representação da espacialização das classes de risco no setor censitário.

Quadro 7.4: Características da suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social do setor censitário 330390605000005.

| Setor Censitário N° 330390605000005 | | Área: 0,02 km ² |
|---|------------------------|--|
| Tipo de Evento: Inundação. | | |
| Número de Eventos: Um. | | |
| Risco: Predomínio do Alto Risco. | | |
| ÍNDICES | VARIÁVEIS | CLASSE |
| Vulnerabilidade Social | Renda | V010 - sem rendimento nominal mensal |
| | Esgotamento | V017 - Via Rede Geral de Esgoto ou Pluvial |
| | Densidade Populacional | Média |
| | Densidade de Domicílio | Média |
| | Analfabetismo | Baixo |
| | Água | V012 - Rede Geral |
| Suscetibilidade Geobiofísica | IED | Baixo |
| | Cobertura da Terra | Área Não Agrícola |
| | | Área Natural Florestada |
| | Declividade | Áreas com potencial de deposição |

Conforme pode ser observado na figura 7.20, o setor está situado em um contexto urbano e em área de baixo declive. Nele há o encontro de dois importantes rios do município (Rio Piabanha e Rio Quitandinha) e esta proximidade aumenta a possibilidade de inundação neste local.



Figura 7.20: Delimitação do setor 330390605000005. Fonte: Google Earth (data da imagem 10/07/2016)

7.4.4 SETOR CENSITÁRIO 330390605000046

Por fim, o último setor a ser analisado é o 330390605000046, também localizado na porção central do distrito com uma área de 0,33 km². Entretanto, na sua classificação de risco predomina, conforme sinaliza a tabela 7.10, a classe baixo risco. Este setor também possui algumas áreas que foram mapeadas como médio risco.

Tabela 7.10: Área das classes de risco no setor 330390605000046.

| Setor Censitário | Classe de Risco | Área (km²) |
|-------------------------|------------------------|------------------------------|
| 330390605000046 | Baixo | 0,29 |
| | Médio | 0,04 |

A figura 7.21 ilustra onde está localizada cada classe de risco neste setor. No mapa de vulnerabilidade social o setor foi classificado com baixa vulnerabilidade social. A característica de cada elemento que compôs este índice, detalhado no quadro 7.5, não deixa dúvida quanto ao resultado final. Isto porque no setor predomina baixa densidade demográfica e de domicílio, população com renda maior que 1 a 2 salários mínimos, baixo analfabetismo, distribuição de água por rede geral entre outros fatores.

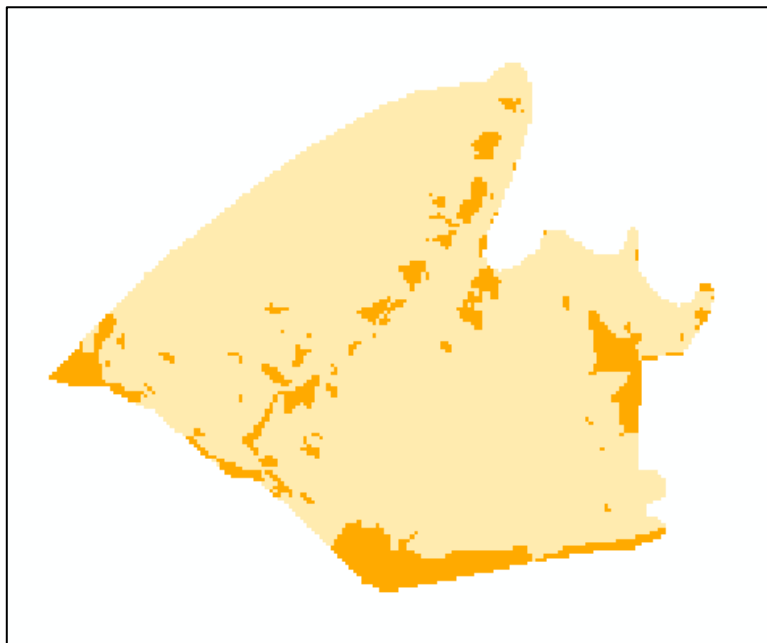


Figura 7.21: Representação da espacialização das classes de risco no setor censitário.

