UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

RICARDO BRAMBILA BOSCO

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA SUB-REGIÃO 2 DA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA PAULISTA:

Consideração de indicadores precipitação-deslizamento

Santo André – SP
2018

RICARDO BRAMBILA BOSCO

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA SUB-REGIÃO 2 DA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO PARAÍBA PAULISTA:
Consideração de indicadores precipitação-deslizamento

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal do ABC, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental. Linhas de pesquisa: Vulnerabilidade socioambiental, deslizamentos, indicadores climáticos.

Orientadora: Profa. Dra. Andréa de Oliveira Cardoso

Co-orientadora: Dra. Andréa Ferraz Young

Santo André – SP
2018

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC
Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Brambila Bosco, Ricardo
Vulnerabilidade Socioambiental na Sub-Região 2 da Região Metropolitana do Vale do Paraíba Paulista : consideração de indicadores precipitação-deslizamento / Ricardo Brambila Bosco. — 2018.

130 fls. : il.

Orientadora: Andrea de Oliveira Cardoso
Coorientadora: Andrea Ferraz Young

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Santo André, 2018.

1. Vulnerabilidade socioambiental. 2. Deslizamentos. 3. Indicadores de precipitação. 4. Região Metropolitana do Vale do Paraíba. I. Cardoso, Andrea de Oliveira. II. Young, Andrea Ferraz. III. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, 2018. IV. Título.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador e co-orientador.

Santo André, 18 de maio de 2018.

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Assinatura do co-orientador: _____

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Fundação Universidade Federal do ABC
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP
CEP 09210-580 · Fone: (11) 4996-0017
pgcta@ufabc.edu.br

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Ricardo Brambila Bosco, realizada em 9 de março de 2018:

Andrea de Oliveira Cardoso

Prof.(a) Dr.(a) **Andréa de Oliveira Cardoso** (Universidade Federal do ABC) – Presidente

Prof.(a) Dr.(a) **Diana Sarita Hamburger** (Universidade Federal do ABC) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Evandro Mateus Moretto** (Universidade de São Paulo) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Neusa Serra** (Universidade Federal do ABC) – Membro Suplente

Prof.(a) Dr.(a) **Viviana Aguilar Muñoz** (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais) – Membro Suplente

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo presente da Vida, pois sem ele eu nada seria. Pela Sua força, que me motivou a realizar este trabalho.

Aqueles que estão junto a Deus, “In Memoriam” os meus pais Luzia Brambila Bosco e João Bosco, meu eterno agradecimento.

A minha esposa María Valverde Brambila pelo seu carinho, caminhar e compartilhamento de suas experiências, que foram essenciais em meu aprendizado, não somente em minha vida profissional, mas também na vida pessoal.

À Universidade Federal do ABC – UFABC, que proporcionou conhecimentos e novos amigos nessa nova jornada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo qual foi possível a realização deste trabalho.

A minha orientadora profa. Dra. Andrea de Oliveira Cardoso da Universidade Federal do ABC – UFABC e co-orientadora Dra. Andrea Ferraz Young do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, pela paciência, dedicação e orientação para que este trabalho fosse desenvolvido com coesão e profissionalismo.

Aos avaliadores da banca de defesa, a profa. Dra. Diana Sarita Hamburger e profa. Dra. Neusa Serra da Universidade Federal do ABC – UFABC, ao prof. Dr. Evandro Mateus Moretto da Universidade de São Paulo – USP e a Dra. Viviana Aguilar Muñoz do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, por suas observações e auxílio para o aprimoramento do trabalho.

Aos meus professores dos Programas de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental e Planejamento e Gestão do Território da Universidade Federal do ABC – UFABC, por seu empenho e dedicação ao ensino e pesquisa.

Aos amigos e colegas da Universidade Federal do ABC – UFABC, pelos momentos alegres e por seu companheirismo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização da pesquisa e trabalho desenvolvidos.

“Todos nós, brasileiros, somos carne da carne daqueles pretos e índios supliciados. Todos nós brasileiros somos, por igual, a mão possessa que os supliciou. A doçura mais terna e a crueldade mais atroz aqui se conjugaram para fazer de nós a gente sentida e sofrida que somos e a gente insensível e brutal, que também somos.”

Darcy Ribeiro

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a vulnerabilidade socioambiental aos riscos de deslizamentos da sub-região 2 da Região Metropolitana do Vale do Paraíba no Estado de São Paulo, através da construção índices ambientais e socioeconômicos, visando a criação de um índice sintético, denominado Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG). Esta sub-região é constituída por 10 municípios, a saber: Campos do Jordão, Lagoinha, Natividade da Serra, Pindamonhangaba, Redenção da Serra, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí, São Luís do Paraitinga, Taubaté e Tremembé. Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados indicadores ambientais e socioeconômicos, conforme a seguinte classificação adotada: disponíveis em órgãos públicos; baseados em padrões históricos e os construídos. Os indicadores disponíveis são aqueles obtidos através do Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os de padrão histórico são os registros de ocorrências de deslizamentos, média e percentil 85% da precipitação anual. Os indicadores construídos foram obtidos através de uma análise multivariada, utilizando o método estatístico de Análise de Componentes Principais (ACP), proporcionando a construção de um indicador chuva-deslizamento, representando a relação entre a precipitação e as ocorrências de deslizamentos no período de 1990-2016. A partir desses indicadores, foram construídos os índices de vulnerabilidade ambiental (IVA) e social (IVS), proporcionando a obtenção do Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG), contribuindo assim, para a avaliação da vulnerabilidade da sub-região 2. Dado que os índices IVA, IVS e IVG estão referidos ao espaço geográfico, sua distribuição espacial foi apresentada no formato de mapas, utilizando para isso sistemas de informação geográfica (SIG). No mapa do IVG observou-se um valor de vulnerabilidade muito alta nas regiões de Campos do Jordão e Natividade da Serra. Os indicadores mais relevantes na avaliação da vulnerabilidade para o município de Campos do Jordão estão relacionados com a dimensão ambiental: altos valores de precipitação acumulada em até cinco dias consecutivos, percentil 85 e média da precipitação anual. Para o município de Natividade da Serra, os indicadores mais relevantes pertencem à dimensão socioeconômica: taxa de analfabetismo de indivíduos maiores de 15 anos, taxa de domicílios com renda per capita até meio salario mínimo, renda familiar per capita e taxa de população em situação de extrema pobreza.

Palavras-chaves: Vulnerabilidade socioambiental. Deslizamentos. Indicadores de precipitação. Região Metropolitana do Vale do Paraíba.

ABSTRACT

This work was achieved with the objective to evaluate the socio-environmental vulnerability to landslide risks in sub-region 2 of the Metropolitan Region localized in Paraiba Valley in São Paulo state. We have built the environmental and socioeconomic indexes considering the influence of some specific risk factors. Finally, the indexes were integrated in order to create a synthetic index called the General Vulnerability Index (GVI). The region is further subdivided into 10 municipalities: Campos do Jordão, Lagoinha, Natividade da Serra, Pindamonhangaba, Redenção da Serra, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí, São Luís do Paraitinga, Taubaté, and Tremembé. We have used composite indicators, constructed by compiling individual indicators, in order to build single indexes. Some indicators were available in public agencies; some were produced based on historical standards, and other were constructed based on new surveys. The available indicators were obtained in the Demographic Census (2010) on the Brazilian Institute of Geography and Statistics website. The historical patterns are records of occurrences of landslides, mean and 85% percentile of annual precipitation. The constructed indicators were obtained through a multivariate analysis, using the statistical method of Principal Components Analysis (PCA), providing a rain and landslide indicator, representing the relationship between precipitation and occurrence of landslides from 1990 to 2016. Based on these indicators, the environmental (EVI) and social vulnerability indexes (SVI) were constructed, providing the General Vulnerability Index (GVI). Then, they have contributed to the vulnerability assessment of sub region 2. Since the EVI, SVI and GVI indexes have referred to the geographic space, its spatial distribution was presented in geographical maps through the geographic information systems (GIS). In the results, a very high vulnerability value can be observed in Campos do Jordão and Natividade da Serra regions. The most relevant indicator in the assessment of Campos do Jordão is related to the environmental dimension: high values of accumulated rainfall - up to five consecutive days, percentile 85 and mean annual precipitation. In Natividade da Serra, the most relevant indicator is related to the socioeconomic dimension: illiteracy rate of individuals over 15 years old, household rate with per capita income (up to half a minimum wage), per capita family income, and population rate in extreme poverty.

Keywords: Socio-environmental vulnerability. Landslides. Precipitation indicators. Metropolitan Region of the Paraíba Valley.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esferas chave do conceito de vulnerabilidade. 22
Figura 2 - Evolução das populações urbana e rural brasileira.....23
Figura 3 - Evolução do total anual de chuvas RMSP 1930-2010. 27
Figura 4 - Diagrama esquemático dos mecanismos através dos quais a mudança climática afeta a saúde humana. 27
Figura 5 - Tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil (1900-2006). 29
Figura 6 – Classificação de desastres naturais – COBRADE e CRED. 32
Figura 7 – Vista parcial do Morro do Britador em Campos do Jordão – SP. 33
Figura 8 – Deslizamento em janeiro de 2000 na Vila de Santo Antônio em Campos do Jordão – SP.....34
Figura 9 – Localização da Região Metropolitana do Vale do Paraíba. 43
Figura 10 – Sub-regiões da Região Metropolitana do Vale do Paraíba. 44
Figura 11 – Localização da Sub-região 2 da Região Metropolitana do Vale do Paraíba.....46
Figura 12 – Mapa de declividade da sub-região 2.....51
Figura 13 – Mapa de hipsometria da sub-região 2. 51
Figura 14 – Áreas de risco a deslizamento de terra dos municípios da sub-região 2. 52
Figura 15 – Primeira etapa da metodologia aplicada 64
Figura 16 – Metodologia aplicada (2ª Etapa). 66
Figura 17 – Ocorrências de deslizamentos nas sub-regiões da Região Metropolitana do Vale do Paraíba.....67
Figura 18 – Número de episódios de deslizamentos nos municípios da sub-região 2 da RMVP, período 1990-2016. 68
Figura 19 - Variação interanual da precipitação acumulada e ocorrências de deslizamentos para o município de Campos do Jordão (1990-2016). 69
Figura 20 - Série temporal anual do número de dias dos episódios de ZCAS selecionados pelo Boletim Climanálise (1996-2013). 70
Figura 21 - Caracterização climatológica da sub-região 2 da RMVP (1969-1994)....71
Figura 22 – Precipitação média mensal dos municípios da sub-região 2 da RMVP (1969-1994). 72
Figura 23 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados a 1 dia de precipitação – Campos do Jordão. 73
Figura 24 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados ao acumulado em 2 dias de precipitação – Campos do Jordão. 74
Figura 25 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados ao acumulado em 3 dias de precipitação – Campos do Jordão. 74
Figura 26 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados ao acumulado em 4 dias de precipitação – Campos do Jordão. 75

Figura 27 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados ao acumulado em 5 dias de precipitação – Campos do Jordão. 75
Figura 28 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados de precipitação para o município de Pindamonhangaba: 1 dia de precipitação (a), 2 dias (b), 3 dias (c), 4 dias (d) e 5 dias (e) e para o município de São Luís do Paraitinga: 1 dia de precipitação (f), 2 dias (g), 3 dias (h), 4 dias (i) e 5 dias (j). 76
Figura 29 – Matriz Componente Principal 1 (CP 1) - Campos do Jordão, Pindamonhangaba e São Luís do Paraitinga – 1990-2016. 78
Figura 30 – Comparação dos coeficientes da CP1 para os períodos de análise (1990-2016) e do período climatológico (1969-1994) para os municípios de Campos do Jordão, Pindamonhangaba e São Luís do Paraitinga. 79
Figura 31 - Índice Vulnerabilidade Ambiental da sub-região 2 da RMVP. 82
Figura 32 – Composição do IVA com seus indicadores e respectivos *scores.* 84
Figura 33 – Indicador de precipitação acumulada em 3 dias consecutivos. 85
Figura 34 - Ocorrências de deslizamentos da sub-região 2 da RMVP. 86
Figura 35 - Matas e florestas destinadas preservação - sub-região 2 da RMVP. 87
Figura 36 – Índice Vulnerabilidade Social da sub-região 2 da RMVP. 89
Figura 37 – Composição do IVS com seus indicadores e respectivos *scores*. 90
Figura 38 – Taxa de analfabetismo da População de 15 Anos e Mais - sub-região 2 da RMVP. 91
Figura 39 – Taxa Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo - sub-região 2 da RMVP. 92
Figura 40 – Taxa Domicílios particulares permanentes, por número de cômodos - 1 a 2 cômodos - sub-região 2 da RMVP. 93
Figura 41 – Taxa Domicílios particulares permanentes, por existência de água canalizada e forma de abastecimento de água - Não tinham - sub-região 2 da RMVP. 94
Figura 42 – Taxa Proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade residentes em domicílios particulares permanentes - com responsável ou cônjuge analfabeto - sub-região 2 da RMVP. 95
Figura 43 – Taxa população em situação extrema pobreza - sub-região 2 da RMVP. 96
Figura 44 – Taxa de Mortalidade Infantil (a), Taxa Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo (b), Renda familiar per capita (c), Taxa população em situação extrema pobreza (d), Taxa de Domicílios particulares permanentes, por classes de rendimento nominal mensal domiciliar per capita - Sem rendimento (e) para o município de Redenção da Serra. 98
Figura 45 – Taxa de Urbanização (a), Taxa de Domicílios particulares permanentes, por tipo de material das paredes externas - Madeira, taipa, palha, outros (b) para município de Campos do Jordão. 100
Figura 46 – Índice Vulnerabilidade Geral da sub-região 2 da RMVP. 102
Figura 47 – Comparação entre IVG da sub-região 2 da RMVP sem (a) e com (b) a contribuição dos indicadores chuva-deslizamento. 104

LISTA DE SIGLAS

IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDNDR	International Decade for Natural Disaster Reduction
IG	Instituto Geológico
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPRS	Índice Paulista de Responsabilidade Social
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica
IPVS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social
IVA	Índices de Vulnerabilidade Ambiental
IVG	Índices de Vulnerabilidade Geral
IVS	Índices de Vulnerabilidade Socioeconômica
ONU	Organização das Nações Unidas
PMVA	Programa Município VerdeAzul
PNPDEC	Política Nacional de Proteção de Defesa Civil
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RMVP	Região Metropolitana do Vale do Paraíba
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
UNISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 Objetivo 18
1.1.1 Objetivo geral 18
1.1.2 Objetivos específicos 18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19
2.1 Vulnerabilidade socioambiental 19
2.2 Fenômeno da urbanização e a vulnerabilidade socioambiental metropolitana 23
2.3 Sistemas atmosféricos, eventos extremos e deslizamentos de terra 25
2.4 Desastres Naturais 28
2.4.1 Movimento de massa 32
2.5 Indicadores e índices de vulnerabilidade 35
3 MATERIAIS E MÉTODOS 42
3.1 Área de estudo 42
3.2 Dados 53
3.2.1 Dimensão ambiental 55
3.2.2 Dimensão social 56
3.3 Metodologia 59
3.3.1 Seleção, integração de dados e construção dos indicadores 60
3.3.1.1 Indicadores de padrão histórico 60
3.3.1.2 Indicadores construídos para eventos de chuva/deslizamento 61
3.3.2 Mensuração dos índices de vulnerabilidade socioambiental 64
3.3.2.1 Cálculo dos Índices de Vulnerabilidade Ambiental e Índices de Vulnerabilidade Social 65
3.3.2.2 Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Geral 65
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 67
4.1 Análise estatística dos deslizamentos e padrões da precipitação 67
4.2 Indicadores chuvas-deslizamentos 72
4.2.1 Análise exploratória da relação chuvas-deslizamentos 73
4.2.2 Análise de Componentes Principais 77
4.3 Índice de Vulnerabilidade Ambiental 80
4.4 Índice de Vulnerabilidade Social 88

4.5 Índice de Vulnerabilidade Geral 100
4.6 Contribuição de indicadores chuva-deslizamento na avaliação da vulnerabilidade 102
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 105
6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 108
APÊNDICE A – Análise de Componentes Principais 123
APÊNDICE B – Índice de Avaliação Ambiental 126
APÊNDICE C – Índice de Perigo a Escorregamento 128

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1980, (*TIMMERMAN*, 1981; WATTS & BOHLE, 1993; KATES, 2000) publicam trabalhos sobre vulnerabilidade com a abordagem de geotecnologias para a modelagem de processos ou fenômenos ambientais, pautados em desastres naturais. Essas pesquisas auxiliaram o entendimento do conceito de vulnerabilidade.

Segundo o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2013), conhecido como IPCC (da sua denominação em inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*), o conceito de vulnerabilidade se refere às condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, uma comunidade, ativos ou sistemas aos impactos de perigos.

As pesquisas sobre o conceito de vulnerabilidade, com enfoque multidimensional, ou seja, que permeiam várias áreas ciências, como a social, econômica, cultural, tecnológica, ambiental, entre outras, iniciam-se também a partir da década de 1980. As mesmas consideram não somente os aspectos físicos do risco, mas também as condições sociais, especialmente as que abrangem às populações atingidas por eventos perigosos (ALMEIDA, 2011).

A vulnerabilidade torna-se base para políticas de redução de riscos de desastres, como o programa de redução de perda por riscos naturais, em sua sigla em inglês IDNDR (*International Decade for Natural Disaster Reduction)*, lançado pela Assembleia Geral das Nações Unidas, que proclama a década de 1990 como a década internacional de redução de desastres naturais (MUNASINGHE e CLARK, 1995).

O planejamento e ações inadequadas, através de políticas públicas aplicadas em alguns setores da sociedade, onde geralmente, os indivíduos que têm os menores índices de renda e educação, podem ser conduzidos a um quadro de enfraquecimento no processo de cidadania, em seus valores pessoais e culturais e um aumento da desigualdade social para essa população (BECK, 2010), tornando-se vulneráveis a processos ou fenômenos perigosos, tais como inundações ou deslizamentos de terra, dentre outros.

A vulnerabilidade pode ser expressa através de um conjunto de situações ou elementos relacionados entre si, tais como, recursos materiais ou simbólicos, as estruturas de oportunidades e as estratégias de uso dos ativos, dentro das dimensões econômicas, ambientais, culturais e das conjunturas sociais e políticas, que levam à falta de igualdade e acesso dos indivíduos ou comunidades, aos bens e serviços produzidos na sociedade (ABRAMOVAY et al., 2002).

Cutter (1996) trata a vulnerabilidade como uma condição pré-existente de realidades socioeconômicas, ambientais e culturais diferenciadas, e tem o foco dirigido à exposição potencial a perigos, se relacionando com fenômenos geodinâmicos, hidrometeorológicos e tecnológicos.

De acordo com Wu et al. (2002) nem todas as pessoas expostas a um perigo são igualmente vulneráveis. Rygel et al. (2005) aponta que há um comportamento ou vulnerabilidade diferencial entre os indivíduos diante do evento ocorrido, e que esse comportamento é explicado através da habilidade de enfrentamento ou de combate.

A segunda metade do século XX foi marcada por um processo de urbanização acelerado, pelo menos em parte do território, principalmente nas zonas periféricas das cidades, que passaram a expressar vários tipos de problemas, relacionados, sobretudo, ao adensamento populacional, degradação da paisagem, poluição do ar, água e solo, alterações nas características da atmosfera local, que podem ter levado a alterações climáticas globais e locais (ZANELLA, 2008).

O *IPCC* indica que as mudanças climáticas poderão contribuir com o aumento da frequência e intensidade dos eventos extremos, como secas, furacões, e principalmente àqueles associados à precipitação, como deslizamentos e inundações, podendo gerar desastres naturais de diferentes intensidades (IPCC, 2007).

O Quarto Relatório Científico do IPCC AR4 (TRENBERTH et al., 2007; MEEHL et al., 2007) apresenta evidências de mudanças de clima que podem afetar significativamente o planeta, especialmente nos extremos climáticos, com maior rigor nos países menos desenvolvidos na região tropical.

Segundo Marengo (2008) o Brasil é um país vulnerável às mudanças climáticas atuais e às que se projetam para o futuro, especialmente relacionadas aos extremos do clima.

Alguns autores indicam que na região Sudeste do Brasil, tem sido observado nos últimos cinquenta anos um aumento intenso na precipitação e que desde 1940 vem ocorrendo aumentos sistemáticos na frequência de chuvas intensas (MARENGO et al., 2007; GROISMAN et al., 2005).

A precipitação é um agente importante na deflagração dos processos de deslizamentos, juntamente com a interferência humana na retirada da cobertura vegetal e do uso e ocupação do solo para urbanização em áreas de riscos, como margens de rios e encostas (MOURA, 2006).

É de importância fundamental conduzir estudos que relacionem os diversos fatores dinâmicos (por exemplo, os processos de urbanização e alterações ambientais) e seus impactos, e que permitam avaliar o processo de vulnerabilidade socioambiental. Essa questão é relevante diante do quadro de suscetibilidade do ambiente degradado (natural e construído), e de uma população marginalizada vivendo em áreas periféricas sem recursos, como renda e emprego, acesso a serviços básicos de educação, saúde e transporte.

Neste contexto, além de todos estes fatores, o papel do clima e suas variabilidades associadas, podem agravar o quadro de vulnerabilidade da população e do ambiente, onde esses indivíduos estão inseridos.

O entendimento da base conceitual sobre a vulnerabilidade e da aplicação de indicadores e índices, que representem as características e condições ambientais e socioeconômicas da área de estudo, que no presente trabalho é a sub-região 2 da Região Metropolitana do Vale do Paraíba (RMVP), podem auxiliar na avaliação da vulnerabilidade socioambiental aos riscos de deslizamentos ocorridos nesta área.

Assim sendo, indicadores ambientais foram escolhidos para representarem as características e condições do meio físico dos municípios. Já os indicadores socioeconômicos representam o desenvolvimento econômico da população e condições de infraestrutura do meio urbano, através das dimensões: renda, escolaridade, longevidade, condição da estrutura das moradias.

O método estatístico de Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicado neste estudo, visando à construção de um indicador que representasse a relação entre a precipitação e as ocorrências de deslizamentos na área de interesse.

A partir das análises preliminares de indicadores, foi dado prosseguimento a construção de índices de vulnerabilidade para sub-região 2 da Região Metropolitana do Vale do Paraíba (RMVP).

1.1 Objetivo

Nesse sub-item são apresentados os objetivos geral e específicos deste trabalho.

1.1.1 Objetivo geral

Este estudo teve como objetivo avaliar a vulnerabilidade socioambiental relativa a riscos geológicos, especificamente os deslizamentos, deflagrados por chuvas na sub-região 2 da Região Metropolitana do Vale do Paraíba, utilizando para isto índices de vulnerabilidade, construídos a partir de variáveis socioeconômicas e ambientais, assim como a relação chuva-deslizamento. Pretende-se contribuir com a compreensão da exposição urbana a fenômenos naturais potencialmente perigosos, assim como das relações entre condições socioeconômicas e ambientais nos municípios da área de estudo.