Por outro lado, é um setor que possui diferentes declividades que o caracteriza como baixo, médio e grande potencial erosivo. Possui áreas urbanas e com vegetação, além de locais com baixo e médio índice de eficiência de drenagem.

Essas características explicam o porquê deste setor ter apresentado oito registros de eventos naturais, sendo sete relacionados a deslizamentos e um à inundação.

Outras características podem ser observadas na figura 7.22 onde se verifica como os elementos estão organizados no espaço. Observa-se que muitas casas foram construídas em áreas de encostas não seguindo o plano de povoação elaborado pelo Major Koeler. Inclusive, este setor está dentro do limite abrangido pela planta.

Quadro 7.5: Características da suscetibilidade geobiofísica e vulnerabilidade social do setor censitário 330390605000046.

| Setor Censitário Nº 330390605000046 | | Área: 0,33 km ² |
|---|------------------------|--|
| Tipo de Evento: Deslizamento (7) e inundação (1). | | |
| Número de Eventos: Oito. | | |
| Risco: Predomínio do Baixo Risco. | | |
| ÍNDICES | VARIÁVEIS | CLASSE |
| Vulnerabilidade Social | Renda | V003 - mais de 1 a 2 salários mínimos |
| | Esgotamento | V017 - Via Rede Geral de Esgoto ou Pluvial |
| | Densidade Populacional | Baixa |
| | Densidade de Domicílio | Baixa |
| | Analfabetismo | Baixo |
| | Água | V012 - Rede Geral |
| Suscetibilidade Geobiofísica | IED | Baixo |
| | | Médio |
| | Cobertura da Terra | Área Não Agrícola |
| | | Área Natural Florestada |
| | Declividade | Áreas com baixo potencial erosivo |
| | | Áreas com grande potencial erosivo |
| | | Áreas com médio potencial erosivo |
| | | Áreas com potencial de deposição |



Imagem 7.1: Delimitação do setor 330390605000046. Fonte: Google Earth (data da imagem 10/07/2016)

CAPÍTULO 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do trabalho buscou-se compreender o porquê de uma cidade que nasceu de um plano de povoação sofra com constantes casos de deslizamentos e inundações a cada evento de fortes chuvas.

Inicialmente constatou-se que a intensidade dos eventos aumentou ao longo do tempo. E, por sua vez, o centro do primeiro distrito sempre foi o local com maior número de ocorrências. É justamente neste local, a área de maior interesse da cidade, onde residiu a Família Real e alguns presidentes do país, que foi expandindo a ocupação e ampliando os serviços urbanos. Nesta constante transformação do espaço geográfico, com o tempo, o que foi planejado pelo Major Koeler deixou de ser cumprido a exemplo das construções ao longo das encostas desaprovadas por ele.

Neste sentido, seguindo a linha de pensamento que relaciona o desastre natural à um contexto em que há pessoas envolvidas, caso contrário configura um evento natural, na área que seria delimitada como município de Petrópolis foi se intensificando a expansão da população em direção ao distrito de Cascatinha. Logo, algumas áreas passaram apresentar grande adensamento populacional e de domicílios e casas com composições mais simples foram construídas. Estes fatores adicionados a outros como renda baixa, geram um cenário de vulnerabilidade social perante a ocorrência de eventos naturais.

Outro fator que ficou evidente neste distrito foram as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos e inundações. O relevo do município é bastante acidentado e acrescenta-se que na ocorrência de fortes chuvas a drenagem da água é, em sua maioria, pouco eficaz saturando o solo e acumulando-se nas áreas de deposição próximas aos rios. Neste contexto, ao comparar o mapeamento de suscetibilidade geobiofísica com os registros de eventos naturais notou-se que este apresentou bons resultados. Como toda área em menor ou maior grau é suscetível, a ação antrópica no meio intensifica ou reduz o número de eventos. Intensifica quando são feitas alterações não ou mal planejadas e reduz quando sabendo da fragilidade de determinada área são feitas contenções.

Neste sentido, o ser humano é um agente de grande influência na dinâmica geocológica, ajudando a transformar a paisagem e, com isso, alterando a forma do

meio receber determinada energia, que é refletida para o próprio ser humano. Essa interação mostra a vertente ativa e vulnerável das pessoas. Sendo assim, o mapeamento de vulnerabilidade social frente aos eventos de deslizamentos e inundações apresentou resultados condizentes com a realidade da população do primeiro distrito. Neste, fica evidente que o centro do distrito é o local onde se concentra pessoas que diante de situações de risco possuem recursos que as protegem de danos maiores como a perda de vida. Não é surpresa que os centros urbanos das cidades “selecionam” seus habitantes com base em seu poder aquisitivo e que as pessoas menos favorecidas economicamente que residem nos mesmos não usufruem das mesmas infraestruturas que às demais. Sendo assim, no centro de Petrópolis também possui áreas com média e alta vulnerabilidade social.

A junção destes dois mapeamentos deu origem ao mapeamento do risco que os moradores do primeiro distrito de Petrópolis estão sujeitos diante de eventos naturais de deslizamentos e inundações. Como foi discutido na base conceitual, o conceito de risco utilizado nesta pesquisa está diretamente relacionado à questão social. Sendo assim, este mapeamento também apresentou bons resultados, pois como pôde ser observado no mapa de risco, na parte central do distrito, independente do grau de suscetibilidade geobiofísica, destacou-se a classe baixo risco condizente com a área que domina a baixa vulnerabilidade social. Assim como nas extremidades do distrito, onde possui setores mapeados com alta vulnerabilidade social destacou-se a classe alto risco.

Todos os três mapeamentos, assim como o número de eventos, foram analisados na área correspondente a delimitação da Planta Koeler. Como ela localiza-se na parte central do distrito e nesta área há muitos registros de eventos, constataram-se também lá elevadas ocorrências. É uma porção do distrito onde predomina baixa vulnerabilidade social e as classes de médio e baixo risco. Sua maior suscetibilidade é quanto à ocorrência de inundação, embora bastantes casos de deslizamentos tenham sido registrados. Ao longo da pesquisa foi ressaltado o “incomodo” de ver que uma área que nasceu de um planejamento é tão afetada por eventos naturais. Entretanto, diante dos indícios levantados de que a expansão demográfica não acompanhou o projeto inicial torna-se compreensível o porquê da grande quantidade de casos.

Não poderia deixar de abordar sobre a precisão dos registros de deslizamentos e inundações. Como foi ressaltado ao longo da pesquisa o conhecimento dos lugares e

quantidade de ocorrência de deslizamentos e inundações foi adquirido nos noticiários de jornais locais. Sendo assim, nem todas as notícias informavam o local preciso com o nome da rua e o número da casa afetada. Isso pode ser exemplificado, por exemplo, através dos casos em que noticiaram eventos na BR 040, mas não informaram a altura certa, ou quando informava a altura e o *Google Maps* não conseguia identificar. Nesses casos buscaram-se locais próximos de onde o evento ocorreu. A utilização de jornais para mapear as ocorrências foi útil para os mapeamentos qualitativos, entretanto, quando foi utilizado para a validação de mapeamentos (mapeamento de vulnerabilidade social, suscetibilidade geobiofísica e risco) trouxe algumas incertezas, como a classe certa em que alguns eventos se encontram. Sendo assim, para trabalhos futuros aconselha-se a utilização de outras formas que indiquem com maior precisão a localização dos deslizamentos e as inundações.

Esta uma pesquisa ampla que não acaba por aqui, mas pode ser continuada em trabalhos futuros, por exemplo, através da busca por indícios que validem os mapeamentos realizados ou aponte pontos de inconsistências através de entrevistas aos moradores buscando saber das famílias que foram afetadas qual dano o evento causou e qual foi o tempo que levou para que a vida dessas pessoas voltasse a “normalidade”. Esse exemplo ajudaria ver se o mapeamento do risco foi preciso, e se de fato as pessoas de classes sociais mais elevadas sofreriam menos danos e se reestabeleceriam mais rápido frente a um evento do que pessoas de classes sociais mais baixas.

Com este trabalho foi criada uma tabela digital com diversas características sobre os desastres naturais ocorridos em Petrópolis até o ano de 2015 que, em trabalhos futuros, pode ser ampliada e transformada em um banco de dados para constante atualização e para por à disposição da população, de órgãos de planejamento e da defesa civil.

Em virtude da expansão tecnológica, em pesquisas futuras, poderia se desenvolver também um mapeamento colaborativo dos eventos, pois acredita-se que a mídia não divulga todos os casos que ocorrem no município e sim os mais “significativos”.