1.1.2 Objetivos específicos

Para se atingir o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os indicadores socioeconômicos e ambientais que melhor caracterizem os municípios da área de estudo;
- Levantar e sistematizar dados de ocorrência de deslizamentos na área de estudo para identificar o padrão de distribuição e frequência desses eventos nos municípios da região;
- Caracterizar o regime de precipitação sazonal e anual, a partir de médias históricas da precipitação acumulada na área de estudo;
- Identificar um possível limiar de chuva extrema anual e o principal padrão dos totais de precipitação acumulada em dias consecutivos na região;
- Avaliar a relação chuva-deslizamento pelo cruzamento da informação de ocorrências com o regime de precipitação, para dados mensais e diários e, a partir desta avaliação, identificar e produzir indicadores dessa relação;
- Construir índices de vulnerabilidade ambiental (IVA), socioeconômica (IVS) e geral (IVG) para os municípios da área de estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Vulnerabilidade socioambiental

As atividades humanas, de modo geral, impactam o ambiente, positivamente, através da implementação de tecnologias e serviços que melhorem as condições de vida dos seres humanos em diferentes setores (transporte, saúde, educação, energia, entre outros), e negativamente, através da degradação promovida pela ocupação irregular do território e/ou pela poluição causada por fontes diversas, de origens distintas, tais como de veículos, atividades industriais e agrícolas, entre outras (MENEGUZZO & CHAICOUSKI, 2010).

De acordo com Guimarães (2001), a sociedade moderna não consegue perceber a necessidade de mudar seus padrões de consumo. O consumo exacerbado é extremamente danoso, uma vez que, para a produção de todo e qualquer produto é necessário, em maior ou menor escala, a apropriação e o uso de recursos naturais. Portanto, novas tecnologias vêm sendo testadas, pois o ambiente não pode continuar sendo considerado apenas como fornecedor de matéria-prima e energia.

No início dos anos 80, começam a ser elaboradas estratégias para reverter esse quadro, buscando-se alternativas para integrar os objetivos do desenvolvimento associados ao ambiente (DESCHAMPS, 2004).

Para Aledo e Sulaiman (2015), desde a década de 80, na literatura especializada em análise e gestão de riscos ambientais, havia um distanciamento entre os riscos de desastres naturais e a vulnerabilidade social, devido a uma visão tecnocrática que estabelecia que os desastres fossem considerados eventos extremos físicos que requeriam soluções tecnológicas, sem avaliar as causas sociais de fundo.

Segundo a visão de Souto Maior e Candido (2014), considera-se que a vulnerabilidade socioambiental urbana, na maioria dos casos, poderia estar relacionada à segregação espacial urbana e aos processos de desigualdade social, relacionados (ou não) ao crescimento demográfico. Os autores citam que esses processos podem expor, principalmente, às populações mais pobres, a um estado de vulnerabilidade, especialmente nas áreas públicas de preservação ou nas áreas

periféricas, com pouca e/ou nenhuma infraestrutura de bens e serviços públicos para um atendimento de qualidade.

Em um estudo elaborado por Cutter (1996) sobre vulnerabilidade relacionada a riscos ambientais, são demonstradas algumas perspectivas distintas que podem ser trabalhadas dentro dessa perspectiva, e que ainda são consideradas referências nos dias atuais, diante da problemática vivenciada pela sociedade no que diz respeito aos perigos e riscos socioambientais. O autor cita vários trabalhos das décadas de 80 e 90 sobre vulnerabilidade, como por exemplo, Timmerman (1981) que tratava a vulnerabilidade como sistemas que respondiam de eventos perigosos; e Kates (2000) onde a vulnerabilidade se referia a “capacidade de sofrer danos negativos causados por eventos adversos”.

A palavra "vulnerabilidade" é derivada da palavra latina *vulnerare*, que significa "ferir" (RYGEL ET AL., 2005). Segundo Neves (2008), a vulnerabilidade de indivíduos ou grupos da sociedade também pode estar relacionada à questão da desigualdade social. Kelly e Adger (2000) consideram que o aumento da desigualdade dentro de um grupo de indivíduos pode aumentar a vulnerabilidade.

Essa desigualdade pode estar relacionada a uma redução na alocação de recursos comuns e ao conjunto de riscos e outros fenômenos sociais associados à economia. Cabe lembrar que, de acordo com o Fórum Econômico Mundial de Davos (2016) uma pequena porcentagem (1%) da população mundial detém a mesma riqueza dos 99% restantes.

Para Cardona (2004) vulnerabilidade é a disposição preestabelecida ou fragilidade física, econômica, política ou social, onde uma comunidade pode ser atingida ou sofrer algum dano no caso de um evento de origem natural ou antrópica. O autor discute que na maioria das vezes, não é necessário haver um desastre “natural” para que o indivíduo seja considerado vulnerável, pois esse processo pode decorrer de outros fatores, como por exemplo, dificuldades de acesso às informações e serviços públicos de qualidade (educação, saneamento e saúde, segurança, renda, habitação, transporte).

Há três abordagens essenciais que devem ser consideradas em vulnerabilidade, segundo Cutter, Boruff e Shirley (2003): a) identificação das condições que tornam pessoas e lugares vulneráveis a eventos naturais perigosos; b) consideração da vulnerabilidade como uma oportunidade para implementação de

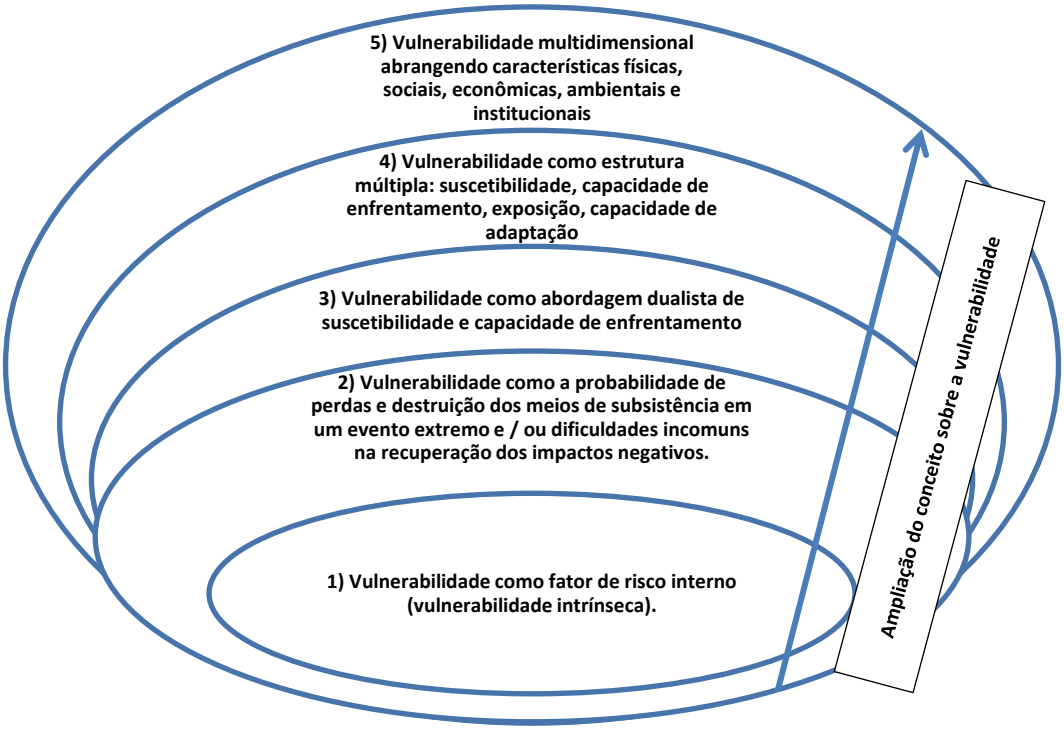
medidas que favoreçam a prevenção de catástrofes naturais e resiliência; e c) integração entre os fatores de exposição e a resiliência em um dado local ou região.

Existem infinitas fontes de pesquisas sobre a vulnerabilidade no Brasil, como por exemplo, comunidades de especialistas em riscos de desastres (ex. CEMADEN, CPRM, CENAD), ou a própria ciência dedicada ao estudo das mudanças ambientais. De forma geral, se considera que o conceito de ameaça, que provocaria a vulnerabilidade das pessoas, se refere a um perigo latente ou um fator de risco externo de um sistema ou individuo exposto, expressado na probabilidade de ocorrer um evento perigoso. A vulnerabilidade, portanto, pode ser entendida como um aspecto interno do risco, que está expresso através do risco de fatalidade que um sistema ou individuo exposto possa vir a sofrer (Cardona et al., 2012: 37).

Por exemplo, os riscos, a suscetibilidade ambiental e a vulnerabilidade dos indivíduos podem ser causados por processos naturais e humanos, como as mudanças do clima e a poluição, respectivamente. Assim sendo, os riscos ambientais estão relacionados às condições naturais, mas exatamente quando estas se afastam do padrão de normalidade dentro de um determinado limiar. Nesse caso, os sistemas humanos podem ser drasticamente afetados (KALY et al., 1999).

Essas características intrínsecas do sistema exposto, que são denominadas de suscetibilidade, e em um contexto mais amplo, representa a vulnerabilidade como sendo composta por exposição e suscetibilidade, são mostradas na primeira esfera da Figura 1, que apresenta a evolução do conceito sobre a vulnerabilidade (BOHLE, 2001; WISNER et al., 2004: 11; BIRKMANN, 2006).

Figura 1 - Esferas chave do conceito de vulnerabilidade.



Fonte: BIRKMANN, 2006.

Ainda, na ampliação das definições sobre vulnerabilidade apresentada no estudo desses autores, a segunda esfera da Figura 1 apresenta a definição da vulnerabilidade como a probabilidade de lesão, morte, perda e destruição dos meios de subsistência causada por um evento extremo e/ou dificuldades de recuperação dos impactos negativos, principalmente daqueles relacionados às pessoas envolvidas.

A terceira esfera mostra a vulnerabilidade com abordagem dualista da suscetibilidade, por um lado, e das dificuldades incomuns relativas ao enfrentamento e recuperação, do outro.

Além disso, conforme descrita na quarta esfera, a capacidade de enfrentar é o outro lado da vulnerabilidade (capacidade positiva), e que, portanto, abrange a capacidade adaptativa, a exposição e a relação com as perturbações e estresses, e não somente a suscetibilidade (como uma definição unicamente negativa).

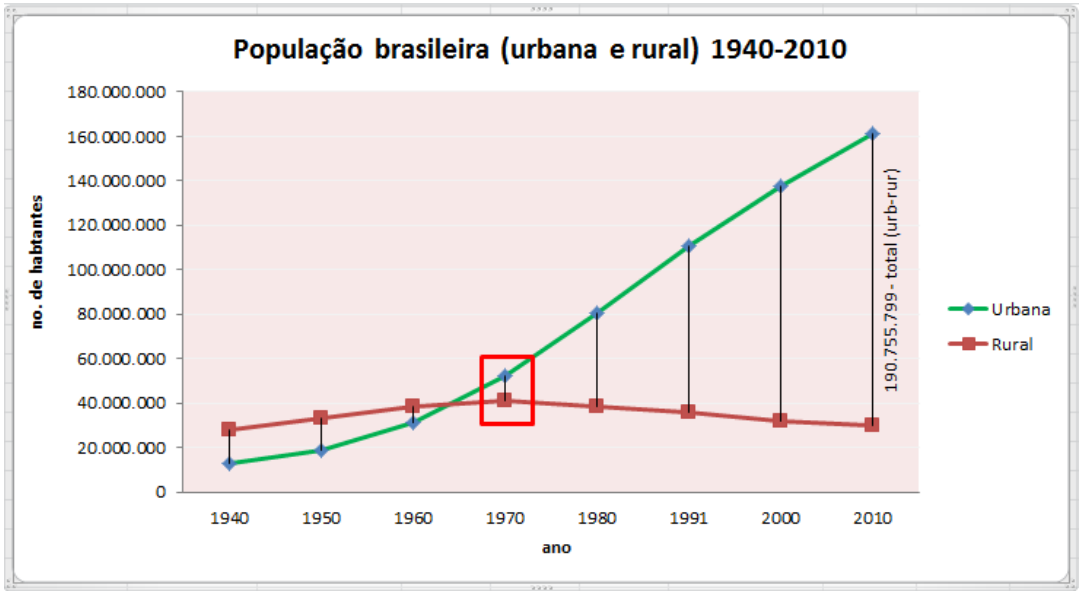
Por último, na quinta esfera, enquanto a vulnerabilidade está associada principalmente a aspectos físicos, a visão atualizada mostra claramente que a vulnerabilidade está associada a diferentes níveis de abrangência, como meio físico/ambental, econômico, social, ambiental e institucional.

Uma análise mais aprofundada desta discussão sobre a vulnerabilidade demonstra que esse processo depende não apenas do risco natural em questão - por exemplo, deslizamentos, inundações, secas, ressacas, etc., mas, também da conjuntura socioeconômica, e dos aspectos culturais e institucionais, conforme apresentada na Figura 1 (BIRKMANN, 2006).

2.2 Fenômeno da urbanização e a vulnerabilidade socioambiental metropolitana

No Brasil, de forma geral, o processo de urbanização ocorreu de forma acentuada, sendo que já nos anos de 1970, pela primeira vez, a população residente em áreas urbanas superou a população rural (Figura 2) e o país se tornou um país urbano. Cabe ressaltar que, as migrações internas foram relevantes na aceleração do processo de urbanização (BRITO & PINHO, 2012; SOUZA, TERRA e CAMPOS, 2015).

Figura 2 - Evolução das populações urbana e rural brasileira.



Fonte: Souza, Terra e Campos, 2015.

Young e Hogan (2010) explicam que o desenvolvimento do processo de urbanização em várias áreas de regiões metropolitanas, como por exemplo, em São Paulo, resulta do agravamento dos problemas ambientais em áreas urbanas, devido a processos de desmatamentos, poluição de recursos hídricos, enchentes, entre

outros. Isso acaba por impactar os serviços e a infraestrutura local, uma vez que em sua composição “físico-urbanística”, a estrutura urbana relaciona-se com diversas componentes do meio, tais como a ocupação o território; a disponibilidade de água; destino e tratamento de esgoto e lixo; qualidade do transporte público, entre outras.

O processo de urbanização no Brasil sofreu mudanças nas últimas décadas, entre as décadas de 1970 e 1980 mais da metade da população urbana e quase 30% do total, viviam em grandes metrópoles, trazendo várias consequências, tais como, aumento do número de favelas, agravamento dos problemas de segregação socioespacial, desemprego, entre tantos outros (CARVALHO E ARAÚJO, 2006; BRITO & PINHO, 2012).

Maricato e Tanaka (2006), explicam que o acelerado processo de urbanização no país e a mudança no padrão de crescimento das cidades, especialmente das metrópoles, proporcionaram alguns impactos positivos, tais como, queda da mortalidade infantil (que em 1940, passou de 150 mortes por mil nascidos vivos, para 29,6 por mil em 2000), o aumento da expectativa de vida (média de 40,7 anos em 1940 e de 70,5 em 2000), a melhora do nível de escolaridade (55,9% de analfabetos em 1940 e 13,6% em 2000), entre outros.

Entretanto, os autores destacaram na época, que os indicadores urbanísticos refletiam algumas diferenças nas condições de vida da população e ainda apresentavam aspectos bastante negativos, como por exemplo, a ocupação inadequada do solo (envolvendo áreas ambientalmente sensíveis, como margens de rios, mangues e localidades inadequadas em morros), o crescimento acelerado de favelas (ou ocupações ilegais), a falta de saneamento básico, e outros problemas.

Segundo Maricato (2003), o mercado imobiliário refuta algumas áreas sem infraestrutura, situadas em regiões desvalorizadas, onde a população mais pobre acaba se alojando. Ainda, de acordo com a autora, essas regiões normalmente periféricas não possuem equipamentos públicos, ou são precários e insuficientes para atender as demandas da população, como por exemplo, serviços relacionados a saneamento, educação, saúde, postos de trabalho, entre outros.

Normalmente, constituem áreas sem segurança para as edificações, pois se encontram em zonas de risco de inundações e deslizamentos. Na realidade são encostas com relevos acidentados, áreas degradadas, ou planícies de inundações e essas áreas são passíveis de impactos de diferentes proporções, deflagrados por

eventos de tempo e clima, algumas vezes caracterizados como eventos extremos (NOBRE et al., 2011).

Uma característica da urbanização no Brasil (Souza, Terra e Campos, 2015) seria a tendência da concentração da população em grandes cidades, principalmente no caso de regiões metropolitanas, relacionado provavelmente ao processo de industrialização (ABRUCIO E SOARES, 2001).

Na Região Metropolitana do Vale do Paraíba, atualmente, mais de 90% de áreas naturais estão degradadas e quase totalmente sem florestas, onde a vegetação natural de Mata Atlântica é pouco representativa da formação original, com a introdução de espécies exóticas, como o Eucalipto, além da contaminação de vários cursos d'água devido ao lançamento *in natura* de esgotos domésticos e industriais (DEVIDE et al., 2014).

A ocupação da região do Vale do Paraíba inicia-se no século XVII com 3 vilas, Guaratinguetá, Jacareí, e Taubaté, visando à busca de metais preciosos. No século XVIII a região vive um período econômico positivo com a introdução do ciclo do café, entre 1836 e 1886. (DEVIDE et al., 2014; ARRUDA, 2013).

Com a construção da Rodovia Presidente Dutra em 1950, a região do Vale do Paraíba se constitui em um ponto estratégico no setor industrial, influenciando significativamente no processo de urbanização, entre as décadas de 1960 e 1970, das cidades próximas a seu eixo, (especialmente os municípios de São José dos Campos, Taubaté, Pindamonhangaba, Jacareí, Guaratinguetá, Cruzeiro e Caçapava). Enquanto isso, as cidades próximas as Serras do Mar, da Bocaina e da Mantiqueira (Arapeí, Areias, Bananal, Queluz, São José do Barreiro, São Luís do Paraitinga, Natividade da Serra e Silveiras), permanecem associadas ao setor agrícola e sofrendo constante êxodo rural, pois muitos de seus habitantes migraram para as cidades em torno do eixo da rodovia Presidente Dutra, buscando melhores condições econômicas (RICCI, 2006; VIEIRA 2009, p. 99).

2.3 Sistemas atmosféricos, eventos extremos e deslizamentos de terra

Reboita et al. (2010) apresentam uma revisão sobre os principais sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul (AS) e que contribuem para a precipitação. Os autores dividiram a AS em sub-regiões destacando os sistemas atuantes, onde a região sudeste, no qual a RMVP está incluída, apresenta máximos de precipitação

no verão e mínimos no inverno, e a média do total anual é de aproximadamente 1500 mm. Os principais sistemas atuantes são: Ventos alísios; Jatos de Baixos Níveis (JBN) que transporta umidade da Amazônia para o Sul e o Sudeste do Brasil; Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); circulação de brisa; bloqueios atmosféricos; frentes; Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis subtropicais (VCAN); ciclones.

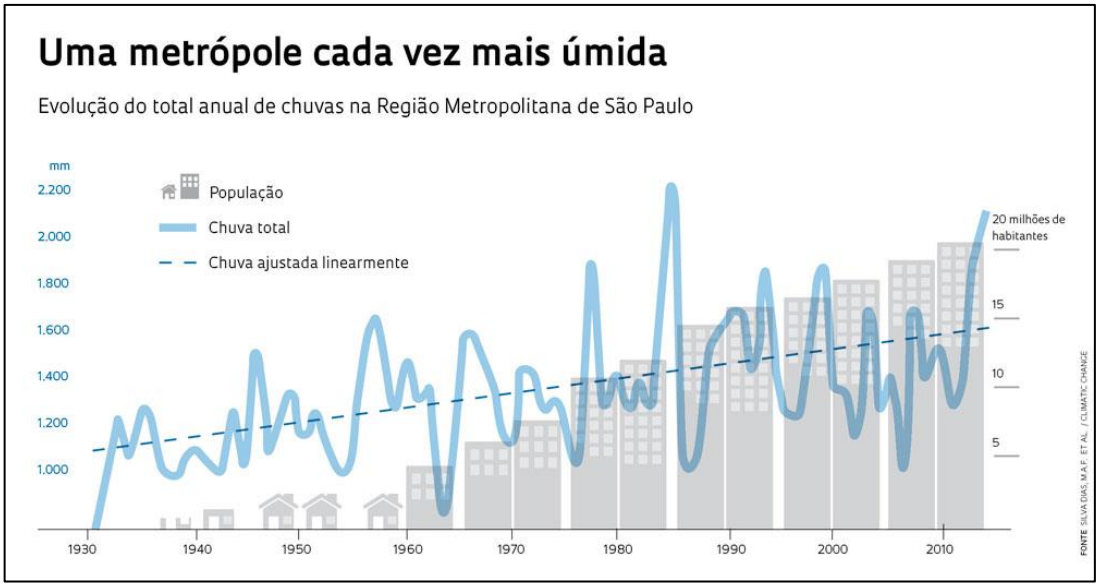
Ainda, os autores citam que dependendo da intensidade e/ou frequência dos sistemas atmosféricos atuantes, pode ocorrer um evento extremo de tempo ou clima, sendo o último altamente dependente de condições persistentes (REBOITA et al., 2010).

De acordo com Marengo (2009), eventos extremos são definidos como valores discrepantes de uma condição climática média, que ocorrem em escalas temporais, variando de dias a milênios. Os de curto prazo são eventos relacionados com o tempo (tempestades convectivas e chuvas torrenciais gerando inundações e deslizamentos, rajadas de ventos, tornados, granizo e ocorrência de descargas atmosféricas) e os de médio e longo prazo são relacionados com o clima.

No Brasil, as chuvas têm provocado inundações bruscas, graduais e movimentos de massa, que são responsáveis por um número significativo de óbitos (CEPED, 2011). No estado de São Paulo, Carvalho et al. (2004) identificaram que os eventos extremos de chuva apresentam uma variabilidade interanual ligada ao El Niño e à La Niña, assim como variações intrassazonais associadas à atividade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e do Jato de Baixos Níveis da América do Sul (JBN-AS).

Silva Dias et al. (2013), através de um estudo de longo prazo sobre a variação da precipitação na Região Metropolitana de São Paulo, para o período de 1933 a 2010, ressaltaram a importância da presença de áreas urbanas extensas no possível aumento das precipitações (Figura 3), principalmente mais intensas. Foram observados eventos extremos de chuvas diárias e suas alterações na frequência, sugerindo que a urbanização, a poluição atmosférica e o fenômeno ilha de calor, podem ser importantes para explicar os extremos diários de chuvas na estação chuvosa.

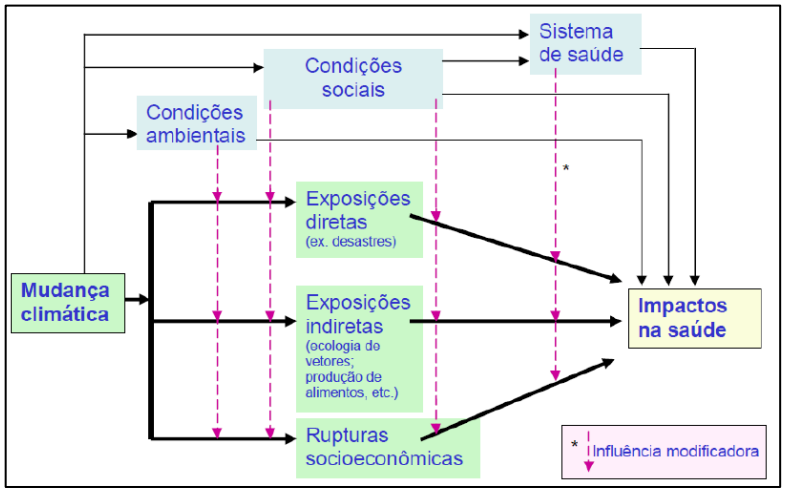
Figura 3 - Evolução do total anual de chuvas RMSP 1930-2010.



Fonte: Silva Dias et al. (2013).

Do ponto de vista socioambiental (Figura 4), os impactos dos processos climáticos à vida humana podem ser distribuídos seguindo-se as disparidades socioespaciais, ou seja, as localizações das populações mais pobres que sofreram impactos mais contundentes (CONFALONIERI e MARINHO, 2007), ressaltando-se que esta mesma população é a que menos tem contribuído para os processos que podem influenciar o aquecimento global (YOUNG, 2017).

Figura 4 - Diagrama esquemático dos mecanismos através dos quais a mudança climática afeta a saúde humana.



Fonte: Confalonieri e Marinho (2007).

Zanella (2008) também menciona o número de eventos de chuva têm se intensificado com incremento da precipitação, deflagrando episódios de deslizamentos.

Na sub-região 2, que é a área de estudo desse trabalho, mais especificamente no município de Campos do Jordão, foram registrados eventos de chuvas extremas, causado pela atuação da ZCAS, exatamente como aquela que teve inicio no dia 31 de dezembro de 2000 e estendeu-se por mais quatro dias com precipitação acumulada de 453,2 mm, levando a ocorrência de escorregamentos de terra, com 10 mortes, vários feridos e desabrigados, além de danos materiais (RIDENTE JR et al., 2002).

2.4 Desastres Naturais

Ao longo da história, a relação do ser humano com a natureza mostra que passou de um aspecto de aprendizado com os fenômenos naturais, para um aspecto equivocado de dominação e uso dos recursos naturais, através dos conhecimentos técnicos extremamente restritivos impostos pela ciência positivista (TOMINAGA et al., 2009).

Conforme Marcelino (2008), desde a formação dos primeiros agrupamentos humanos até a criação das modernas cidades, os desastres têm impactado as populações, pois as primeiras cidades foram construídas, em geral, sobre as planícies dos grandes rios, no litoral e nas encostas vulcânicas.

Abaixo, são apresentados alguns dos grandes desastres ocorridos, principalmente, a partir da Idade Média, onde as cidades da época formavam alguns desses aglomerados humanos:

- Na China, em 1332, uma inundação de grandes proporções causou a morte de 7 milhões de pessoas por afogamento e outras 10 milhões pereceram, em seguida, por fome e doenças (BRYANT, 1997).

- Na Alemanha, em 1362, uma inundação matou cerca de 100.000 pessoas. Em 1755, ocorreu o famoso terremoto de Lisboa, Portugal, que atingiu 8,6 graus na escala Richter, vitimando mais de 30.000 pessoas, devido aos tremores de terra, do tsunami e dos incêndios que devastaram a cidade. Na erupção do vulcão Tambora na Indonésia em 1815, aproximadamente 56.000 pessoas também faleceram (MUNICH RE GROUP, 1999).

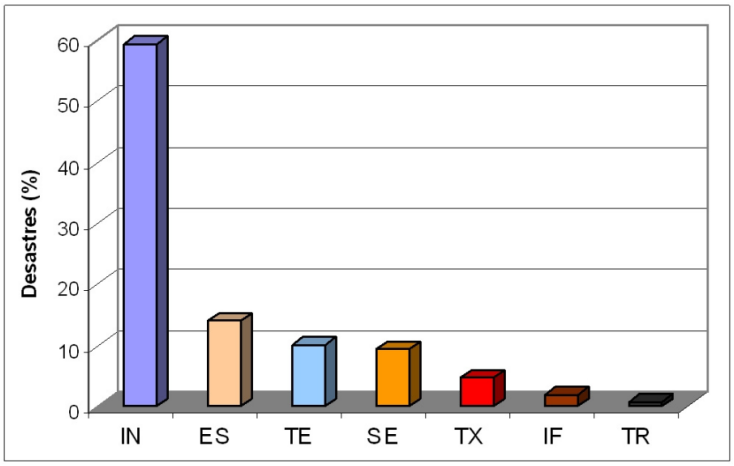
- No período contemporâneo, mais precisamente em 26 de dezembro de 2004, um tsunami atingiu diversos países asiáticos, especialmente, a Indonésia, a Índia e o Sri Lanka, e deixou mais de 170.000 mortos, 50.000 desaparecidos, 1.723.000 desalojados e 500.000 desabrigados (KOHL et al., 2005).

Nas últimas décadas, um aumento considerável de desastres ambientais é registrado, em termos de frequência e intensidade, que resultaram em sérios danos e prejuízos socioeconômicos (IPCC, 2013).

Segundo Kobiyama et al. (2004), afirmam que fenômenos naturais, como deslizamentos de terra, podem ser deflagrados por condições meteorológicas, solo, paisagem, entre outros. Quando esses fenômenos ocorrem onde vivem seres humanos, resultam em perdas e prejuízos caracterizando-se como desastres (KOBIYAMA ET AL., 2004).

Marcelino (2008) explana que os desastres naturais estão ligados diretamente à história do ser humano e ao seu modo de apoderar-se e utilizar os recursos naturais. Desde os primeiros grupos humanos, quando os homens deixam de ser nômades, para se fixar e construir suas habitações em terras com o desenvolvimento da agricultura, já há evidências de desastres. O autor mostra os tipos de desastres ocorridos no Brasil entre 1900 e 2006, destacando as inundações com a maior porcentagem, seguido dos escorregamentos (Figura 5).

Figura 5 - Tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil (1900-2006).



Fonte: Marcelino (2008). Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, TE –Tempestades, SE – Seca, TX – Temperatura Extrema, IF –Incêndio Florestal e TR – Terremoto.

O Quadro Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015-2030 é um acordo voluntário aprovado por 187 países, enfatizando a necessidade de uma redução mais integrada do risco de desastres que incorpore abordagens de baixo custo, bem como abordagens *top-down*, conhecimento científico e técnico local. Prevê a interação entre várias áreas críticas, por exemplo, saúde, mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável (AITSI-SELMI et al., 2015).

Ainda segundo os autores, o resultado do acordo de Sendai para os próximos 15 anos é alcançar a redução do risco de desastres e perdas em vidas, meios de subsistência e saúde e nos bens econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países. (AITSI-SELMI et al., 2015).

As pessoas sem condições adequadas de vida (sem saneamento básico, precários serviços de saúde e transporte, moradias com baixos padrões de construção, etc), e que geralmente, vivem em favelas, loteamentos irregulares e cortiços, são particularmente vulneráveis aos impactos dos riscos e desastres naturais como deslizamentos de terra, elevação do nível do mar, inundações e outros perigos (BAKER, 2012).

Portanto, as populações se tornam cada vez mais vulneráveis devido à ocorrência de desastres, sejam estes de origem natural ou tecnológica, portanto devem ser tratadas com prioridade nas agendas dos governos (BORTOLETTO & FREITAS, 2014).

Os desastres naturais são causados por fenômenos, de origem hidro-meteorológica, climatológica, geofísica ou biológica que afetam o ambiente natural e construído das regiões impactadas, provocando danos materiais e vítimas em um determinado nível que podem exceder a capacidade de resposta da comunidade local (MATA-LIMA ET AL., 2013).

São muitos os conceitos e definições apresentados sobre desastres. No glossário da Defesa Civil Nacional, Castro (1998) define desastre como consequências de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos materiais e/ou ambientais e consequentemente provocando prejuízos econômicos e sociais.

Tobin e Montz (1997) apresentam o conceito de desastre como aquele que resulta do impacto de um fenômeno extremo sobre um sistema social, causando danos e prejuízos que podem exceder a capacidade de reação dos afetados.

Muitas vezes, os deslizamentos de terra apresentam impactos de elevadas intensidades e consequências desastrosas à sociedade e ao sistema econômico, em muitos países (NEFESLIOGLU et al., 2008). A maior parte dos deslizamentos de terra é observada como processos geomorfológicos que, geralmente, apresentam um aspecto paisagístico considerável (THOMAS, 2001).

O *Emergency Disaster Data Base* (EM-DAT) do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED), órgão parceiro da Organização Mundial da Saúde, e Munich Reinsurance Company (MunichRe) adotaram em 2008 uma classificação em comum em suas bases de dados para desastres naturais, reclassificando-os em dois grandes grupos: naturais e tecnológicos.

Os desastres naturais foram divididos em seis subgrupos: biológicos, geofísicos, climatológicos, hidrológicos, meteorológicos e extraterrenos (meteoritos), este último foi retirado na atualização em 2012. De acordo com (KOBIYAMA et al., 2006), a *UN-Intenational Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR) também adotou a nova classificação, pois o EM-DAT é o principal banco de dados utilizado pela Organização das Nações Unidas – ONU.

Através da publicação da Instrução Normativa número 01 do Ministério da Integração Nacional (2012), a União apresenta o modelo de como serão classificados os desastres naturais. Para uma explicação mais clara de alguns pontos da Política Nacional de Proteção de Defesa Civil (PNPDEC) instituída pela Lei 12.608/12 (BRASIL, 2012:4-5), cita-se:

> "Art. 7º A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil adotará a classificação dos desastres constante do Banco de Dados Internacional de Desastres (EMDAT), do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU) e a simbologia correspondente."
> "Art. 8º Para atender à classificação dos desastres do Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT), a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil passa a adotar a Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE, que segue como Anexo I desta Instrução Normativa."

KOBIYAMA et al., (2006), em seu trabalho afirmam que a classificação brasileira não acompanha a alteração da classificação realizada pelo CRED, e mantém um estilo mais próximo à classificação antiga. Além disso, os movimentos de massa são classificados no COBRADE no grupo de desastres geológicos e pelo CRED são divididos em movimentos de massa (seca) como desastre do tipo geofísico, e movimentos de massa (úmida) no tipo hidrológico (Figura 6).

Figura 6 – Classificação de desastres naturais – COBRADE e CRED.

Classificação Brasileira		Classificação Internacional	
Classe	**Exemplo**	**Classe**	**Exemplo**
Geológico	• Terremotos • Vulcanismos • Movimentos de massa • Erosão	Geofísico	• Terremoto • Vulcanismo • Movimentos de massa (**seca**)
Meteorológico	• Sistemas de grande escala • Tempestades • Temperaturas extremas	Meteorológico	• Tempestades
Hidrológico	• Inundações • Enxurradas • Alagamentos	Hidrológico	• Inundações • Movimentos de massa (**úmida**)
Climatológico	• Secas	Climatológico	• Temperaturas extremas • Secas/estiagens • Incêndios
Biológico	• Epidemias • Infestações/pragas	Biológico	• Epidemias • Infestações de insetos • Debandadas de animais

Fonte: Kobiyama et al., 2006.

2.4.1 Movimento de massa

Para Pfaltzgraff (2007), os movimentos de massa são eventos geológicos originados a partir de movimentos gravitacionais do solo, de sedimentos e de rochas, que ocorrem devido à ação de agentes naturais que podem ser de origem geológica, geomecânicas, climáticas ou antrópicas. Além disso, a granulometria, a coesão do material, cobertura vegetal, o relevo, a água e da forma de ocupação das encostas, tem papel importante no desencadeamento de deslizamentos.

Ainda segundo o autor, os principais fatores que desencadeiam os movimentos de massa em áreas urbanas são: a geometria inadequada dos taludes de corte com relações de altura e inclinação; lançamento de aterros sem compactação; impermeabilização do terreno; plantio de vegetação inadequada; alteração das drenagens naturais e, descartes inadequados das águas servidas (PFALTZGRAFF, 2007).

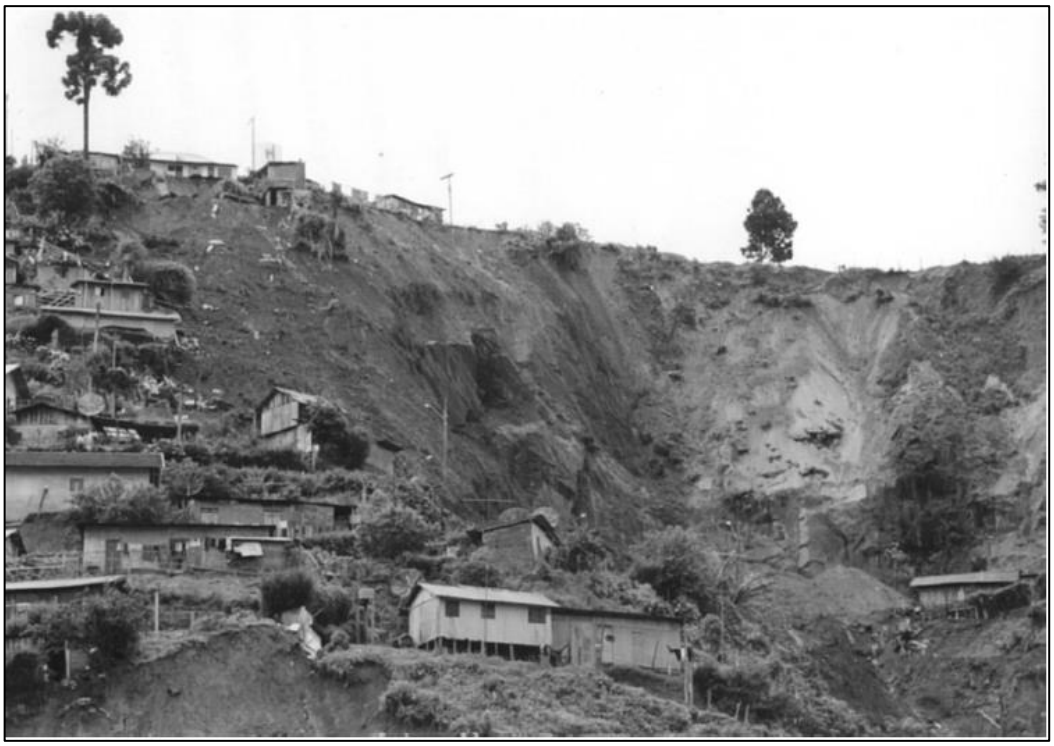
O movimento de massa é um processo natural e faz parte da evolução da paisagem, porém este processo está sendo agravado devido o aumento da ocupação populacional em áreas inadequadas. Ao apropriar-se de uma encosta, através de cortes, aterros e desmatamento, estes acabam alterando sua estabilidade e facilitando a ocorrência de deslizamentos (TAVARES et al., 2004).

De acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), o movimento de massa pertence ao subgrupo de desastres naturais geológicos, onde o deslizamento é um dos tipos de eventos desse subgrupo (KOBIYAMA et al., 2006).

Vestena (2010) indica em seu trabalho, que no Brasil, o processo de deslizamento está quase sempre associado a eventos pluviométricos extremos. O termo deslizamento é empregado, de modo abrangente, para indicar movimentos de massas de solo e/ou rocha, determinando rastejos, corridas de massa, escorregamentos e quedas/tombamentos.

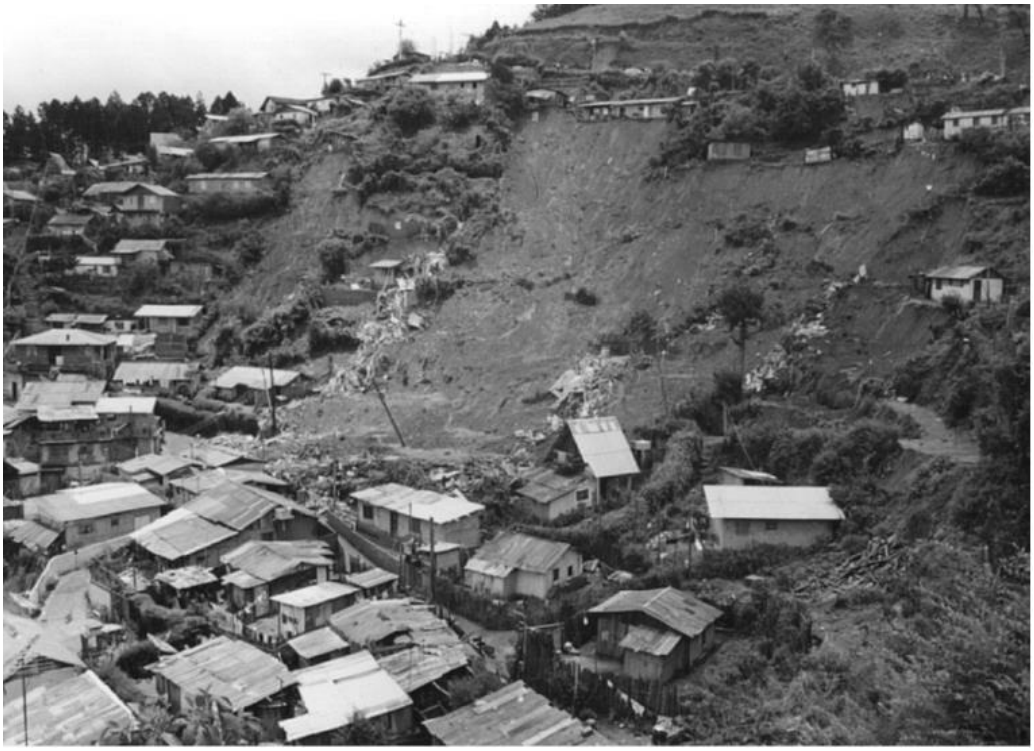
O Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) realizou um levantamento em dezembro de 2000, apontando Campos do Jordão (município da sub-região 2) como uma cidade que possui mais áreas de risco de deslizamentos na faixa entre alto e muito alto, devido a processos de movimentos de massa. Esse tipo de evento, com mais de 400 mm de precipitação acumulados em quatro dias, já provocou dez mortes, vários feridos, desabrigados e perdas materiais. As áreas mais propícias a esses eventos são o Morro do Britador (Figura 7), Vila Albertina, Bairro Santo Antônio (Figura 8), Vila Nadir, Sodipe e Paulista Popular (ROSA FILHO & CORTEZ, 2008).

Figura 7 – Vista parcial do Morro do Britador em Campos do Jordão – SP.



Fonte: Rosa Filho & Cortez, 2008.

Figura 8 – Deslizamento em janeiro de 2000 na Vila de Santo Antônio em Campos do Jordão – SP.



Fonte: Rosa Filho & Cortez, 2008.

Mais recentemente, em 06 de março de 2017, houve um evento de chuva intensa, que resultou em deslizamentos de terra em 15 pontos da cidade (G1 Vale do Paraíba e Região, 2017).

Em um trabalho recentemente publicado, Mendes et al. (2018), avaliaram a contribuição relativa de fatores naturais e humanos para desencadear os deslizamentos de terra no evento nos finais de 2000 no município de Campos do Jordão. Os autores realizaram um levantamento geotécnico na área e simulações numéricas relacionadas a fatores naturais, como chuvas intensas, além de fatores antrópicos, como corte em taludes, infiltração de água e esgotos e carga de ocupação e uso do solo. Concluíram que os fatores antrópicos tiveram uma influência maior nos processos de deslizamento ocorridos no município, do que propriamente o fator de precipitação.

No final do ano de 2009, houve uma precipitação acima do esperado devido a um sistema de baixa pressão que se localizou na região Sudeste. Vinte dos trinta e nove municípios da RMVP foram afetados em virtude das chuvas torrenciais

(KAWASAKI et al., 2012). Um estudo[1] sobre as precipitações e seus extremos sobre São Luís de Paraitinga mostrou que os eventos de chuva diária com intervalos de intensidade entre 50 mm – 60 mm são mais frequentes e têm aumentado nas últimas décadas (ROSAL, 2010).

Nesse sentido, é de relevante importância estudos, como o que se apresenta nessa presente dissertação, que incorporem indicadores que capturem e representem a relação entre a pluviometria e os eventos de deslizamentos, de maneira a quantificar o processo de vulnerabilidade socioambiental, em diferentes escalas, sejam local, regional ou global.

2.5 Indicadores e índices de vulnerabilidade

Em uma perspectiva para a mensuração da vulnerabilidade socioambiental, é aconselhável utilizar indicadores que representem desequilíbrios e riscos para os sistemas (natural e humano) e que possam demonstrar ou quantificar os impactos e alterações associados ao processo de vulnerabilidade.

Os indicadores são estruturas quantificáveis que fornecem informações, quer sobre questões de significado mais amplo do que aquele que é realmente medido, ou em um processo ou tendência que de outra forma poderiam não ser aparente (HAMMOND et al., 1995).

Kaly et al. (1999), em seu trabalho sobre vulnerabilidade ambiental, utilizam as seguintes definições relativas a indicadores e índices:

a) um indicador foi definido como qualquer variável que caracterize o nível de risco, resiliência ou degradação ambiental em uma região;

b) um sub-índice foi definido como uma média agregada das pontuações para indicadores que se relacionavam separadamente com risco, resiliência ou degradação;

c) um índice foi definido como uma média agregada de cada um dos sub-índices, para fornecer uma medida geral da vulnerabilidade.

Para capturar processos ou fenômenos complexos e subjetivos, os indicadores devem ser capazes de processar dados quantitativos e qualitativos em

---

[1] http://www.acquacon.com.br/xsrhn/palestras/14.00hrs_pap004316-(mariacrystianne).pdf

diferentes escalas de resposta, permitindo uma comparação através do espaço e/ou tempo (KALY ET AL., 1999; BORTOLETTO et al., 2008).

Resume-se a totalidade de uma série de indicadores de processos complexos, como aqueles que serão usados, por exemplo, pelos tomadores de decisão em todos os níveis, particularmente em comparação através do espaço e monitoramento das mudanças ao longo do tempo. (DEFRA, 2002).

Além de serem usados com seus próprios valores, os indicadores podem ser agregados para formar índices. A vantagem é que uma série de variáveis pode ser incorporada, de preferência levando a um modelo mais próximo da realidade.

Por exemplo, o Fórum Econômico Mundial criou um Índice de Sustentabilidade Ambiental com base em 67 variáveis representadas por 22 indicadores dentro de 5 amplas dimensões (sistemas ambientais, pressões ambientais, vulnerabilidade social, capacidade institucional e gestão global) (WEF, 2000).

Da mesma forma, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do PNUD, que é um índice composto, atualizado anualmente, mede três dimensões do desenvolvimento humano: uma vida longa e saudável, conhecimento e um padrão de vida digno (PNUD, 2002). É uma das referências mais comuns pelo qual o desenvolvimento é mensurado.

Por outro lado, Souza (2006) construiu um indicador socioambiental para o Município de São Paulo, onde se utilizou dois elementos nessa construção: o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS, desenvolvido pela Fundação Seade para a Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, e as bases de informações ambientais do Atlas Ambiental do Município de São Paulo, elaborado pela Secretaria do Verde e do Meio Ambiente.