Estes são alguns dos diversos caminhos que podem ser seguidos ao se trabalhar com a temática dos desastres naturais e que podem ser desenvolvidos em trabalhos

futuros para fornecer mais subsídios que ajudem na conscientização dessa problemática na Região Serrana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, R. do; RIBEIRO, R. R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir - Inundação e Enchentes**. Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosangela do Amaral (orgs.). São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

BERTONE, P.; MARINHO, C. **Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais: a Visão do Planejamento**. 2013. Disponível em: <http://repositorio.fjp.mg.gov.br/consad/bitstream/123456789/966/1/C6_TP_GEST%C3%83O%20DE%20RISCOS%20E%20RESPOSTA.pdf>. Acesso em: 29/03/17.

BRITTO, M. C. de; FERREIRA, C. de C. M. **Paisagem e as Diferentes Abordagens Geográficas**. Revista de Geografia, PP GEO , v. 2, n° 1 (2011).

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. **Análise Espacial de Eventos**. 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf>>. Acesso em: 29/03/2017.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CASTRO, A. L. C. de. **Glossário de Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. Secretaria Nacional de Defesa Civil. 5ª Edição. Disponível em:<http://www.ichf.uff.br/pdf_docs/DefesaCivil-Glossario.pdf>. Acesso em: 29/03/17.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. Editora Edgard Blücher (USP), São Paulo, 1974. 1º ed., 149p.

COELHO NETTO, A. L. *et al.* **Landslide susceptibility in a mountainous geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The role of morphometric subdivision of the terrain**. Revista Geomorphology, n.87,2007, p.120 – 131.

COLARES, I. V. V. *et al.* **Obtenção de Índices Geomorfológicos a Partir de Observações em Superfície Modelada e sua Influência com Eventos de Deslizamentos na Bacia do Vale do Cuiabá - Petrópolis (RJ)**. Revista Continentes (UFRRJ), ano 5, n.8, 2016, p. 21-34 (ISSN 2317-8825).

CPRM/IPT **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações : 1:25.000**: nota técnica explicativa. Coordenação Omar Yazbek Bitar. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.

FARIAS, J. *et al.* **Compartimentação Geoecológica E Propostas De Planejamento Ambiental Em Escala Municipal No Semiárido Brasileiro**. Revista de Geografia e Ordenamento do Território, n.2, 2012, p. 97-115.

FERNADES, M. do C. *et al.* **Avaliação do uso de observações em superfície real para análise geomorfológica de índice de eficiência de drenagem: um estudo de caso no maciço da Tijuca – RJ**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 de Abril de 2009, INPE, p. 3745-3752.

FERNANDES, M. do C. *et al.* **Digitalização da Planta Koeler Através de Levantamento Fotográfico: Em Busca da Manutenção de Acervo Cartográfico Histórico do Município de Petrópolis (RJ)**. Atas do VI Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica, 4 a 7 de Novembro de 2015. Braga, Portugal.

FERNANDES, M. do C. **Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas**. Rio de Janeiro, 2004 xxvii, 263 p. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, IGEO.

FERNANDES, M. do C. **Questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica** - Discussões conceituais e metodológicas do uso do geoprocessamento em análises geoecológicas. Ana Maria S. M. Bicalho, Paulo Cesar da Costa Gomes (organizadores) – Rio de Janeiro: Publit, 2009. Capítulo 13, p. 267-286.

FERRANTE, T. **Tribuna de Petrópolis** - Chuva causa alagamento em vários pontos da cidade. 2017. Disponível em: < <http://e-tribuna.com.br/chuva-causa-alagamento-em-varios-pontos-da-cidade>>. Acesso em: 29/03/17.

FILHO, H. C. L. T. **A Fundação de Petrópolis - Decreto de 16 de Março de 1843 e Outros Documentos do Mesmo Ano**. Disponível em: <http://www.ihp.org.br/26072015/lib_ihp/docs/hcltf19380910.htm>. Acesso em: 29/03/2017.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Overall structure**. In: *Landscape Ecology*. New York: wiley, 1986, cap. 6, p. 191 - 221.