O IPVS, segundo Souza (2006), é um indicador fundamentado em estudos e teorias sobre o fenômeno da pobreza, que levam em conta não apenas a renda, mas também os diversos fatores determinantes da situação de vulnerabilidade social (escolaridade, saúde, arranjo familiar, possibilidades de inserção no mercado de trabalho, acesso a bens e serviços públicos).

Ao desenvolver um Índice de Vulnerabilidade, pode-se estabelecer critérios baseados em determinadas características do meio analisado para garantir que este possa representar os aspectos desejados e para as quais foi desenvolvido. Nesse caso, deve ser intuitivamente compreensível; imparcial e adequado para

comparações; aplicável em diferentes escalas espaciais (global, regional, local), refinável; apresentado em formatos de discriminação e figura única; e fácil de calcular usando uma interface amigável (KALY ET AL., 1999).

Já no caso de indicadores, segundo Vincent (2004), estes são úteis para representar sinteticamente uma realidade complexa, ou seja, em termos simples e permitir uma comparação através do espaço e do tempo. No entanto, no fornecimento de informação útil, existe o risco de que os indicadores possam não representar fielmente a condição pretendida ou o processo. Dentro desse contexto, quanto mais complexa a realidade e mais subjetivos os processos que o indicador está tentando capturar, maiores serão as dificuldades.

Pela sua própria natureza, o papel dos indicadores é capturar um processo complexo e subjetivo, e devem ser procurados meios alternativos de validação. Mesmo com uma compreensão abrangente dos fundamentos conceituais e teóricos dos processos e condições envolvidas, os indicadores só podem ser necessariamente momentâneos e, portanto, são limitados em sua capacidade de representar processos dinâmicos (LOHANI e TODINO, 1984).

O índice também é muito dependente da escolha dos indicadores, e há uma possibilidade real de que escolhas incorretas possam levar a um índice inválido.

Como ponto forte, Kaly et al. (1999) afirmam que indicadores e índices devem ser capazes de incorporar dados quantitativos e qualitativos em diferentes escalas, permitindo uma comparação. Como pontos fracos, os índices podem depender exclusivamente de dados publicados, resultando em omissões e alto custo de coleta de dados.

Além disso, os autores salientam que a existência de subjetividade na atribuição de pesos para construção de indicadores é outro ponto que pode gerar conflitos na definição de um único valor que represente processos ou alguma situação a serem mensurados (KALY et al., 1999).

Para garantir resultados mais robustos, indicadores e índices nunca são completos, ao contrário, eles estão em constante evolução pelo qual uma proposição teórica (de tentativa) é empiricamente testada e os resultados alimentados enviados de volta para desenvolvimento conceitual, após revisão através de pareceres de especialistas (VINCENT, 2004).

A expansão dos debates conceituais e teóricos que cercam a vulnerabilidade social também levou ao reconhecimento da necessidade de desenvolver indicadores

mais sistemáticos na contribuição de estudos mais holísticos de impacto (Adger, 1999).

Em suas pesquisas, Vincent (2004) afirma que houve várias tentativas de desenvolvimento de indicadores e índices em nível nacional para os aspectos humanos da vulnerabilidade, cada uma variando na natureza da vulnerabilidade abordada, do risco envolvido e da região geográfica. Existe uma forte tendência de cada índice (em construção) e na tentativa de melhorar os seus antecessores, o que aumenta a complexidade. Isto pode ocorrer através de uma variedade de meios, por exemplo, aumentando o número de variáveis consideradas, e/ou usando técnicas mais sofisticadas de modelagem econométrica e estatística para transformar e agregar os indicadores.

Apesar das “fraquezas” dos indicadores e algumas das escolhas metodológicas difíceis envolvidas na criação de índices de vulnerabilidade, há uma necessidade de desenvolver um trabalho consistente, visando em particular, quantificar a vulnerabilidade social. Uma medida de valor único de vulnerabilidade baseada em critérios significativos tem uma variedade de aplicações práticas, particularmente em nível nacional. Para garantir o máximo de validade e utilidade do índice, boas práticas devem ser seguidas, tais como: (1) deve ser intuitivamente compreensíveis e imparciais; (2) o método de construção deve ser transparente, com resultados apresentados na desagregação (ANDREWS e WITHEY, 1976).

Talvez o mais importante, os indicadores e índices devem ser refináveis após o teste, de modo que o método esteja em um processo contínuo de melhoria.

Com base nas abordagens humano-ecológicas, e político-econômicas, o objetivo do índice é capturar o funcionamento e a dinâmica dos processos que dão origem a vulnerabilidade social. Avaliando-se os estudos de vulnerabilidade existentes ilustra-se a necessidade de considerar não apenas os fatores econômicos, mas também fatores sociais, culturais e institucionais que envolvem a vulnerabilidade social (UNEP, 2001).

Na compreensão de fatores que contribuem para a vulnerabilidade dos indivíduos, comunidades e sistemas, são necessárias pesquisas voltadas ao entendimento do conceito da vulnerabilidade e riscos socioambientais, relacionados com eventos perigosos, desastres e catástrofes (BORTOLETTO et al., 2008). Os autores utilizaram a Análise Fatorial em seu trabalho que agrupou as variáveis - relacionadas às características socioeconômicas e da infraestrutura urbana obtidas

do Censo do IBGE (2010) - pelo método estatístico de Análise de Componentes Principais (ACP). O objetivo foi mapear a vulnerabilidade socioambiental do Município de Santos (SP) relativa ao ano de 2010, através da modelagem de indicadores socioeconômicos e ambientais.

Freitas e Cunha (2013) também utilizaram em seu trabalho o método estatístico de Análise de Componentes Principais (ACP) aplicado na modelagem de dados socioeconômicos e ambientais no contexto da região centro de Portugal e do estado de São Paulo (Brasil). O objetivo foi discutir os referenciais metodológicos dos estudos de vulnerabilidade, onde os autores se basearam na avaliação quantitativa da capacidade de resposta das populações e de territórios, e também discutir os resultados obtidos, que refletiram a complexidade quanto ao enfrentamento e recuperação de situações de riscos para o caso de populações e territórios menos providos de condições econômicas e de infraestruturas urbanas.

Assim, os índices de vulnerabilidade socioambiental são ferramentas importantes para pesquisadores, órgãos ambientais e funcionários do governo que estão tentando medir o estado do meio ambiente em relação aos impactos que a sociedade proporciona devido às várias atividades desenvolvidas. Os índices também ajudam a destacar as áreas de atenção do ambiente, o que leva a uma gestão mais eficiente dos recursos, reduzindo assim a vulnerabilidade. A restrição é que o ambiente é dinâmico, e não refletem apenas o estado atual e devem ser constantemente revisados para garantir a precisão (GOWRIE, 2003).

Neste trabalho se empregou como base conceitual os estudos de Kaly et al. (1999), onde um indicador é definido como qualquer variável que caracterize ou represente um fenômeno ou processo que se pretende estudar e compreender, nos quais foram apresentados os indicadores socioambientais. Também, dentro dessa perspectiva e conceituação, no estudo de Vincent (2004), um sub-índice é apresentado e definido como a média agregada das pontuações dos indicadores.

Desse modo, no presente estudo, são considerados dois sub-índices para quantificação do processo de vulnerabilidade, a partir das representações da dimensão ambiental, que se denominou de Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA), e da dimensão socioeconômica, denominado Índice de Vulnerabilidade Social (IVS).

Kaly et al. (1999) e Vincent (2004), demonstram nessa linha, o conceito de índice sintético geral, que é a média agregada de cada um dos sub-índices, para

fornecer uma medida geral da vulnerabilidade. Assim, para a avaliação do processo de vulnerabilidade socioambiental dos munícipios estudados, é apresentado o Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG).

Alguns outros trabalhos que utilizaram indicadores e índices em suas pesquisas e que aplicaram os procedimentos metodológicos baseados em Kaly et al. (1999) e Vincent (2004), estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Estudos desenvolvidos com a aplicação dos procedimentos metodológicos de Kaly et al. (1999) e Vincent (2004).

Autores	Descrição	Metodologia
Velenyi e Smitz (2014).	Analisaram os padrões cíclicos dos gastos governamentais em saúde de 183 países no período de 1995 a 2010, usando dados de um banco de dados macro global, o Banco de Dados de Saúde Fiscal, referentes a gastos com saúde, resultados de saúde e receita do governo, e outras medidas de sustentabilidade fiscal e financeira relacionadas ao setor de saúde e à macroeconomia geral.	Kaly et al. (1999).
Dumenu e Obeng (2016).	Avaliaram o nível de vulnerabilidade social, impactos e estratégias de adaptação às mudanças climáticas em comunidades rurais em quatro zonas ecológicas em Gana, utilizando indicadores demográficos, sociais e econômicos.	Kaly et al. (1999) e Vincent (2004).
Toubes et al. (2017).	Avaliação da vulnerabilidade a inundação existente em praias na Galícia (Espanha), baseada em um índice que compara indicadores hidro geomorfológicos, biofísicos, de exposição humana e resiliência, com foco específico no turismo.	Kaly et al. (1999).
Valverde (2017); Valverde, Young e Marengo (2011).	Análise das vulnerabilidades socioeconômicas, demográficas, sanitárias e de extremos de chuva na Região Metropolitana de São Paulo e da região do ABC Paulista.	Vincent (2004).
Confalonieri, Marinho e Rodriguez (2009).	Avaliação quantitativa nacional da atual vulnerabilidade da população brasileira aos impactos da mudança climática na saúde, utilizando o quadro conceitual de vulnerabilidade no setor da saúde, e para a quantificação da vulnerabilidade, utilizou-se de um índice geral de vulnerabilidade (IVG).	Vincent (2004).

Fonte: Elaborado pelo autor

As propostas dos trabalhos de Vincent (2004) e de Kaly et. al (1999), baseadas em um índice de vulnerabilidade social e ambiental, respectivamente, serviram de base para a definição da metodologia desta pesquisa.

Vincent (2004) criou um índice de vulnerabilidade social relacionado a variações induzidas por mudanças climáticas, entre países da África, com abordagem de um índice agregado formado através da média ponderada de sub-índices.

Kaly et al. (1999) desenvolveram um índice de vulnerabilidade ambiental que pode ser calculado na escala de países inteiros, com o objetivo de classificá-los e fornecer uma expressão única de suas vulnerabilidades ambientais relativas, sendo obtido um Índice de Vulnerabilidade Ambiental preliminar para a Austrália, Fiji e Tuvalu.

No Capítulo 3 são apresentados os indicadores e índices utilizados neste trabalho, juntamente com a área de interesse e os procedimentos metodológicos estabelecidos na avaliação da vulnerabilidade socioambiental.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo, ambos, o levantamento de dados, assim como os procedimentos metodológicos foram conduzidos visando avaliar o nível da vulnerabilidade socioambiental da sub-região 2 da RMVP, considerando indicadores ambientais e socioeconômicos que melhor representassem ou quantificassem os processos envolvidos. A seguir são descritos a área de estudo, os dados utilizados e os procedimentos metodológicos.

3.1 Área de estudo

A Região Metropolitana do Vale do Paraíba (RMVP), em sua porção paulista, encontra-se a leste do estado (Figura 9), sendo eixo de ligação entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro e entre as duas maiores metrópoles nacionais (São Paulo e Rio de Janeiro). Localizada entre as Serras da Mantiqueira e do Mar, possui um importante e diversificado polo industrial, como metalúrgicas, mecânicas, químicas, alimentação e vestuário agrupadas muitas delas a margem da Rodovia Presidente Dutra, e está composta por 39 municípios (EMPLASA, 2013).

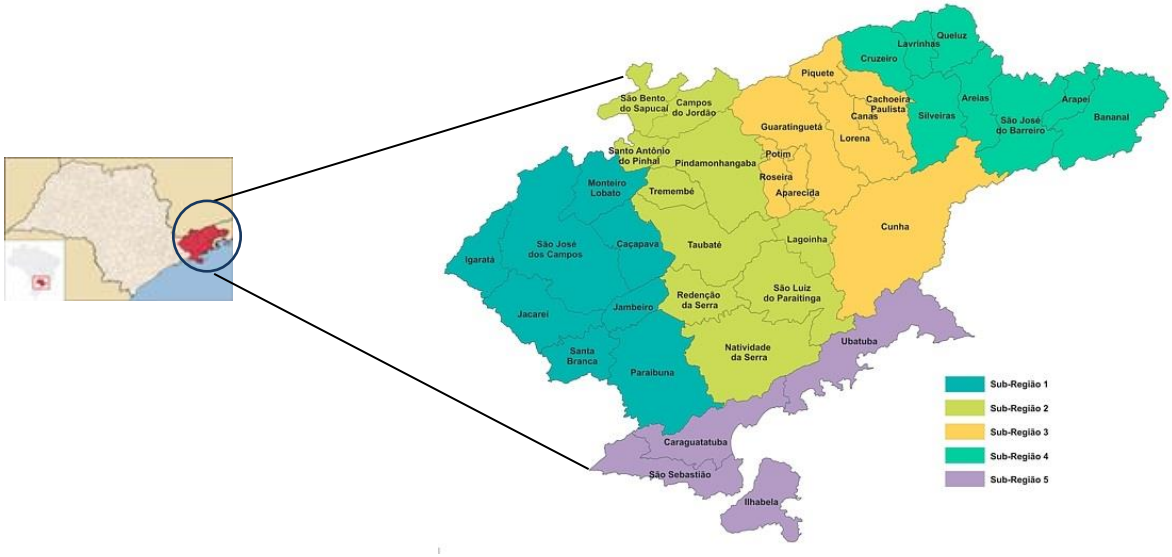
A RMVP é formada por duas grandes unidades geológicas que são o escudo cristalino e a bacia sedimentar, divididos em três unidades de relevos predominantes que são a Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e Vale do Paraíba do Sul (AB'SÁBER, 1958).

A RMVP se caracteriza como uma região com um forte dinamismo climático, com um regime de precipitação peculiar devido às suas características topográficas, onde o vale é rodeado pelas serras da Mantiqueira a noroeste, com o pico mais alto atingindo 2400 m e, a Serra do Mar a sudeste atingindo 2000 m (SAKURAGI, 2000). Segundo Ab'Sáber (1958), as duas serras transformam o vale em um longo corredor e cria condições propícias para a concentração de chuvas, podendo gerar eventos como deslizamentos, erosões e inundações.

A região da Serra do Mar, assim como a Serra da Mantiqueira no Vale do Paraíba, especialmente o município de Campos do Jordão, destacam-se por uma

frequência significativa de eventos pluviométricos associados a deslizamentos de massa (SANTOS, 2007; ROSA FILHO e CORTEZ, 2008).

Figura 9 – Localização da Região Metropolitana do Vale do Paraíba.



Fonte: EMPLASA, 2013.

O nome da região advém do Rio Paraíba do Sul, que atravessa toda a região. O rio apresenta declividades e sinuosidade diferenciadas em seu trajeto interestadual, sendo que a partir do município de Jacareí, o rio abandona os terrenos cristalinos e meandra em extensa planície sobre os sedimentos da Bacia de Taubaté, desenvolvendo depósitos de várzea (IPT, 1978).

O Vale do Paraíba do Sul Paulista constitui uma das áreas mais antigas de ocupação do Estado de São Paulo, onde a colonização das terras iniciou no início do ciclo do ouro no século XVII, em seguida, no ciclo da cana-de-açúcar no século XVIII, e consolidou-se com a expansão do café em 1780, sendo mais tarde substituído por pastagens em 1880, e a cultura do eucalipto na década de 1990 (DEVIDE et al., 2014).

Com a introdução do café, no final do século XVIII, o Vale do Paraíba do Sul Paulista viveu um período de situação favorável na economia, de acordo com o trabalho de Ricci (2008).

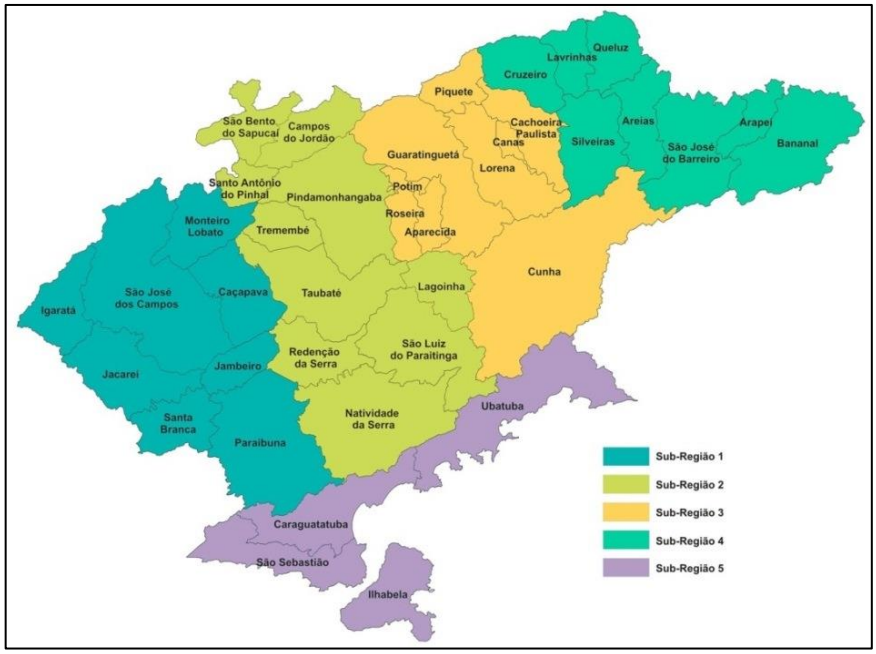
Após 1950, houve um aumento demográfico, industrial e econômico nas cidades próximas da Rodovia Presidente Dutra, que se caracterizou como um ponto de interligação entre as metrópoles de Rio de Janeiro e São Paulo, tornando um espaço estratégico para a expansão industrial, além de influenciar o acelerado

processo de urbanização dos municípios situados no eixo da Rodovia citada (ANTICO e LEAL, 1993).

A RMVP foi criada em 2012, através da Lei Complementar nº 1.166/12, que segundo a Emplasa (2011), são necessários alguns requisitos onde as cidades tenham características semelhantes umas das outras, como por exemplo, continuidade da mancha urbana (conurbação); presença de equipamentos de porte regional (hospitais de alta e de média complexidade; ensino superior público; centros de distribuição; shoppings centers); valor total do PIB; tamanho e taxa de crescimento da população urbana, entre outras.

A RMVP está dividida em 5 sub-regiões (Figura 10), onde as mesmas apresentam características sociais, econômicas e ambientais distintas (SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO METROPOLITANO PAULISTA, 2012; EMPLASA, 2013):

Figura 10 – Sub-regiões da Região Metropolitana do Vale do Paraíba.



Fonte: EMPLASA, 2013.

Sub-região 1: composta pelos municípios de Caçapava, Igaratá, Jacareí, Jambeiro, Monteiro Lobato, Paraibuna, Santa Branca e São José dos Campos. Reúne setores automobilísticos, mecânico, pesquisas cientificas e tecnológicas no campo aeroespacial, além de turismos rural, cultural e de negócios.;

Sub-região 2: Campos do Jordão, Lagoinha, Natividade da Serra, Pindamonhangaba, Redenção da Serra, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí, São Luís do Paraitinga, Taubaté e Tremembé. Esta sub-região apresenta economias diversificadas, onde os setores automobilísticos, alimentícios e químicos são os destaques da sub-região, além do turismo de inverno, artesanato, festas religiosas e ecoturismo;

Sub-região 3: Aparecida, Cachoeira Paulista, Canas, Cunha, Guaratinguetá, Lorena, Piquete, Potim e Roseira. O destaque é o turismo religioso;

Sub-região 4: Arapeí, Areias, Bananal, Cruzeiro, Lavrinhas, Queluz, São José do Barreiro e Silveiras. A economia baseia-se em torno da indústria, comércio e turismo rural, histórico cultural e ecoturismo;

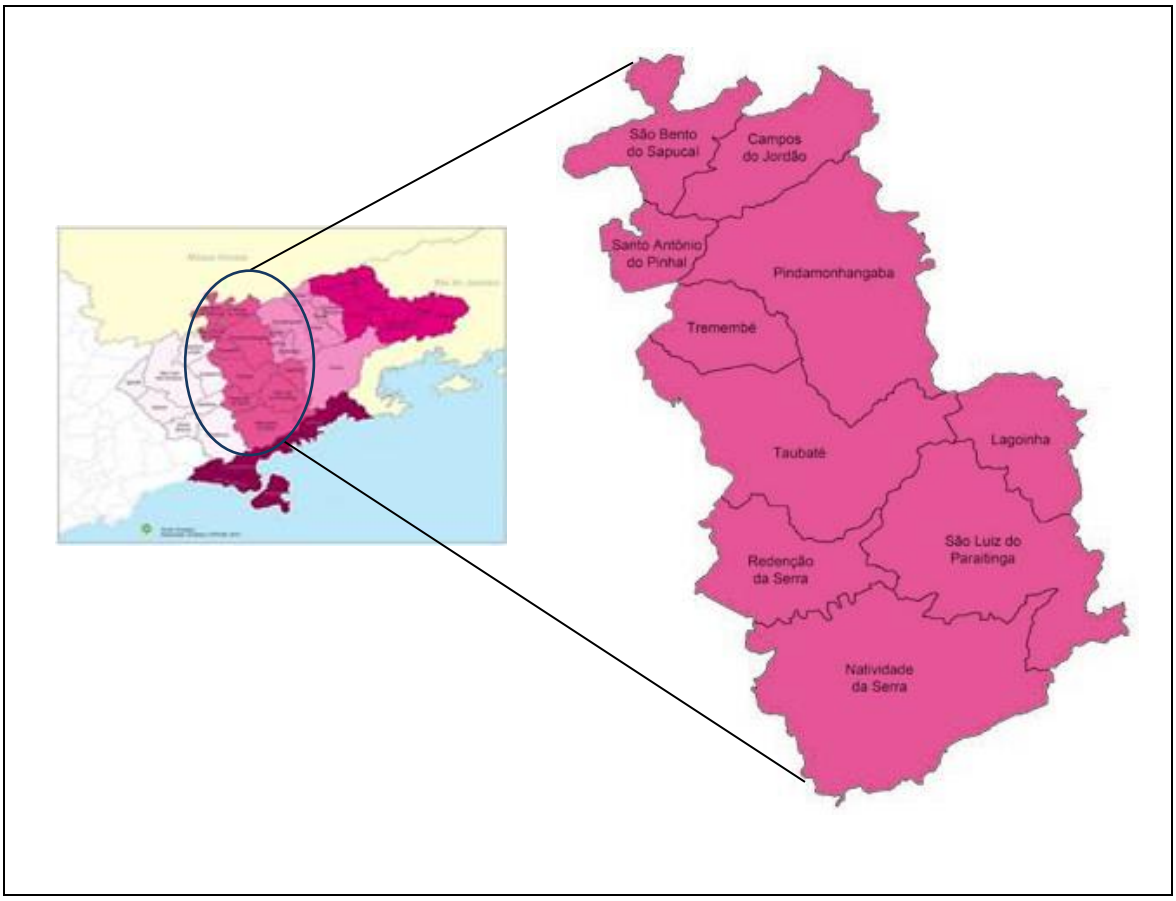
Sub-região 5: Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba. Com alta capacidade de atração na área de veraneio associado à função ecológica e de pesquisa, além de ser considerada a terceira melhor região portuária do mundo.

Para Santos (2008), as sub-regiões que compõem a região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, possuem características mercadológicas distintas e que devem ser analisados sob a óptica regional, abordando suas principais potencialidades, como oferta de produtos e serviços de qualidade, estrutura e equipamentos.

Neste trabalho foi focalizada a sub-região 2 (Figura 11), composta por 10 municípios. A motivação para a escolha dessa sub-região ocorreu devido ao fato da mesma possuir municípios com considerável número de episódios de deslizamentos de terra, em especial Campos do Jordão, conforme estudos de Delgado (2005) que analisou o acelerado processo de ocupação em áreas de risco e os escorregamentos de massa. Também, em seu trabalho, Rosa Filho e Cortez (2008) analisaram os deslizamentos de encostas nas favelas, situadas também em áreas de risco do município de Campos do Jordão.

Além disso, os estudos, de Conti (2001), Marengo et al., (2007) e Marcelino (2008), que avaliaram a região Sudeste do país, incluindo a sub-região 2 da RMVP, que é vulnerável a eventos pluviométricos extremos, que contribuem significativamente para a deflagração de deslizamentos e inundações.

Figura 11 – Localização da Sub-região 2 da Região Metropolitana do Vale do Paraíba.



Fonte: EMPLASA, 2013.

A sub-região 2 possui uma característica climatológica semelhante a da região Sudeste do país, com invernos secos e verões chuvosos, onde nesses últimos, a média da precipitação anual acumulada varia em torno de 1500 e 2000 mm (CLIMANÁLISE,1996), influenciada por um dos principais fenômenos que influenciam o regime de chuva nessa região, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (QUADRO e ABREU, 1994).

De acordo com o Atlas da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (EMPLASA, 2013), as principais características socioeconômicas dos 10 municípios da sub-região 2 são descritas a seguir:

- O município de Campos do Jordão, conhecido como “a Suíça Brasileira”, baseia-se no turismo de inverno, sua maior fonte de renda, e também na indústria de confecção de malhas e de chocolate, no artesanato e na exploração de água mineral. A cidade é chamada de Suíça Brasileira, pela arquitetura de inspiração europeia e pelo clima mais frio que a média nacional. Por isso, a cidade recebe maior quantidade de turistas no mês de julho, quando ocorre o Festival de Inverno.

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o município possui uma população estimada em 2017 de 51.454 habitantes, e uma densidade demográfica 177,11 hab./km^2.

- Lagoinha e Natividade da Serra têm história e natureza preservadas. A primeira nasceu à margem do caminho dos tropeiros, que transportavam café da região para o Porto de Ubatuba. Com o fim da cafeicultura, passou a viver da agricultura e da pecuária, preservando várias características, inclusive culturais, como a festa do Divino Espírito Santo. Lagoinha possui 4.943 habitantes e uma densidade demográfica de 19,35 hab./km^2 (IBGE, 2017), e Natividade da Serra com 6.754 habitantes e uma densidade de 8,1 hab./km^2, é considerada a "joia da região dos Grandes Lagos".

- Com 164.000 habitantes e uma densidade demográfica de 224,66 hab./km^2, o segundo município em número de habitantes, Pindamonhangaba guarda relíquias do período do café, como os Palacetes 10 de Julho, Visconde da Palmeira e Tiradentes, além das Igrejas São José e Matriz Nossa Senhora do Bom Sucesso, marcos da riqueza produzida na época. Por isso, ganhou do cronista e poeta Emílio Zaluar o título de "Princesa do Norte". Hoje está incluída no Circuito Turístico da Mantiqueira, integrado também pelas cidades de Campos do Jordão, Monteiro Lobato, Piquete, Santo Antônio do Pinhal, São Bento do Sapucaí e São Francisco Xavier (distrito de São José dos Campos). Situada no eixo da Rodovia Presidente Dutra, Pindamonhangaba baseia sua economia na agropecuária, com incentivos ao setor industrial.

- Os municípios de Redenção da Serra e Santo Antônio do Pinhal têm como potencial os turismos rural, ecológico e cultural. Santo Antônio do Pinhal, situada na Serra da Mantiqueira, é uma privilegiada região serrana, com 6.800 habitantes e uma densidade demográfica de 51,12 hab./km^2. Vizinha a Campos do Jordão, deixa de ser apenas cidade-dormitório para virar a atração principal. Sua gastronomia e hotelaria são consideradas de alto padrão. Redenção da Serra, após o declínio do ciclo do café no Vale do Paraíba no inicio do século XX, sua economia passou somente a sobreviver da agricultura de subsistência, com o principal produto na plantação de linho. Atualmente, Redenção com 3.908 habitantes e 12,63 hab./km^2 de densidade demográfica, tem sua economia baseada no turismo.

- São Bento do Sapucaí apresenta matas praticamente virgens formadas de araucárias e outras árvores nativas e abriga animais silvestres. Avistada de vários

pontos da Serra da Mantiqueira, a Pedra do Baú é o principal cartão postal da cidade, além da Igreja de São Bento. O município, com 10.895 habitantes e densidade de 43,14 hab./km^2, promove anualmente a Festa da Banana e o Festival Gastronômico “Sabores e Aromas da Banana”. A cidade inspirou o compositor Lamartine Babo na canção “No Rancho Fundo”.

- O município de São Luís do Paraitinga situado no meio da Serra do Mar, entre Taubaté e Ubatuba, é ainda um museu a céu aberto, apesar dos estragos decorrentes da inundação de 2010. Seu conjunto arquitetônico, que data do século XIX e início do XX, foi tombado pelo governo paulista para assegurar sua preservação. O folclore de São Luís, com 10.740 habitantes e uma densidade demográfica de 17,40 hab./km^2, mescla influências culturais dos escravos com os rituais cristãos. A Festa do Divino, por exemplo, realizada anualmente no dia de Pentecostes, conta com apresentações de grupos de moçambique, jongo e congadas intercaladas com procissões, rezas e missas. A cidade também é muito procurada pelos praticantes de esportes de aventura, oferecendo trilhas para *mountain bike*, caminhada e cavalgada, trechos de prática do arborismo e *rafting*, no Rio Paraibuna.

- Taubaté é o maior município da sub-região em termos de habitantes, com 307.953 e densidade demográfica de 492,72 hab./km^2. No interior do monumento fica a Capela de Nossa Senhora da Paz, na qual há um mural assinado pelo artista campineiro Camargo Freire. Entre os taubateanos ilustres encontra-se o Visconde de Tremembé. Nascido José Francisco Monteiro, abastado fazendeiro de café e chefe político respeitado na segunda metade do século XIX. Dentre suas inúmeras propriedades havia a chácara que serviu de cenário para o Sítio do Pica-Pau-Amarelo, obra consagrada do escritor Monteiro Lobato, seu neto. Tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) em 1969, parte dessa antiga propriedade abriga o Museu Histórico Pedagógico Monteiro Lobato. Outra disputada atração do município é o Museu Mazzaropi, localizado no Hotel Fazenda Mazzaropi, onde o ator produziu a maioria dos filmes de sua carreira, guardando hoje seu acervo cinematográfico e objetos pessoais. Situado no eixo da Dutra, Taubaté, destaca-se nos setores automobilístico, alimentício e químico.

- O município de Tremembé é uma estância turística, situado no Circuito da Cultura Caipira, e reconhecido pela qualidade do artesanato local, festas religiosas e ecoturismo, assim como os municípios de Natividade da Serra e Lagoinha. Possui

45.904 habitantes e uma densidade demográfica de 240,22 hab./km^2. Seus atrativos vão da presença de bicas e águas santas, amplas várzeas de arroz, conventos e capelas centenários, passando por cachoeiras e rios, mirantes com visão panorâmica do Vale, até a histórica Estação Ferroviária Central do Brasil. O município é muito procurado para o turismo de lazer, religioso e de aventura.

Para conhecer as características do meio físico, considerou-se os mapeamentos de suscetibilidade dos municípios da sub-região 2, elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) e pelo Instituto Geológico/Secretaria Meio Ambiente (IG/SMA), a partir de mapas temáticos de declividade (Figura 12), de hipsometria (Figura 13) e de áreas com riscos à deslizamentos de terra (Figura 14).

A elaboração de mapas temáticos de classes de declividade (Figura 12), tem se destacado como uma técnica importante na detecção de áreas críticas para deslizamento de encostas, análises de terreno para contextualização urbana (CPRM/SGB, 2010). A classificação da declividade adotada como referência foi a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (Plano 0 a 3%, Suave ondulado 3 a 8%, Ondulado 8 a 20%, Forte ondulado 20 a 45%, Montanhoso 45 a 75% e Escarpado > 75%).

O mapa hipsométrico apresentado através da Figura 13, mostra as cotas de altitudes do território da sub-região 2. A hipsometria é uma técnica de representação da elevação de um terreno através das cores (CPRM/SGB, 2010).

De acordo com a classificação de declividade, observa-se que a região norte da sub-região 2, onde está localizada a Serra da Mantiqueira, e a que possui as maiores cotas de altitudes, que variam entre 900 e 2.100 metros (Figura 13), os municípios de Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal, possuem o relevo com declividade entre ondulado e forte ondulado, especialmente a maior parte da área de Campos do Jordão e Santo Antônio do Pinhal, e leste de São Bento do Sapucaí (Figura 12).

Ainda na região oeste do município de Campos do Jordão, encontram-se áreas com declividade entre montanhoso e escapado, assim como na maior parte de São Bento do Sapucaí, conforme mostrado na Figura 12, onde este possui altitudes entre 900 e 1.200 metros, e em sua porção leste com cotas entre 1.500 e 1.800 metros, que são as mesmas cotas encontradas na maior parte do município de

Campos do Jordão. Já na área limítrofe com Pindamonhangaba chega a 2.100 metros (Figura 13).

O município de Santo Antônio do Pinhal possui a maior parte de seu território com altitudes entre 900 e 1.200 metros, e uma pequena área ao sul e leste, com cotas entre 1.200 e 1.500 metros (Figura 13).

A região central da sub-região 2, onde encontram-se os municípios de Pindamonhangaba, Taubaté e Tremembé, possui o relevo com declividade entre plano e suave ondulado (Figura 12), e altitudes que variam entre 300 e 900 metros, mas a maior parte do território possui altitudes médias que variam entre 600 e 1.200 metros, de acordo com a Figura 13. Parte desses municípios, como por exemplo, o norte de Pindamonhangaba e Tremembé, e noroeste de Taubaté, possuem áreas com declividades mais acentuadas, entre forte ondulado a montanhoso, e pequenas áreas escarpadas (Figura 12).

A maior parte do território dos muncípios de Lagoinha, Natividade da Serra, Redenção da Serra e São Luís do Paraitinga, localizados na região da Serra do Mar, ao sul da sub-região 2, a declividade varia entre ondulado e forte ondulado, e uma pequena área da região norte de Lagoinha, varia entre montanhoso e escarpado (Figura 12). Também, a maior parte do território possui cotas que variam entre 600 e 1.200 metros, destacando a parte leste do município de São Luís do Paraitinga com altitudes entre 1.200 e 1.800 metros (Figura 13).

Figura 12 – Mapa de declividade da sub-região 2

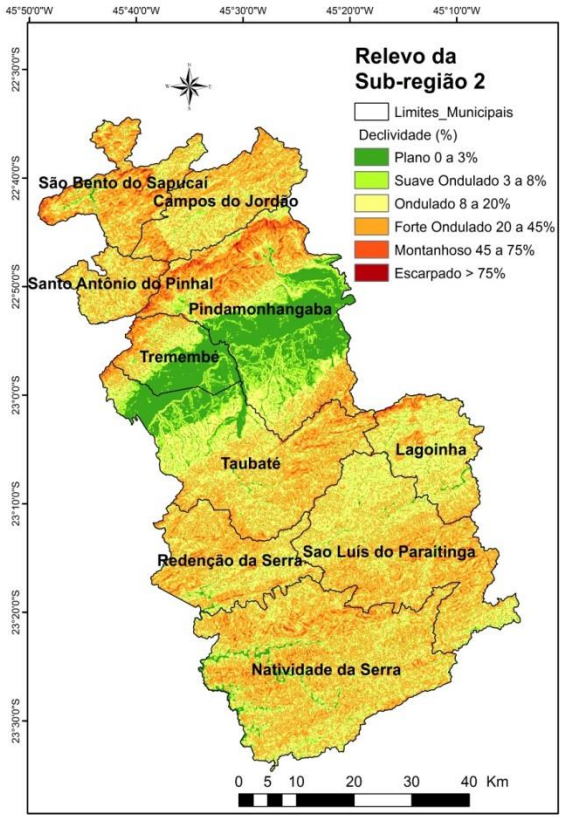
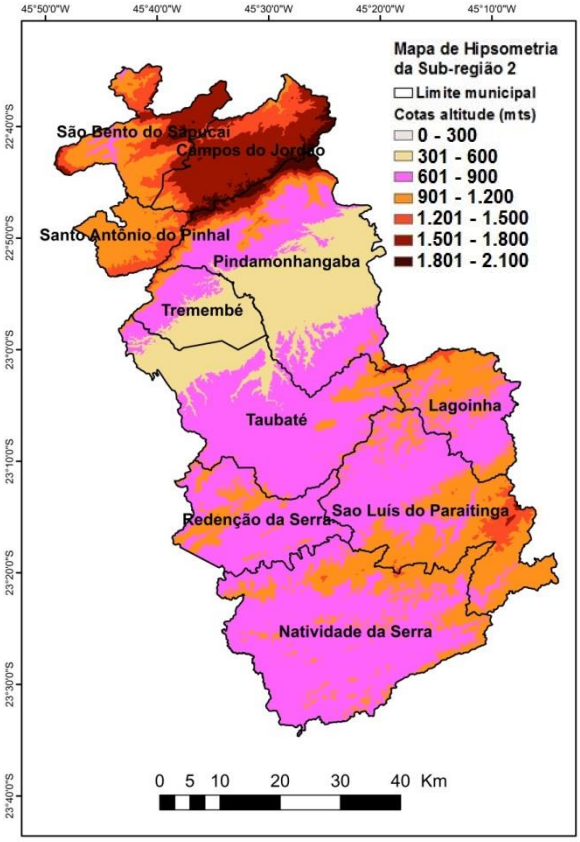


Figura 13 – Mapa de hipsometria da sub-região 2.



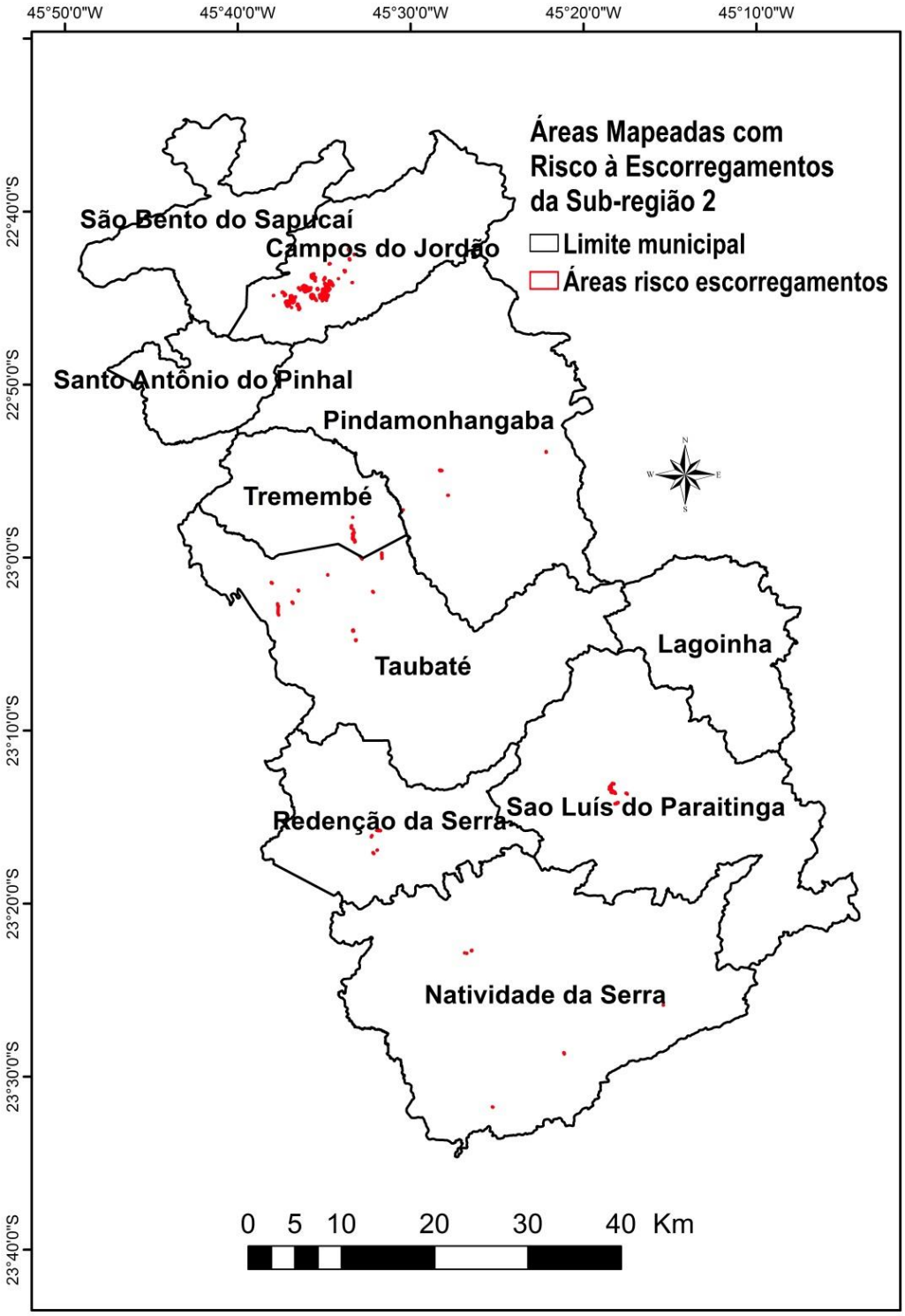
Fonte: CPRM/SGB (2010)

De acordo com as áreas mapeadas dos municípios da sub-região 2 com risco à deslizamento de terra (Figura 14), destaca-se o município de Campos do Jordão que apresentou o maior número de áreas com esse risco, sendo identificadas 123 no total, onde, 16 áreas são de baixo risco (R1), 50 com risco médio (R2), 33 com alto risco (R3) e com um risco muito alto (R4) são 24 áreas identificadas (SMA, 2014). Este fator de risco também pode estar associado ao fato de que o município possui um relevo acentuado com níveis desde ondulado (8 a 20%), a montanhoso e escapado (de 45 a mais de 75%) de declividade (Figura 12), e altitudes que variam entre 1.600 e 1.800 metros na maior parte de seu território (Figura 13).

Ainda, na identificação das áreas com risco à deslizamento (Figura 14), o município de Natividade da Serra apresentou 9 áreas no total, Pindamonhangaba, Redenção da Serra e Tremembé com 4 áreas cada um, São Luís do Paraitinga com

18 áreas, sendo o segundo maior valor da sub-região, e Taubaté com 12 áreas identificadas, ficando em terceiro lugar entre os municípios.

Figura 14 – Áreas de risco a deslizamento de terra dos municípios da sub-região 2.



Fonte: SMA/IG (2014)

3.2 Dados

Os dados utilizados neste trabalho consistem de dados anuais de indicadores ambientais e socioeconômicos (Tabela 1), disponibilizados por fontes confiáveis como instituições de pesquisas, órgãos públicos, entre outros, sendo classificados em dimensão ambiental e dimensão socioeconômica:

- indicadores da dimensão ambiental, que irão compor o Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA), os quais representam:

- meio físico (indicador de cobertura vegetal – 2009; índice de perigo a escorregamento – 2014 e indicador de áreas prioritárias para restauração de vegetação nativa – 2017), disponibilizado pela Secretaria do Meio Ambiente - SMA;
- gestão ambiental (Índice de Avaliação Ambiental (IAA) – 2016), disponibilizado pela SMA;
- dados de ocorrências de deslizamentos (1990 a 2016), obtidos das seguintes fontes: a) estudo de Ayres (2010), b) do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais do Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC) , c) base de dados de desastres naturais do Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e Alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil (SIMPAT-SINAL-SOS) do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet) da UNESP de Bauru;
- dados de chuvas diárias, para dois períodos de análise (de 1969 a 1994 e de 1990 a 2016), oriundos da Agência Nacional de Águas (ANA), do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Os dados diários de precipitação foram obtidos e integrados através da média dos valores das estações pluviométricas de cada município da sub-região 2.

- indicadores da dimensão socioeconômica, que formarão o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), representando as condições e características socioeconômicas da população dos municípios, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no Censo de 2010.

Tabela 1 - Dados ambientais e socioeconômicos da sub-região 2.

Dimensão Ambiental	Fonte	Período
Indicador de cobertura vegetal	SMA	2009
Indicador de matas e florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	IBGE	2010
Índice de Avaliação Ambiental - Programa Município Verde Azul	SMA	2016
Índice de Perigo a Escorregamento	SMA	2014
Indicador áreas prioritárias para restauração de vegetação nativa	SMA	2017
Dados de ocorrências de deslizamentos	AYRES/CEPED/IPMET	1990-2016
Dados de chuvas diárias	ANA/DAEE/CEMADEN	1969-2016
Dimensão Social	**Fonte**	**Período**
Taxa de Analfabetismo da População de 15 Anos e Mais	IBGE	2010
Taxa de Mortalidade Infantil (por mil nascidos)	IBGE	2010
Taxa de crescimento populacional	IBGE	2010
Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo	IBGE	2010
Renda familiar per Capita (R$)	IBGE	2010
Taxa população em situação extrema pobreza	IBGE	2010
Densidade Demográfica	IBGE	2010
Taxa de Urbanização	IBGE	2010
Domicílios particulares permanentes, por número de cômodos - 1 a 2 cômodos	IBGE	2010
Domicílios particulares permanentes, por tipo de material das paredes externas - Madeira, taipa, palha, outros	IBGE	2010
Domicílios particulares permanentes, por classes de rendimento nominal mensal domiciliar per capita - Sem rendimento	IBGE	2010
Domicílios particulares permanentes, por existência de água canalizada e forma de abastecimento de água - Não tinham	IBGE	2010
Proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade residentes em domicílios particulares permanentes - com responsável ou cônjuge analfabeto	IBGE	2010

Fonte: Elaborado pelo autor.