GONÇALVES, L. F. H. **Avaliação e diagnóstico da distribuição espacial e temporal dos movimentos de massa com a expansão da área urbana em Petrópolis – RJ**. Rio de Janeiro, Dissertação, UFRJ/ PPGG, 1998.

GRUPO ÁGUAS DO BRASIL. **Água e Esgoto**. Disponível em: <<http://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-imperador/agua-e-esgoto/eta/>>. Acesso em: 29/03/2017.

GUERRA, A. J. T. *et al.* **Criação de um Sistema de Previsão e Alerta de Riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos sócio-ambientais no bairro Quitandinha, bacia do rio Piabanha (afluente do Paraíba do Sul), município de Petrópolis-RJ**. Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, Taubaté, Brasil, 09-11 de Dezembro de 2009, IPABHi, p. 785-824.

GUERRA, A. J. T. *et al.* **Evolução Histórico-Geográfica da Ocupação Desordenada e Movimentos de Massa no Município de Petrópolis, nas Últimas Décadas**. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 8, nº 1 (2007).

HAACK, F. **A Variante do Caminho Novo de Bernardo Soares de Proença**. 2013. Disponível em: <<http://ahistoriadepetropolis.blogspot.com.br/2013/05/a-variante-do-caminho-novo-de-bernardo.html>>. Acesso em: 29/03/17.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. **O Manual de Deslizamento** – Um Guia para a Compreensão de Deslizamentos. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey, 2008, Circular 1325, 129p.

HUGGET, R. J. **Geocology: an evaluation approach**. Ed. London, 320 p. (1995)

IBGE. **Sinopse Estatística do Município de Petrópolis**. Rio de Janeiro, Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1948.

IBGE CIDADES. **Petrópolis**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/3303906>>. Acesso em: 29/03/17.

IBGE. **Censo Demográfico 2010 - Resultados Preliminares do Universo Conceitos e Definições – Tabelas Adicionais**. 2011. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_preliminares/tabelas_adicionais.pdf>. Acesso em: 29/03/17.

LAETA, T.; FERNANDES, M. do C. **Cartografia Histórica de Petrópolis (RJ): Levantamento dos Documentos Cartográficos no Período de 1846 a 1861**. Atas do VI Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica, 4 a 7 de Novembro de 2015. Braga, Portugal.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. 2007. Disponível em: <<http://www.unimedblumenau.com.br/downloads/Site%20Unimed%20Vida/DESASTRES%20NATURAIS%20E%20GEOTECONOLOGIAS.pdf>>. Acesso em: 29/03/2017.

MARCIEL, A. B. C.; LIMA, Z. M. C. **O conceito de paisagem: diversidade de olhares**. Sociedade e Território, Natal, v. 23, n.2, p. 159 - 177, jul./dez. 2011.

MEDEIROS, J. **A principal rua de Petrópolis**. 2001. Disponível em: <<http://www.petronline.com.br/materias.php?cod=242&mat=1&mes=06&ano=2001&flg=223>>. Acesso em: 25/09/2015.

MEIS, M.R.M; MIRANDA, L.G.H.; FERNANDES, N.F. **Desnívelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do Médio Vale do rio Paraíba do Sul**. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador 4: 1489-1509, 1982.

MENEZES, Paulo Márcio Leal de. **Questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica - Cartografia histórica: um instrumento de análise geográfica**. Ana Maria S. M. Bicalho, Paulo Cesar da Costa Gomes (organizadores) – Rio de Janeiro: Publit, 2009. Capítulo 12, p. 249-265.

MENEZES, P. M. L. de; COELHO NETTO, A. L. **Cartografia Geoecológica**. 2001. Disponível em: <http://www.geocart.igeo.ufrj.br/pdf/trabalhos/2001/Cart_Geoecologica_2001.pdf>. Acesso em: 05 de Outubro de 2015.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. **Landscape Ecology: Theory and Application**. 2nd Ed. New York. Springer Verlag. 1993.

ODUM, E. P. **Ecologia**. 1913 – Ecologia/ Eugene P. Odum; [supervisão da tradução Ricardo Iglesias Rios; tradução Christopher J. Tribe]. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

OLIVEIRA, F. L. **Análise Comparativa dos Dados Históricos de Movimentos de Massa Ocorridos em Petrópolis - RJ, das Décadas de 1960 até 1990**. Geo UERJ - Revista do Departamento de Geografia, Rio de Janeiro: UERJ, Departamento de Geografia, 2003.

OLIVEIRA, J. B. de O. **O Uso de um Código Comum de Cores em Mapas Militares Pelos Impérios Coloniais Francês, Português e Espanhol (Sécs. XVII-XVIII) e a Perda de Informações: Consequências da Degradação Documental**. Atas do VI Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica, 4 a 7 de Novembro de 2015. Braga, Portugal.

PEREIRA, A. *et al.* **“A Verdadeira Natureza da Caatinga”**: Uma Análise do Mapa Botânico do Estado do Ceará e as Ações da Inspetoria de Obras Contra as Secas, 1909-1910. Atas do VI Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica, 4 a 7 de Novembro de 2015. Braga, Portugal.

RIBEIRO, W. C. **Risco e Vulnerabilidade Urbana no Brasil**. Scripta Nova. Revista Eletrônica de Geografia y Ciencias Sociales. Universidade de Barcelona, v. XIV, n. 331 (65), 1 de agosto de 2010.

RODRIGUES, N. **Educação: da Formação Humana à Construção do Sujeito Ético**. Educação & Sociedade, ano XXII, n. 76, Outubro/2001.

RODRIGUEZ, J. M. M. *et al.* **Geocologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 2ª ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

SALGADO, Maria Luíza. **As Raízes de Petrópolis**. 2013. Disponível em: <<http://ahistoriadepetropolis.blogspot.com.br/2013/06/as-raizes-de-petropolis.html>>. Acesso em: 29/03/17.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. 5ª ed., 2ª reimpressão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.

SILVA, F. A. M. da *et al.* **Normal Climatológica de 1974 a 2003 da Estação Principal da Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2014.

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. **Cartografia Geotécnica Aplicada ao Planejamento Urbano**. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. 2012. Disponível em: <http://www.abge.org.br/uploads/revistas/r_pdf/RevistaABGE-art3.pdf>. Acesso em: 29/03/17.

SOUSA, G. M. de *et al.* **Cartografia Geoecológica da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios: Uma Proposta Metodológica**. Revista Brasileira de Cartografia, n. 62, Edição Especial, 1 de Julho 2010.

SOUZA, B. C. P. de. **Os Nomes Geográficos de Petrópolis/RJ e a Imigração Alemã: memória e identidade**. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014, 161p.

STRAHLER, A. N. **Equilibrium theory of erosional slopes approaches by frequency distribution analysis**. Amer. J. Sci. 248: 673 – 696, 1952.

TAULOIS, A. E. **História de Petrópolis**. 2007. Disponível em: <<http://www.petropolis.rj.gov.br/fct/index.php/petropolis/historia>>. Acesso em: 29/03/17.

TEIXEIRA FILHO, H. C. L. **A Fundação de Petrópolis - Decreto de 16 de Março de 1843 e Outros Documentos do Mesmo Ano**. 2011. Disponível em: <http://www.ihp.org.br/26072015/lib_ihp/docs/hcltf19380910.htm>. Acesso em: 29/03/17.

TOMINAGA, L. K. **Desastres naturais: conhecer para prevenir** - Desastres Naturais: por que ocorrem? Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosangela do Amaral (orgs.). São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TOMINAGA, L. K. **Desastres naturais: conhecer para prevenir** - Escorregamentos. Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosangela do Amaral (orgs.). São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TOMZHINSKI, G. W. *et al.* **Análise Geoecológica dos Incêndios Florestais do Parque Nacional do Itatiaia**. Ministério do Meio Ambiente, ICMBio, Parque Nacional do Itatiaia, boletim n. 15, 2012.

TROLL, C. *Luftboldplan und ökologische bodenforschung*. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zer Berlin. 1939. P.241 - 298.