Abaixo, segue a descrição das características do conjunto de dados, que representaram indicadores socioambientais, classificados de acordo com as dimensões:

3.2.1 Dimensão ambiental

a) Indicador de cobertura vegetal: apresenta a relação entre os remanescentes florestais identificados pelo inventário florestal de 2008/2009 e a área total do município. Mapeamento realizado com imagens de satélite 2008 e 2009, escala de interpretação 1:25.000.

b) Indicador de matas e/ou florestas destinadas à preservação permanente ou reserva legal: corresponde a relação entre matas e/ou florestas e área total dos estabelecimentos rurais que possuem áreas de APP ou reserva legal.

c) Índice Avaliação Ambiental do Programa Município VerdeAzul: que de acordo com a SMA, permite avaliar a gestão municipal, pelo atendimento das dez Diretivas Ambientais do Programa Município VerdeAzul (PMVA).

d) Índice de Perigo a Escorregamento: perigo de escorregamento calculado a partir de atributos das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC) do Estado de São Paulo (CPLA & IG - 2014), que indica o grau de perigo dividido em seis classes (P0 a P5), onde P0 representa uma probabilidade nula à quase nula de ocorrência do processo e P5 a probabilidade máxima de ocorrência do processo perigoso (classe Muito Alta). O perigo de escorregamento foi calculado utilizando os seguintes atributos da UBC: 1) amplitude altimétrica, 2) declividade média, 3) densidade de drenagem, 4) índice de estruturação da rocha (intensidade de foliação) e 5) excedente hídrico (chuva).

e) *Indicador áreas prioritárias para restauração de vegetação nativa*: indicador utilizado considerando a importância da vegetação nativa para a conservação dos recursos hídricos e segurança hídrica e para a manutenção e recuperação da conectividade entre fragmentos visando à conservação da biodiversidade

f) Ocorrências de deslizamentos: corresponde ao registro de deslizamentos ocorridos entre os meses de novembro a março, no período entre 1990 e 2016, para os municípios da sub-região 2, sendo utilizados para obter o número total de eventos no período e para o estabelecimento de relação com a precipitação.

g) Dados de chuvas diárias: considerados na obtenção de indicador de precipitação anual e diária, bem como no estabelecimento da relação chuva deslizamento, considerando os meses de novembro a março, para os dois períodos de análise.

3.2.2 Dimensão social

As atividades sociais, econômicas e políticas representam o processo de desenvolvimento humano, que deve ser centrado nas pessoas e nas melhorias de condições de vida. Esse conceito de desenvolvimento e a sua mensuração realizada através de um índice – Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) – foram apresentados em 1990, no primeiro Relatório de Desenvolvimento Humano do PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, IPEA, FJP, 2014).

O IDH é composto por três dimensões: longevidade, educação e renda, e obteve grande repercussão mundial devido à sua simplicidade e pela forma abrangente de mensurar o desenvolvimento. Em 1998, o Brasil foi um dos países pioneiros ao adaptar e calcular um IDH para todos os municípios brasileiros, com dados do Censo Demográfico, criando o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). O IDHM é um número que varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano (PNUD, IPEA, FJP, 2014).

Na sua formulação original, o IDH é composto por três dimensões, que representam a oportunidade de uma sociedade de ter vidas longas e saudáveis (longevidade), de ter acesso a conhecimento (educação), e de ter controle sobre os recursos de forma a garantir um padrão de vida digno (renda).

Um índice referente ao desenvolvimento humano - o Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS) - criado pela Fundação Seade para os 645 municípios do Estado de São Paulo (FUNDAÇÃO SEADE, 2001), manteve as três dimensões do IDH: longevidade, educação e renda. No entanto, inclui outras variáveis capazes de caracterizar mudanças num prazo mais curto, e adotando uma estrutura de escalas compatível com a realidade desses municípios. Os indicadores dessas dimensões são expressos em uma escala de 0 a 100, e agrupa os municípios segundo a similaridade de suas situações, definindo 5 grupos, conforme descritos abaixo:

- Grupo IPRS: 1 - municípios com bons indicadores em riqueza, longevidade e escolaridade;

- Grupo IPRS: 2 - municípios bem posicionados na dimensão riqueza, mas com deficiência em pelo menos um dos indicadores sociais;

- Grupo IPRS: 3 - municípios com baixos níveis de riqueza, mas com bons indicadores de longevidade e escolaridade;

- Grupo IPRS: 4 - municípios com baixos níveis de riqueza, e com deficiência em um dos indicadores sociais;

- Grupo IPRS: 5 - municípios com baixos níveis de riqueza e indicadores de longevidade e escolaridade insatisfatórios.

Apesar deste trabalho não utilizar diretamente o IDHM e o IPRS, evitando assim redundâncias, utilizou-se dos indicadores desagregados do Censo Demográfico do IBGE de 2010, conforme descritos abaixo, que representam de forma indireta as três dimensões já citadas.

a) Taxa de Analfabetismo da População de 15 Anos e Mais: percentual de pessoas que não sabem ler e escrever pelo menos um bilhete simples, no idioma que conhecido, na população total residente da mesma faixa etária, em determinado espaço geográfico, no ano considerado. Mede o grau de analfabetismo da população adulta. Este indicador contribui para a análise das condições de vida e de saúde, sendo utilizado como *proxy* da condição socioeconômica da população. A atenção à saúde das crianças é influenciada positivamente pela alfabetização da população adulta, sobretudo das mães.

b) Taxa de Mortalidade Infantil (por mil nascidos): número de óbitos de menores de um ano de idade, por mil nascidos vivos, na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado. A taxa de mortalidade infantil está estreitamente relacionada ao rendimento familiar, ao nível de fecundidade, à escolaridade das mães, à nutrição e ao saneamento ambiental. É um indicador que permite avaliar a disponibilidade do acesso aos serviços e recursos relacionados à saúde, tais como a atenção ao pré-natal e ao parto, a cobertura vacinal contra doenças infecciosas infantis, a implantação da Terapia de Reidratação Oral (TRO), a disponibilidade de saneamento básico, entre outros.

c) Taxa de crescimento populacional: taxa média geométrica de incremento anual da população residente, para o período compreendido entre duas datas sucessivas.

d) Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo: percentual de domicílios com renda per capita até 1/2 Salário mínimo no total de domicílios particulares. Domicílio destinado à habitação de uma pessoa ou de um grupo de pessoas cujo relacionamento é ditado por laços de parentesco,

dependência doméstica ou normas de convivência. O domicílio particular é classificado em: permanente – localizado em unidade que se destina a servir de moradia (casa, apartamento ou cômodo); ou improvisado – localizado em unidade que não possui dependência destinada exclusivamente à moradia (loja, sala comercial etc.) ou em prédio em construção, embarcação, carroça, vagão, tenda, barraca, gruta etc. que esteja servindo de moradia.

e) Renda familiar per capita: a distribuição do número de famílias segundo as classes de rendimento familiar per capita é um indicador importante para subsidiar políticas voltadas para a redução da pobreza, da desigualdade e das diferenças regionais. Nas análises acerca dos rendimentos da sociedade, é importante levar em conta a família, pois além de ser considerada unidade de produção e consumo é, também, unidade de reprodução e socialização.

f) Taxa população em situação extrema pobreza: percentual da população com renda inferior a estabelecida na linha de extrema pobreza de R$ 70 per capita mensais, para o Plano Brasil sem Miséria, no total população.

g) Densidade Demográfica: habitantes por unidade de superfície, representada pela expressão hab./km2. É uma medida da distribuição espacial da população e permite o estudo da concentração ou dispersão dessa população no espaço geográfico considerado. É um indicador importante para o planejamento urbano e para as políticas de ocupação do território, informando sobre a pressão populacional e as necessidades de infraestrutura da área.

h) Taxa de Urbanização: percentagem da população da área urbana em relação à população total.

i) Domicílios particulares permanentes, por número de cômodos - 1 a 2 cômodos: percentual de domicílios permanentes que possuem de 1 a 2 cômodos no total de domicílios.

j) Domicílios particulares permanentes, por tipo de material das paredes externas - Madeira, taipa, palha, outros: percentual de domicílios permanentes que utilizam como material nas paredes externas madeira, taipa, palha, outros no total de domicílios.

k) Domicílios particulares permanentes, por classes de rendimento nominal mensal domiciliar per capita - Sem rendimento: percentual de domicílios permanentes que não apresentam renda, no total de domicílios.

l) Domicílios particulares permanentes, por existência de água canalizada e forma de abastecimento de água - Não tinham: percentual de domicílios permanentes que vivem em domicílios particulares permanentes que não existe água canalizada no total de domicílios particulares permanentes.

m) Proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade residentes em domicílios particulares permanentes - com responsável ou cônjuge analfabeto: percentual de crianças de 0 a 5 anos de idade residentes domicílios permanentes cujos responsáveis são analfabetos no total de população de crianças de 0 a 5 anos.

3.3 Metodologia

A metodologia aplicada no presente estudo para a avaliação da vulnerabilidade socioambiental da sub-região 2 visando obter um índice sintético que represente o nível de vulnerabilidade dos municípios, considera a combinação dos procedimentos metodológicos empregados nos trabalhos desenvolvidos por Vincent (2004) e Kaly et. al (1999).

Para a avaliação da vulnerabilidade social, Vincent (2004) padroniza os indicadores entre intervalo 0 e 1, onde valores próximos a 0 indicam um baixo nível de vulnerabilidade e próximos a 1 um nível alto.

Na composição do índice ambiental, Kaly et. al (1999), utilizaram indicadores heterogêneos (numéricos, qualitativos e em diferentes escalas), mapeados em uma escala de valores 1 a 7. Os indicadores considerados para tal classificação foram marcados usando o modelo de “Efeito Linear Simples”, onde sete divisões iguais são feitas e estas são mapeadas diretamente para a escala de pontuação, sendo: 1 - a menor incidência possível; 2 - significativamente menor do que a média; 3 - um pouco menos do que a média; 4 – média; 5 - um pouco mais do que a média; 6 - significativamente mais do que a média; 7 - a maior incidência possível.

A seguir, esses procedimentos são descritos, onde basicamente foram realizadas duas etapas principais, a primeira para a seleção e construção dos indicadores (Figura 15), e a segunda para o cálculo dos índices e mensuração dos níveis de vulnerabilidade socioambiental (Figura 16).

3.3.1 Seleção, integração de dados e construção dos indicadores

Os indicadores da dimensão ambiental que compõem o Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA), descritos na Tabela 1, são divididos da seguinte forma:

- Indicadores disponíveis: Indicador de cobertura vegetal; Índice de Avaliação Ambiental - Programa Município Verde Azul; Índice de Perigo a Escorregamento e Taxa de matas e florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal.

- Indicadores de padrão histórico: Ocorrências de deslizamentos; Média da precipitação anual; Percentil de 85% de precipitação anual, conforme explicado no subitem 3.3.1.1.

- Indicadores construídos de chuva/deslizamento: Coeficientes de chuva diária, que foram obtidos através de Análise de Componentes Principais (ACP), para precipitação acumulada em 1, 2, 3, 4 e 5 dias e ponderados pelo número total de deslizamentos nos municípios da sub-região estudada, conforme detalhado no subitem 3.3.1.2.

Na dimensão social foram utilizados indicadores disponíveis: os indicadores socioeconômicos obtidos pelo Censo IBGE de 2010, com intuito de caracterizar as condições socioeconômicas da população dos municípios da sub-região 2, e que foi demonstrado através de um sub-índice denominado Índice de Vulnerabilidade Social (IVS).

3.3.1.1 Indicadores de padrão histórico

Para obter indicadores a partir de dados históricos de ocorrências de deslizamentos para cada município, durante os meses de novembro a março, para o período de 1990-2016, foi realizada a somatória desses eventos, agrupados anualmente, obtendo-se o número total de ocorrências.

Também foram utilizados dados históricos de chuva como fonte de dados para os indicadores, para dois períodos de análise: 1969-1994 e 1990-2016, durante os meses de novembro a março, se obtendo a média da precipitação anual para cada município e o Percentil 85% de precipitação anual, que indica um limiar de anos muito chuvosos, conforme estudos (Xavier et al., 2007).

3.3.1.2 Indicadores construídos para eventos de chuva/deslizamento

Nesse caso, considera-se que o total pluviométrico que incide sobre uma área, pode estar correlacionado aos eventos de deslizamentos, sendo que a precipitação de dias consecutivos de chuvas pode gerar mais deslizamentos do que os eventos pluviométricos não sucessivos (SANTOS, 2007; ROSA FILHO e CORTEZ, 2008).

Antes de desenvolver o método de construção dos indicadores de chuva/deslizamento, foi contabilizado o número de ocorrências de deslizamentos para cada município, para todo o período e anualmente, e realizada uma análise exploratória dos dados de precipitação, para conhecer o comportamento das chuvas. Nesta etapa foi caracterizado o padrão de precipitação mensal, obtendo-se a média mensal e a variabilidade interanual.

Para investigar a relação chuva-deslizamento aplicou-se uma análise de frequência, contabilizado o número de episódios ocorridos em cada faixa de precipitação, sendo criado um histograma com o intuito de visualizar graficamente essa distribuição das chuvas associadas aos eventos de deslizamentos em cada município.

A sub-região 2 da RMVP possui alguns municípios com poucos eventos de deslizamentos e indisponibilidade de dados diários de chuvas para o período analisado, não sendo possível realizar a análise de frequência e construir um indicador de relação direta chuva/deslizamento com significância estatística para toda a região. Assim, foram considerados os municípios com maior número de ocorrências na investigação dos padrões de totais de precipitação acumulada em dias consecutivos relacionados a ocorrências de deslizamentos, e na aplicação de análise multivariada.

Tendo como referência a metodologia de Hongyu et al., (2015), para conhecer o padrão principal da precipitação acumulada em dias consecutivos, foi aplicada a Analise de Componentes Principais (ACP). A ACP é uma técnica estatística de análise multivariada que transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto menor de variáveis não correlacionadas, que contém a maior parte da informação do conjunto original. A descrição do método da ACP está apresentada em detalhes no Apêndice A.

A ACP foi aplicada a dois períodos distintos, o primeiro, associado a episódios de deslizamentos (1990-2016) e o segundo, ao período histórico (1969-1994), denominado climatológico, que apresenta dados diários de chuva para todos os municípios. Para tanto, foram realizados os seguintes procedimentos:

a) Geração de séries de totais de precipitação acumulada em 1, 2, 3, 4 e 5 dias consecutivos até o dia de ocorrência do evento de deslizamento para o período mais recente de 1990-2016, nos municípios com maior número de ocorrências de deslizamentos;

b) Aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP) para o conjunto de séries geradas de 1 a 5 dias, descritas no item *a*, visando encontrar os padrões de variabilidade dos totais precipitados em dias consecutivos até a ocorrência de deslizamentos, obtendo assim o padrão de relação entre os totais acumulados de precipitação no dia do evento e em dias anteriores, que apresente o maior percentual de explicação da variância original (primeira componente principal). A descrição do método da ACP está apresentada em detalhes no Anexo A.

c) Geração de séries de totais de precipitação acumulada em 1, 2, 3, 4 e 5 dias consecutivos, para todos os municípios, no período climatológico disponível de 1969-1994;

d) Aplicação da ACP para o conjunto de séries geradas de 1 a 5 dias, no período climatológico, descritas no item *c*;

e) Comparação entre o padrão do primeiro componente principal (CP1) de chuva-deslizamento, descrito no item *b*, com o CP1 obtido a partir de todo o histórico, item *d*;

f) Ponderação do CP1 do período climatológico (item *d*), pelo peso relativo as ocorrências de deslizamentos no município, sendo este peso (pd) calculado através da equação 1.

$$pd_i = (nd_i/ndt) + 1, \qquad (1)$$

onde,

pd_i o peso das ocorrências de cada município i;
nd_i, o número total de deslizamentos no município i;
ndt, o número total de deslizamentos na região.

A partir da ponderação do CP1 (item f) foram obtidos os indicadores chuva-deslizamento.

Todos os indicadores são previamente padronizados, tanto os ambientais quanto os socioeconômicos, visando representar os dados entre o intervalo de 0 e 1, e colocados em escalas comparáveis, indicando que quanto mais próximo ao valor 1, maior o nível de vulnerabilidade e mais próximo de 0, será menor o nível de vulnerabilidade.

Há dois tipos de padronização que afetam positivamente ou negativamente estes indicadores, de acordo com as equações (2) e (3):

a) Padronização do Tipo 1: Um valor alto do indicador representa uma situação de menor vulnerabilidade.

$$I_{padronizado} = \frac{Máximo_I - I_{observado}}{Máximo_I - Mínimo_I} \quad (2)$$

b) Padronização do Tipo 2: Um valor baixo do indicador representa uma situação de menor vulnerabilidade.

$$I_{padronizado} = \frac{I_{observado} - Mínimo_I}{Máximo_I - Mínimo_I} \quad (3)$$

Onde,

$I_{padronizado}$: indicador padronizado
$I_{observado}$: valor do indicador observado
$Mínimo_I$: valor do indicador mínimo
$Máximo_I$: valor do indicador máximo

Com os indicadores devidamente padronizados, apresentando valores entre 0 e 1, os mesmos são representados por *scores* na escala 1 a 7, conforme considerado no estudo de Kaly et al. (1999), de acordo com a Tabela 2:

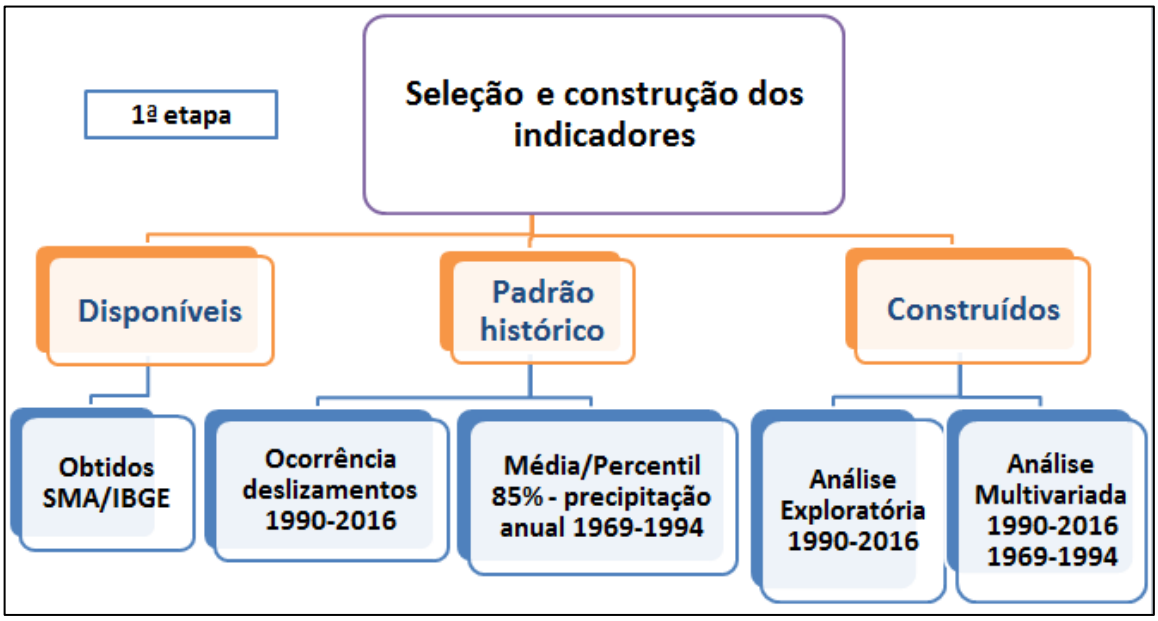
Tabela 2 - Escala da distribuição dos indicadores padronizados.

Scores	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Indicadores	0 a 0,14	0,15 a 0,29	0,30 a 0,44	0,45 a 0,59	0,60 a 0,74	0,75 a 0,89	> 0,90
Nível	Muito baixo	Baixo	Médio baixo	Médio	Médio alto	Alto	Muito alto

Fonte: Kaly et al., 1999. Adaptado pelo autor.

Os procedimentos considerados na seleção e construção dos indicadores, primeira fase da metodologia aplicada, estão representados na Figura 15.

Figura 15 – Primeira etapa da metodologia aplicada



Fonte: Realizado pelo autor.

Após a obtenção dos indicadores socioambientais realizou-se o cálculo dos índices e a classificação dos níveis de vulnerabilidade socioambiental dos municípios estudados, cujos detalhes são descritos a seguir.

3.3.2 Mensuração dos índices de vulnerabilidade socioambiental

Na mensuração da vulnerabilidade socioambiental da sub-região estudada se utilizou de indicadores e índices, como recurso para melhor compreensão dos processos ambientais e socioeconômicos que impactam os municípios e sua população. A operacionalização desses conceitos é demonstrada através dos cálculos dos sub-índices: Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) e Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), descrita no subitem 3.3.2.1, e do índice sintético: Índices de Vulnerabilidade Geral (IVG), conforme descrito no subitem 3.3.2.2.

3.3.2.1 Cálculo dos Índices de Vulnerabilidade Ambiental e Índices de Vulnerabilidade Social

Para o cálculo dos sub-índices IVA e IVS é efetuada a somatória da pontuação de cada indicador (Equação 4), estabelecendo o total de *score* para cada município. Conforme Kaly et al. (1999), esses totais são distribuídos de acordo com a Tabela 3, obtendo-se a classificação dos níveis de vulnerabilidade ambiental e social para os municípios.

$$IV = id_{1+}id_{2+}id_{3+} \dots id_n \quad (4)$$

Onde,

IV: sub-indice (no presente estudo foi representado através do IVA e IVS)
Id: indicadores

Tabela 3 - Escala dos níveis de vulnerabilidade ambiental e social.