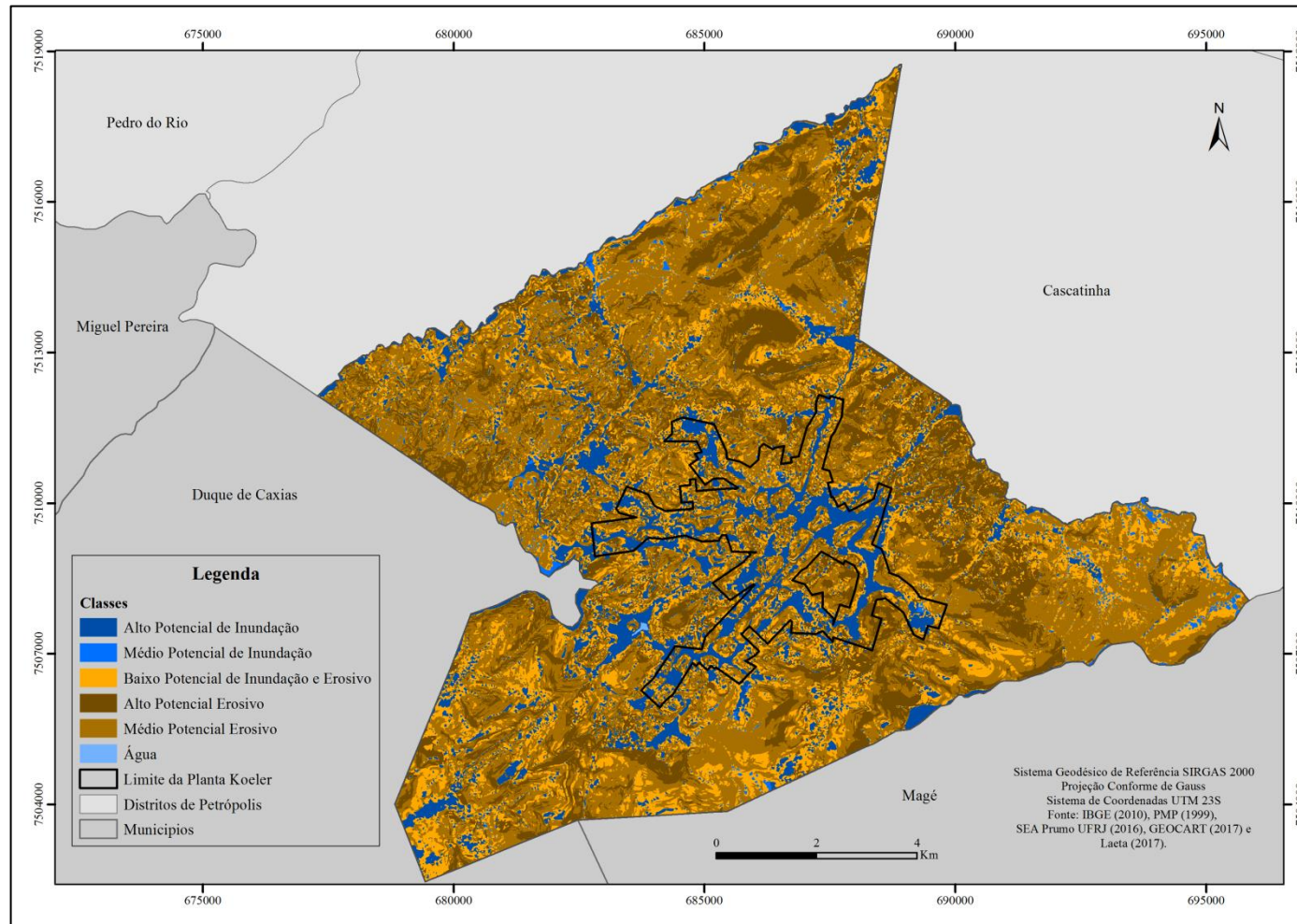
UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **A Global Report Reducing Disaster Risk a Challenge for Development**. 2004. Disponível em: <http://www.preventionweb.net/files/1096_rdrenglish.pdf>. Acesso em: 9/03/17.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Evaluation of Undp Contribution to Disaster Prevention and Recovery**. 2010. Disponível em: <<https://www.oecd.org/derec/undp/47871337.pdf>>. Acesso em: 29/03/17.

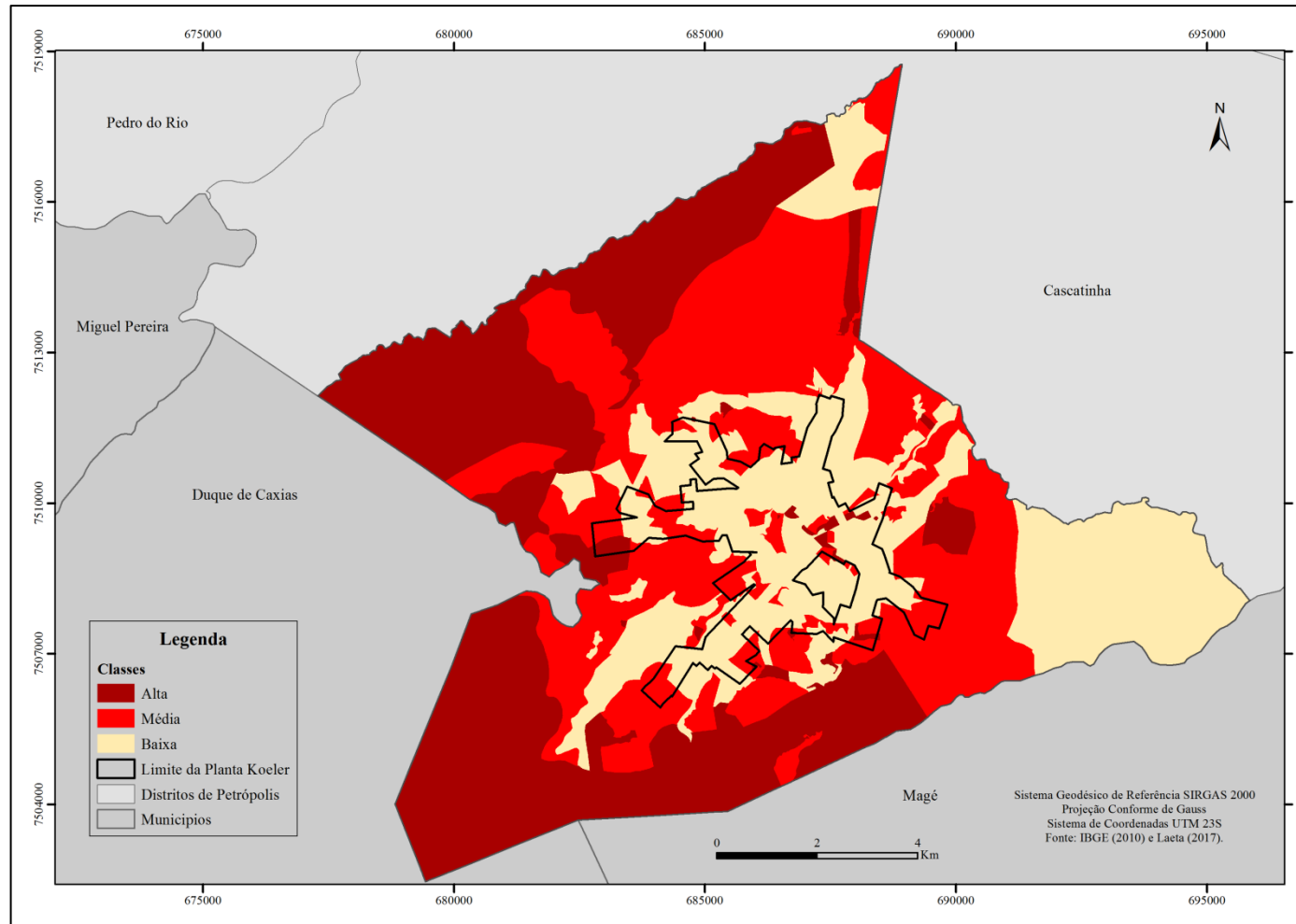
URQUIJO, P. S.; BOCCO, G. **Los estudios de paisaje y su importancia en México, 1970 - 2010**. Journal of Latin American Geography, 10 (2), 2011.

ZONNEVELD, I. S. *Textbook of Photointerpretation, Vol 7*. (Chapter 7: Use of aerial photointerpretation in Geography and Geomorphology). ITC. Enschede. 1972.

ANEXO 1 – MAPA DA SUSCETIBILIDADE GEOBIOFÍSICA COM A ÁREA DA PLANTA KOELER



ANEXO 2 – MAPA DA VULNERABILIDADE SOCIAL COM A ÁREA DA PLANTA KOELER



ANEXO 3 – MAPA DE RISCO COM A ÁREA DA PLANTA KOELER