Scores	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
IVA/IVS/IVG	1 a 10	10,1 a 20	20,1 a 30	30,1 a 40	40,1 a 50	50,1 a 60	> 60,1
Nível	Muito baixo	Baixo	Médio baixo	Médio	Médio alto	Alto	Muito alto

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.2.2 Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Geral

Para a avaliação da vulnerabilidade socioambiental da sub-região estudada, foi calculado um índice agregado, que neste trabalho denominou-se Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG), através da média ponderada dos sub-índices IVA e IVS, de acordo com a equação (5) adotada na metodologia aplicada no trabalho de Vincent (2004).

$$IVG = (IVA * wa) + (IVS * ws)/2 \quad (5)$$

Onde,

IVG: índice de vulnerabilidade geral
IVA: índice de vulnerabilidade ambiental

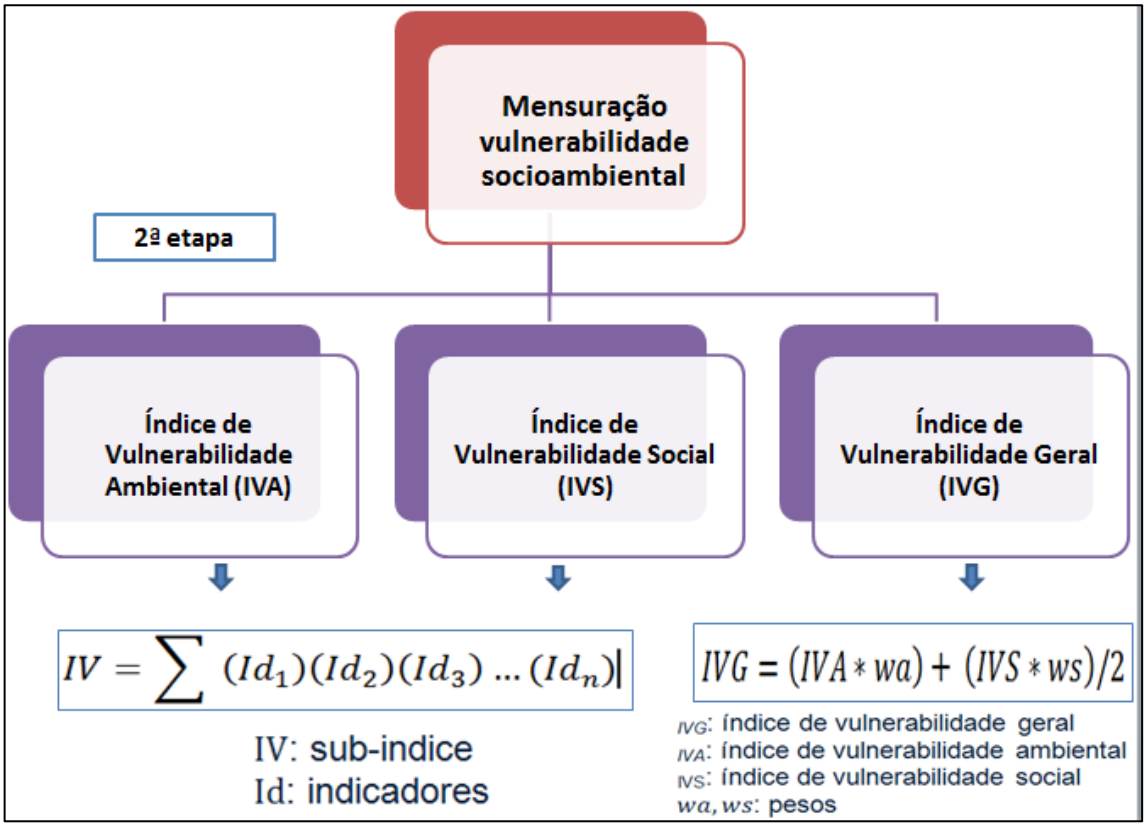
IVS: índice de vulnerabilidade social
wa, ws: pesos

Assim, selecionou-se o total de pontuação do IVA e IVS, para cada município, estabelecendo os pesos 0,6 e 0,4, respectivamente, adaptado neste trabalho, de acordo com a literatura nos procedimentos metodológicos estabelecidos pelos autores citados, para obter uma medida geral da vulnerabilidade da sub-região 2, o IVG.

Após esse procedimento, para se estabelecer os índices de vulnerabilidade para os municípios, aplicou-se também a classificação baseada na escala de pontuação de 1 a 7, de acordo com o estudo de Katy et al. (1999), considerando 7 níveis, desde muito baixo até o nível muito alto de vulnerabilidade, conforme a Tabela 3 apresentada.

A Figura 16 mostra os métodos aplicados na mensuração da vulnerabilidade socioambiental, segunda etapa da metodologia.

Figura 16 – Metodologia aplicada (2ª Etapa).



Fonte: Realizado pelo autor.

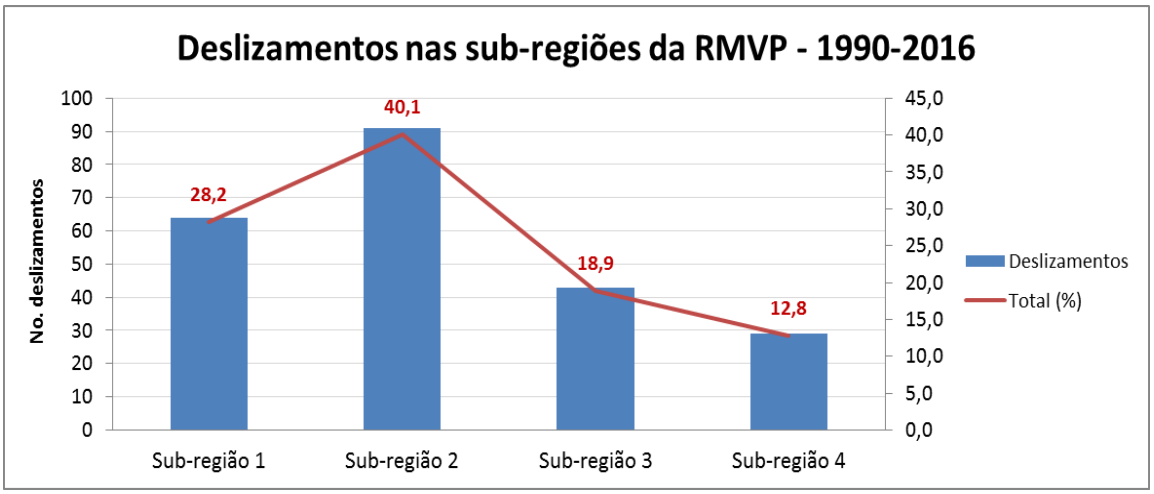
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados obtidos através da aplicação dos procedimentos metodológicos explicitados anteriormente, iniciando através de uma análise exploratória de ocorrências de deslizamentos e dos padrões mensal e de variabilidade interanual da precipitação, discutindo sobre relação chuva-deslizamento e também sobre os processos considerados na construção dos indicadores desta relação. Ademais, são inferidos sobre o processo de vulnerabilidade socioambiental da sub-região estudada, através da apresentação dos índices IVA, IVS e IVG.

4.1 Análise estatística dos deslizamentos e padrões da precipitação

De acordo com a análise estatística dos episódios de deslizamentos ocorridos na RMVP, a sub-região 2 destaca-se por apresentar o maior número de ocorrências, com 91 episódios de um total de 227, entre o período de 1990 a 2016, representando 40,1% dos casos ocorridos na RMVP (Figura 17).

Figura 17 – Ocorrências de deslizamentos nas sub-regiões da Região Metropolitana do Vale do Paraíba.

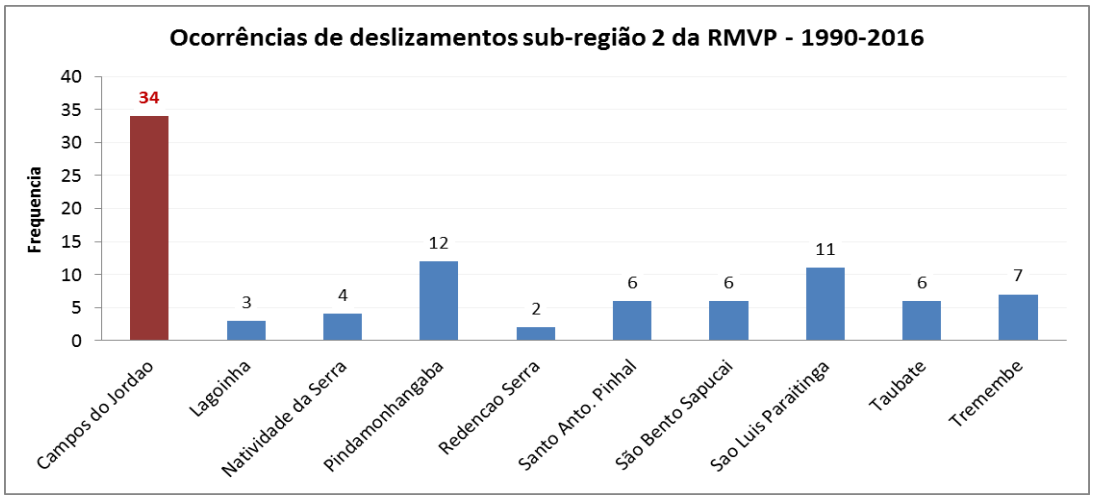


Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o resultado da análise realizada, se encontrou 91 casos de deslizamentos ocorridos nos municípios da sub-região 2, destacando o município de Campos do Jordão, que apresentou o maior número de ocorrências, com 34

episódios no período estudado, seguido pelos municípios de Pindamonhangaba e São Luís do Paraitinga, com 12 e 11 ocorrências, respectivamente, conforme mostrado na Figura 18. Assim, o município de Campos do Jordão será focalizado nos estudos da relação chuva-deslizamentos, pois o número de registros permite obter análises estatísticas significantes, o que assegurará inferir sobre a relação identificada.

Figura 18 – Número de episódios de deslizamentos nos municípios da sub-região 2 da RMVP, período 1990-2016.

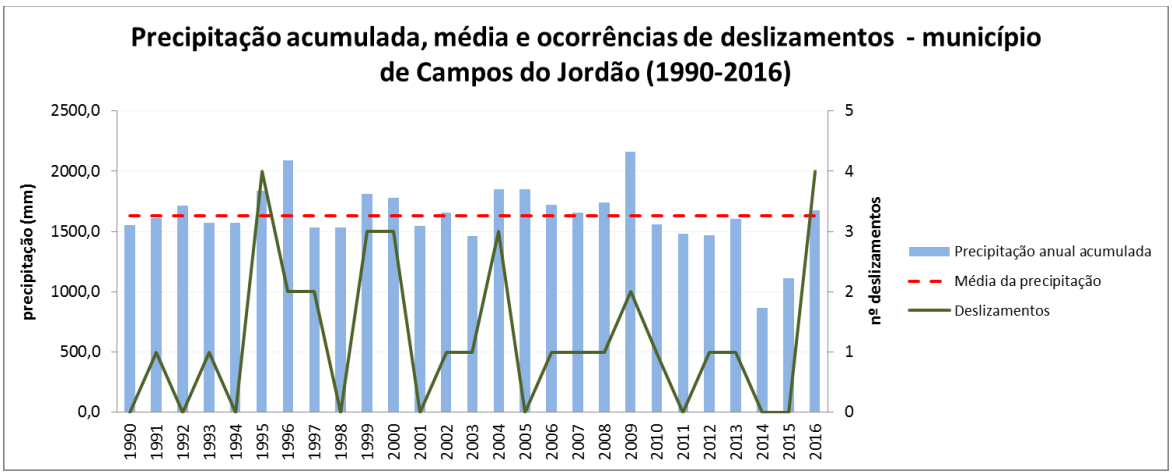


Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da comparação da variação interanual da precipitação com as ocorrências de deslizamentos para o município de Campos do Jordão, no período de 1990-2016, nota-se de um modo geral uma relação de mesmo sinal. Esta relação é identificada nos anos de 1995, 1999, 2000, 2004 e 2016, os quais apresentam precipitações acima da média, ou seja, valores superiores à 1.630 mm, conforme indicado na Figura 19.

Estas séries apresentam um coeficiente de correlação de 0,50, que por se tratar de dados anuais, pode ser considerado significativo pelo teste de hipótese *t* de *Student*. Para melhor entendimento da relação chuvas-deslizamentos é importante avaliar a série de dados diários, que permitirá a identificação de possíveis relações entre essas variáveis.

Figura 19 - Variação interanual da precipitação acumulada e ocorrências de deslizamentos para o município de Campos do Jordão (1990-2016).

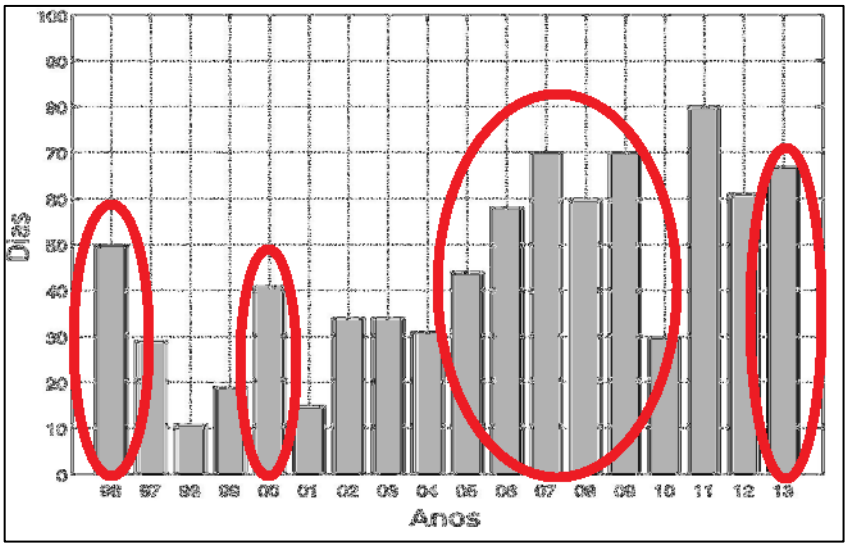


Fonte: Elaborado pelo autor.

O município de Campos do Jordão, como observado na Figura 18, apresenta, entre os meses de novembro e março para o período de 1990-2016, anos com precipitações acima da média (1995, 1996, 1999, 2000, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2016). Quadro et al. (2016) estudaram também, entre os meses de novembro e março no período de 1996-2013, episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que influenciam positivamente o regime de precipitação na região sudeste, identificando em média 44 dias por ano com esses episódios, em um total de 804 dias observados para o período analisado.

Através deste estudo, também é possível notar que os anos de 1996, 2000, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2013, apresentaram episódios de ZCAS acima da média (40 dias), chegando até 70 dias (Figura 20), que coincidem com as precipitações acima da média verificadas no município de Campos do Jordão. Assim, é possível inferir que a ZCAS é um sistema que exerce uma influência positiva sobre o regime de chuvas desta cidade e região, dada a persistência da precipitação, que pode contribuir para a deflagração de deslizamentos (DELGADO, 2005).

Figura 20 - Série temporal anual do número de dias dos episódios de ZCAS selecionados pelo Boletim Climanálise (1996-2013).

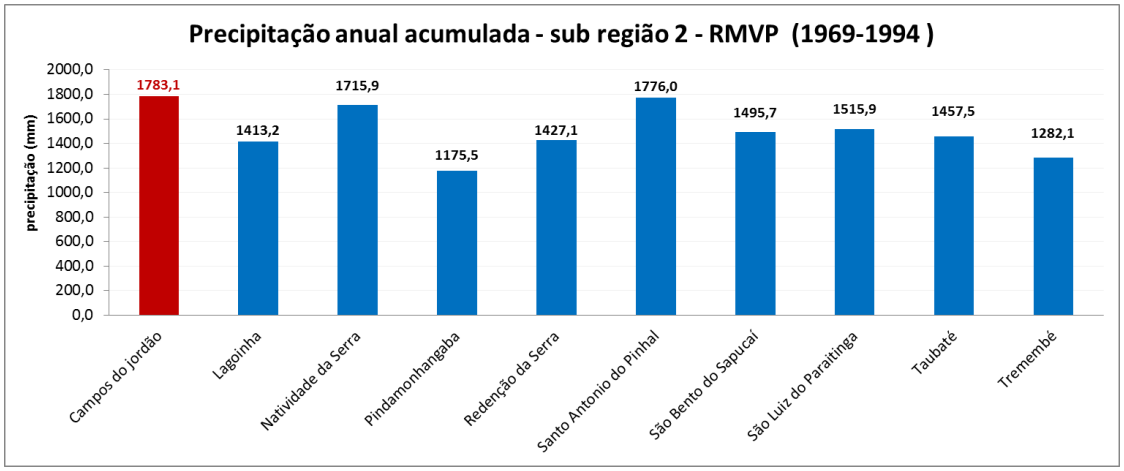


Fonte: Quadro et al. (2016).

O valor médio da precipitação acumulada anual no período climatológico (1969 a 1994) indica maior intensidade de chuvas para o município de Campos do Jordão com 1.783 mm, seguidos dos municípios de Santo Antônio do Pinhal e Natividade da Serra com valores de 1.776 mm e 1.716 mm, respectivamente (Figura 21).

Com o resultado encontrado, percebe-se que o município de Campos de Jordão além de apresentar uma suscetibilidade do meio físico à ocorrência de movimentos de massa, principalmente nas áreas de risco (AHRENDT, 2005 DELGADO, 2005; ROSA FILHO E CORTEZ, 2008), é caracterizado pelos maiores totais pluviométricos da sub-região 2 da RMVP.

Figura 21 - Caracterização climatológica da sub-região 2 da RMVP (1969-1994).



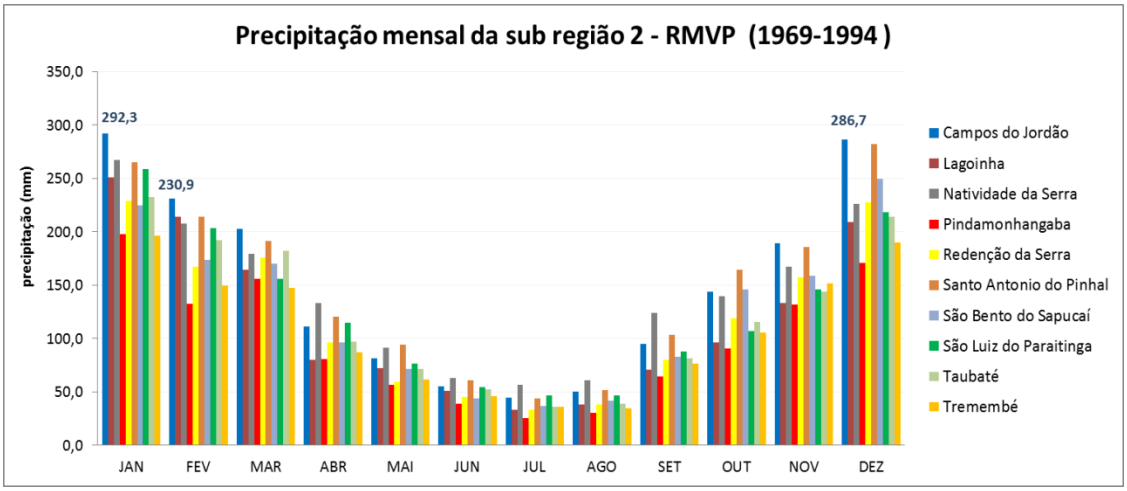
Fonte: Elaborado pelo autor.

A sazonalidade da precipitação para o período médio de análise de 1969 a 1994 (Figura 22) destaca os acumulados máximos, na estação de verão, para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) e os mínimos no inverno, para os meses de junho, julho e agosto (JJA), o que é típico da Região Sudeste. O município de Campos do Jordão apresenta os maiores totais de precipitações mensais no período chuvoso, na estação de verão (286,7 mm, 292,3 mm e 230,9 mm, para dezembro, janeiro e fevereiro, respectivamente).

Outros municípios como Natividade da Serra e Santo Antônio do Pinhal, também apresentaram precipitações elevadas no período chuvoso (Natividade da Serra: janeiro - 267,2 mm, fevereiro - 207,6 mm, dezembro – 226 mm; Santo Antônio do Pinhal: janeiro - 264,9 mm, fevereiro - 214,3 mm, dezembro – 280 mm).

De um modo geral, também se observam valores elevados de precipitação no início do outono e durante a primavera, o que significa que em anos de anomalias positivas de precipitação podem ocorrer episódios de deslizamentos, devido a excessos de chuvas.

Figura 22 – Precipitação média mensal dos municípios da sub-região 2 da RMVP (1969-1994).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a avaliação da vulnerabilidade socioambiental da sub-região estudada, além do entendimento conceitual desse processo, o presente trabalho utiliza-se de indicadores e índices que possam representar ou quantificar o nível de vulnerabilidade existente entre os municípios.

Os indicadores utilizados são de diversas fontes confiáveis, como IBGE, ANA, SMA, etc. Foram classificados em dimensão ambiental e dimensão socioeconômica, e nessas divisões, divididos na forma de como foram obtidos: a) os já disponíveis, aqueles que possuem uma metodologia estabelecida em sua criação, como os indicadores socioeconômicos do IBGE; b) os de padrão histórico, como os registros de ocorrências de deslizamentos e, c) construídos, que são os indicadores obtidos através da relação entre precipitação e deslizamentos, onde, são apresentados nos resultados descritos abaixo, no sub-item 4.1.

4.2 Indicadores chuvas-deslizamentos

Como observado através da revisão bibliográfica, vários autores (DELGADO, 2005; ROSA FILHO E CORTEZ, 2008; SOARES E RAMOS, 2015) sugerem que a precipitação é um fator importante na deflagração de eventos de deslizamentos. A seguir são apresentados resultados obtidos nas etapas de construção do indicador que representa a relação chuva-deslizamento.

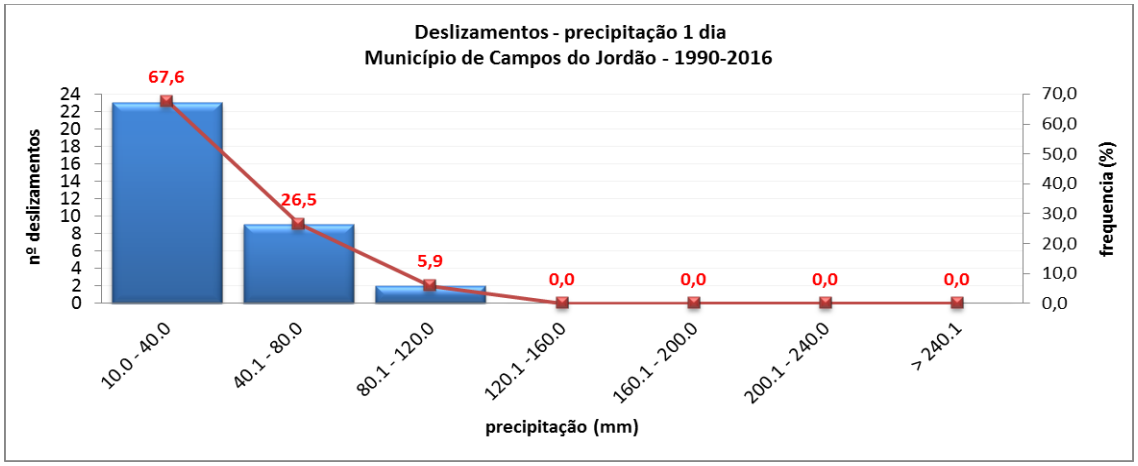
4.2.1 Análise exploratória da relação chuvas-deslizamentos

Devido aos municípios de Campos do Jordão, Pindamonhangaba e São Luís do Paraitinga apresentarem o maior número de ocorrências de deslizamentos da sub-região estudada, sendo de 34, 12 e 11 casos, são apresentados apenas os resultados para estes respectivos municípios.

As ocorrências de deslizamentos e as chuvas associadas entre 1 a 5 dias consecutivos, no município de Campos do Jordão, são mostradas nas Figuras 23 a 27.

Foram encontrados 23 casos com intervalos de intensidades entre 10 mm e 40 mm, que se associaram as chuvas acumuladas em 1 dia, representando 67,6% do total de ocorrências de deslizamentos e 9 casos com intensidades entre 40 mm e 80 mm, representando 26,5%. Os resultados são mostrados na Figura 23.

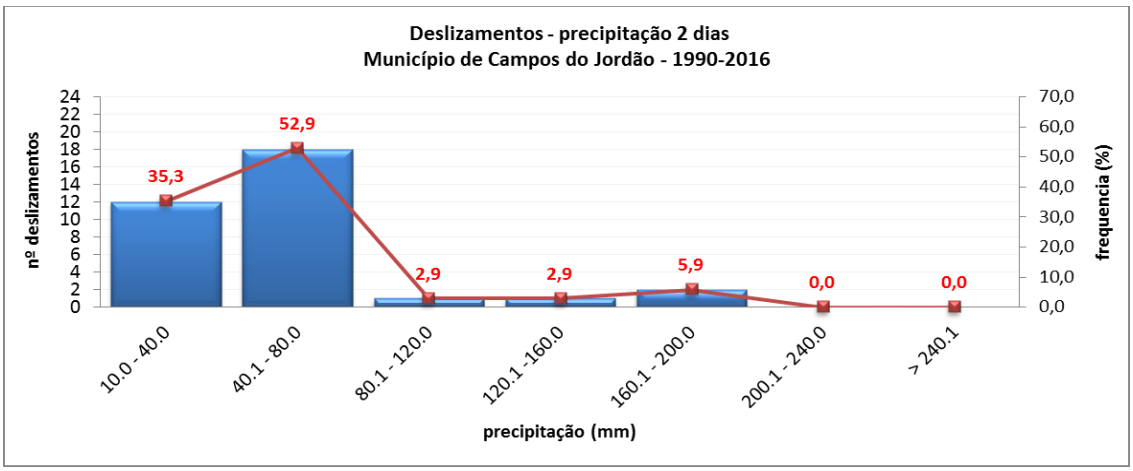
Figura 23 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados a 1 dia de precipitação – Campos do Jordão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 24 mostra que para as chuvas acumuladas em 2 dias ocorreram 18 episódios com precipitações entre 40 mm e 80 mm, representando 52,9% do total de eventos de deslizamentos, seguido por 12 casos com intensidades entre 10 mm e 40 mm, representando 35,3% do total.

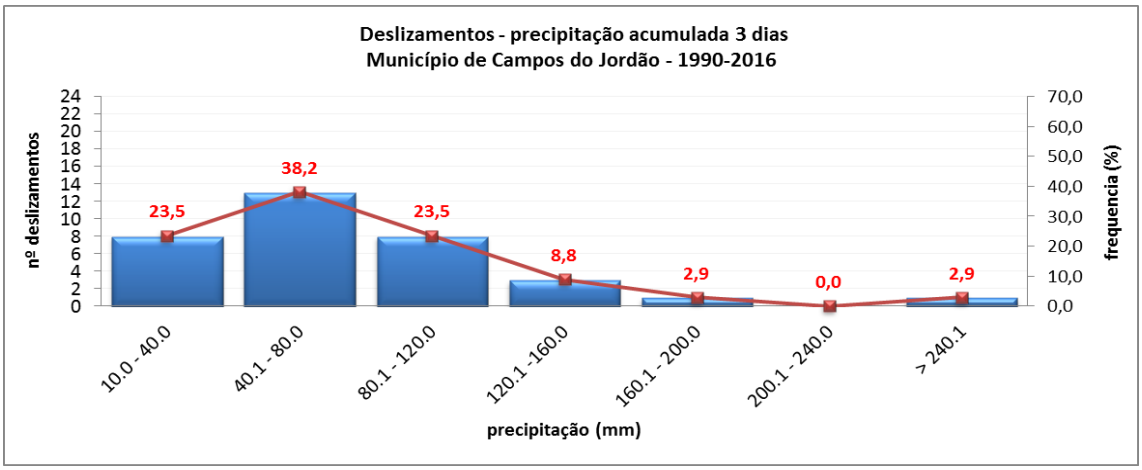
Figura 24 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados ao acumulado em 2 dias de precipitação – Campos do Jordão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os casos de deslizamentos associados às precipitações acumuladas em 3 dias, a maior quantidade encontrada foi de 13 casos com intensidades entre 40 mm e 80 mm, representando 38,2% da frequência do total de 34 ocorrências de deslizamentos, seguidos de 8 eventos entre 10 mm e 40 mm e o mesmo número de eventos com intensidades entre 80 e 120 mm, representando 23,5% para cada caso (Figura 25).

Figura 25 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados ao acumulado em 3 dias de precipitação – Campos do Jordão.

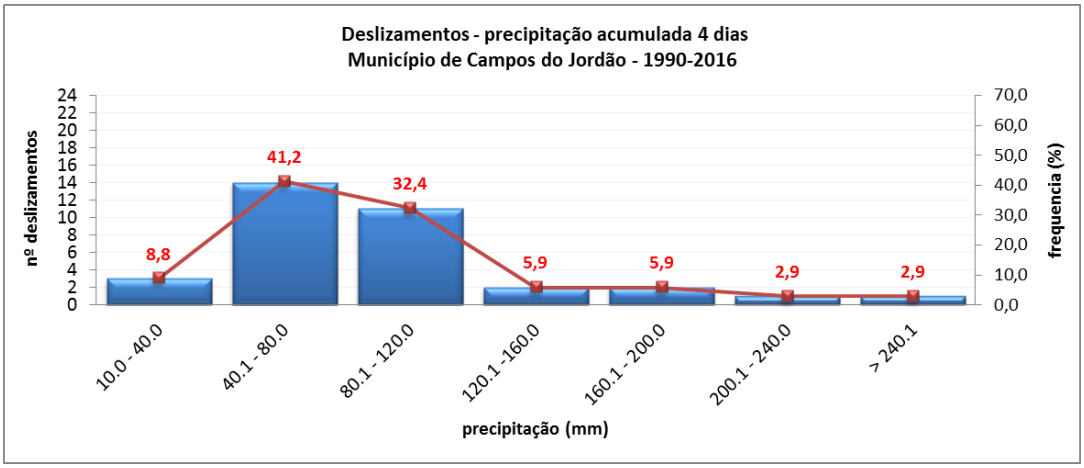


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados encontrados para os casos de eventos de deslizamentos associados às precipitações acumuladas em 4 dias (Figura 26) mostram que foram

14 casos, representando 41,2% do total, associados às intensidades entre 40 mm e 80 mm, se estendendo até 120 mm, com 11 casos e representando 32,4% do total.

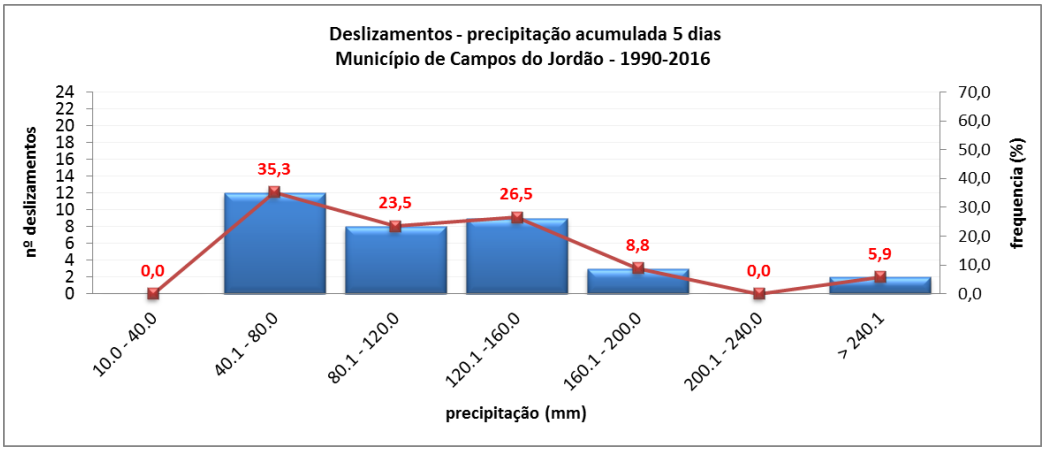
Figura 26 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados ao acumulado em 4 dias de precipitação – Campos do Jordão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para chuvas acumuladas em 5 dias associadas às ocorrências de deslizamentos, os resultados mostram que houve o maior número de casos entre 40 mm e 80 mm, sendo encontrados 12 eventos, representando 35,3% da frequência do total das ocorrências, seguido de 9 e 8 casos com intensidades entre 120 mm e 160 mm, e 80 mm e 120 mm, respectivamente (Figura 27).

Figura 27 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados ao acumulado em 5 dias de precipitação – Campos do Jordão.



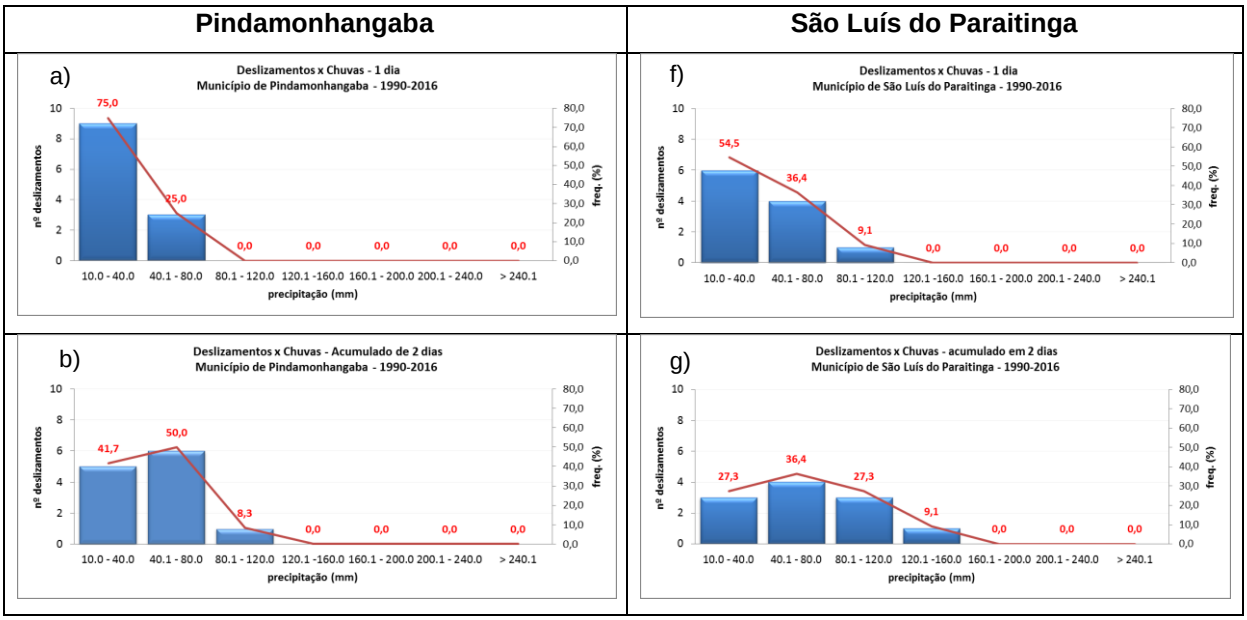
Fonte: Elaborado pelo autor.

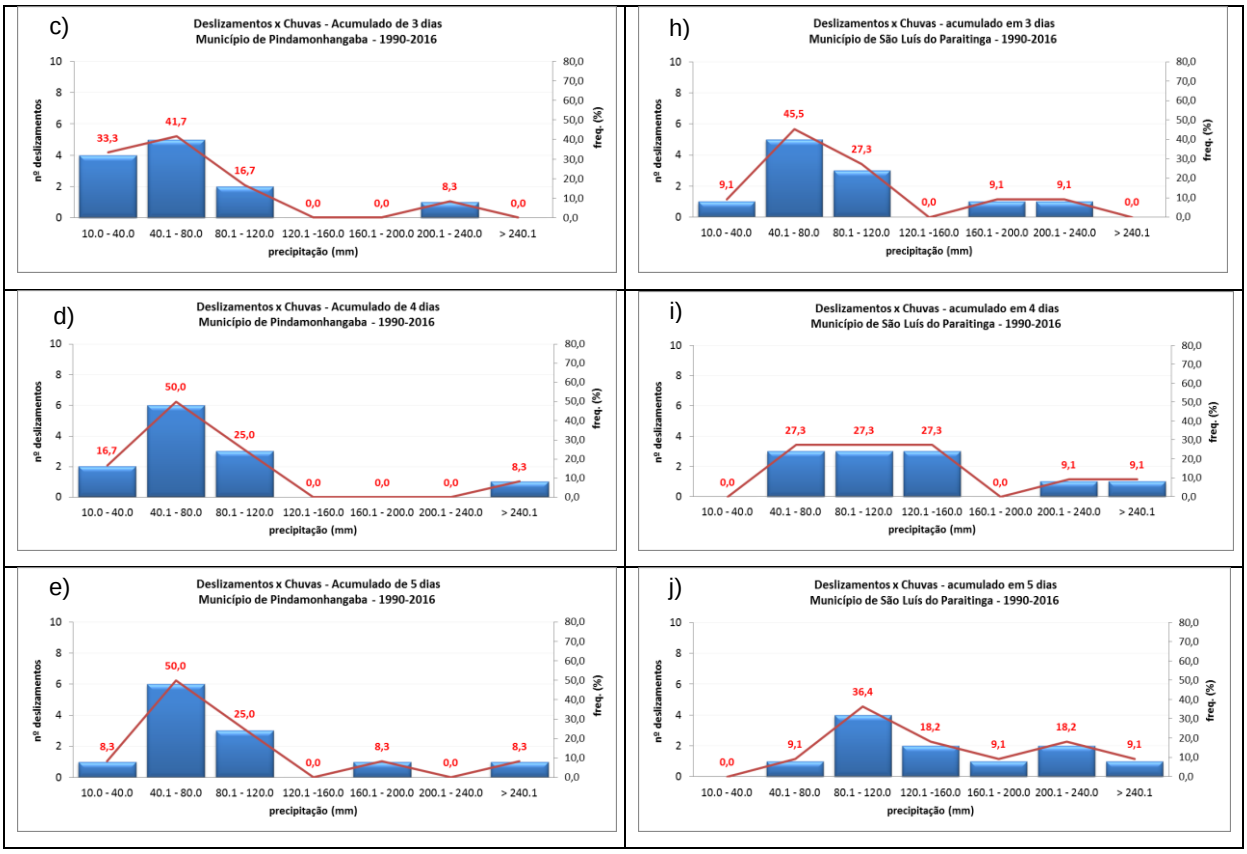
Os resultados da análise para Pindamonhangaba (Figura 28 a, b, c, d, e), e para São Luís do Paraitinga são apresentados na Figura 28 (f, g, h, i, j).

Para chuvas acumuladas associadas às ocorrências de deslizamentos, para o município de Pindamonhangaba os resultados mostram que houve um maior número de casos (aproximadamente 50% do total de 12 casos) entre 40 mm e 80 mm para chuvas acumuladas em 2, 3, 4 e 5 dias, e se estendendo também para precipitações entre 80 mm e 120 mm, conforme Figura 28 (b,c,d,e).

O município de São Luís do Paraitinga apresentou 11 ocorrências de deslizamentos, onde para 1 dia de chuva apresentou 6 ocorrências associadas entre 10 mm e 40 mm de precipitação, representando 54,5% do total, e 4 casos associados entre 40 mm e 80 mm, representando 36,4% (Figura 28 f). Para chuvas acumuladas em 2, 3, 4 e 5 dias, houve maiores casos de deslizamentos associados entre 40 e 80 mm e 80 mm e 120 mm, especialmente para 2 e 3 dias acumulados (Figura 28 g, h), e se estendendo entre 120 mm e 160 mm para 4 e 5 dias acumulados de precipitação, com 2 casos (Figura 28 i, j).

Figura 28 - Ocorrências de deslizamentos e os intervalos de intensidades associados de precipitação para o município de Pindamonhangaba: 1 dia de precipitação (a), 2 dias (b), 3 dias (c), 4 dias (d) e 5 dias (e) e para o município de São Luís do Paraitinga: 1 dia de precipitação (f), 2 dias (g), 3 dias (h), 4 dias (i) e 5 dias (j).





Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise de frequência teve por objetivo estabelecer um primeiro passo na identificação do comportamento da precipitação diária e os eventos de deslizamentos associados a esta. Observa-se, de um modo geral, a faixa de precipitação com maior frequência de eventos tende a aumentar com o aumento de número de dias consecutivos, até pelo menos 3 dias, sugerindo a importância de identificar as relações de chuvas contínuas e persistentes em dias anteriores associadas aos eventos de deslizamento.

4.2.2 Análise de Componentes Principais

Em complemento a análise de frequência de eventos, é importante também investigar padrões de variabilidade das precipitações diárias acumuladas e como se associam aos eventos de deslizamentos.

Nesta seção se destacam os resultados do primeiro componente principal (CP1), pois é o que representa a maior parte da variância do conjunto de dados. São mostrados os CP1's dos municípios de Campos do Jordão, Pindamonhangaba e

São Luís do Paraitinga, por apresentarem maior número de casos no período analisado. Para Campos do Jordão, o CP1 explica 81,6% da variância total dos dados, indicando um alto coeficiente (0,960) para o acumulado de 3 dias de precipitação, de acordo com os pesos de cada variável sobre o CP1 (Figura 29). O valor elevado de variância explicada pelo CP1 assegura a boa representatividade do principal padrão de variabilidade dos dados de precipitação acumulada em dias consecutivos.

Para o município de Pindamonhangaba foi obtido um valor de 80,2% da variância total explicada pelo CP1, e para São Luís do Paraitinga o valor da variância foi de 78,5%. Também se observa um alto coeficiente para o acumulado de 3 dias de precipitação, sendo 0,964 e 0,958, respectivamente (Figura 29). Isto indica um maior fator de influência na variabilidade da precipitação para os acumulados de 3 dias, que estão associados aos casos de deslizamentos.

Figura 29 – Matriz Componente Principal 1 (CP 1) - Campos do Jordão, Pindamonhangaba e São Luís do Paraitinga – 1990-2016.

Matriz de componentes – CP 1	**Campos Jordão**	**Pindamonhangaba**	**São Luís Paraitinga**
	Variância Explicada 81,6%	**Variância Explicada 80,2%**	**Variância Explicada 78,5%**
	Coef.	**Coef.**	**Coef.**
Precip. acum. – 1 dia	0,763	0,680	0,694
Precip. acum. – 2 dias	0,918	0,948	0,918
Precip. acum. – 3 dias	**0,960**	**0,964**	**0,958**
Precip. acum. – 4 dias	0,941	0,945	0,925
Precip. acum. – 5 dias	0,882	0,954	0,787

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para avaliar se tal padrão principal é climatologicamente predominante para todos os municípios, foi realizada a ACP considerando a precipitação diária independente da ocorrência de deslizamentos, no período climatológico de 1969-1994.

Após essa etapa, realizou-se a comparação entre os coeficientes da CP1 da precipitação de 1969-1994 e a análise dos padrões de totais de precipitação acumulada em dias consecutivos relacionados a ocorrências de deslizamentos, no período de 1990-2016, e verificou-se que são semelhantes, conforme mostrado pela

Figura 30, prevalecendo o maior peso da variável de precipitação acumulada em 3 dias. Esta similaridade viabiliza a construção de indicadores de chuva/deslizamento para todos os municípios.

Figura 30 – Comparação dos coeficientes da CP1 para os períodos de análise (1990-2016) e do período climatológico (1969-1994) para os municípios de Campos do Jordão, Pindamonhangaba e São Luís do Paraitinga.

Matriz de componentes – CP 1	**Campos Jordão**		**Pindamonhangaba**		**São Luís Paraitinga**	
	Série 1990-2016	**Climat. 1969-1994**	**Série 1990-2016**	**Climat. 1969-1994**	**Série 1990-2016**	**Climat. 1969-1994**
Precip. acum. – 1 dia	0,763	0,781	0,680	0,765	0,694	0,748
Precip. acum – 2 dias	0,918	0,925	0,948	0,916	0,918	0,907
Precip. acum – 3 dias	0,960	0,963	0,964	0,958	0,958	0,952
Precip. acum – 4 dias	0,941	0,944	0,945	0,939	0,925	0,933
Precip. acum – 5 dias	0,882	0,892	0,954	0,886	0,787	0,875

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a construção do indicador chuva/deslizamento foram considerados os coeficientes da CP1 para o período climatológico de 1969-1994 para todos os municípios da sub-região 2 da RMVP, devido a semelhança encontrada entre os CP1's dos dois períodos analisados. Para tanto, esses coeficientes do CP1 climatológico, foram ponderados pelos pesos das ocorrências, conforme Tabela 4.

O município de Campos do Jordão obteve os maiores valores dos coeficientes do CP1, os quais passam a ser denominados de indicadores de precipitação acumulada em dias – 1, 2, 3, 4 e 5 dias, sendo de 1,073, 1,271, 1,324, 1,297 e 1,225, respectivamente, seguido pelos municípios de Pindamonhangaba: 0,774, 0,927, 0,969, 0,950 e 0,896 e São Luís do Paraitinga: 0,756, 0,917, 0,962, 0,943 e 0,885.

Tabela 4 – Coeficientes da análise de componentes principais sub-região 2.

Município	No. desliz.	Peso desliz.	CP1 - 1 dia	CP1 - 2 dias	CP1 - 3 dias	CP1 - 4 dias	CP1 - 5 dias
Campos do Jordão	34	1,374	1,073	1,271	1,324	1,297	1,225
Lagoinha	3	1,033	0,771	0,924	0,965	0,948	0,898
Natividade da Serra	4	1,044	0,771	0,926	0,968	0,947	0,889
Pindamonhangaba	12	1,132	0,774	0,927	0,969	0,950	0,896
Redenção da Serra	2	1,022	0,766	0,923	0,966	0,945	0,887
Santo Antonio do Pinhal	6	1,066	0,770	0,925	0,968	0,946	0,889
São Bento do Sapucaí	6	1,066	0,773	0,926	0,967	0,950	0,896
São Luis do Paraitinga	11	1,121	0,756	0,917	0,962	0,943	0,885
Taubaté	6	1,066	0,766	0,923	0,967	0,947	0,888
Tremembé	7	1,077	0,774	0,926	0,967	0,950	0,896
TOTAL	91						

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Índice de Vulnerabilidade Ambiental

O Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) foi representado através de 13 indicadores com suas respectivas pontuações (*scores*), apresentando o total dessa pontuação e os níveis de vulnerabilidade para cada município, representando as características e condições ambientais da sub-região analisada.

A classificação do IVA para os municípios analisados é representada no mapa (Figura 31), apresentado em faixas, cujas tonalidades vão de tons verdes indicando valores baixos aos tons vermelhos representando valores altos, em termos de nível da vulnerabilidade.

Nota-se o destaque para o município de Campos do Jordão que ficou em primeiro lugar na classificação do IVA, apresentando um nível muito alto de vulnerabilidade ambiental (total de *score* = 73), devido principalmente, dos elevados valores para os indicadores de precipitação acumulada em 1, 2, 3, 4 e 5 dias consecutivos, do alto valor do percentil 85% da precipitação e da média da precipitação anual, esta indicando a maior intensidade de chuvas registrada entre os municípios, com 1.783 mm, e pelo maior número de ocorrências de deslizamentos. Esses indicadores são discutidos com maiores detalhes, de acordo com a apresentação da Figura 32, que representa a composição do IVA.

Os municípios de São Luís do Paraitinga e Santo Antônio do Pinhal, com *scores* de 46 e 44, respectivamente, apresentam um nível muito alto de vulnerabilidade na avaliação do IVA e são representados através do mapa (Figura 31).

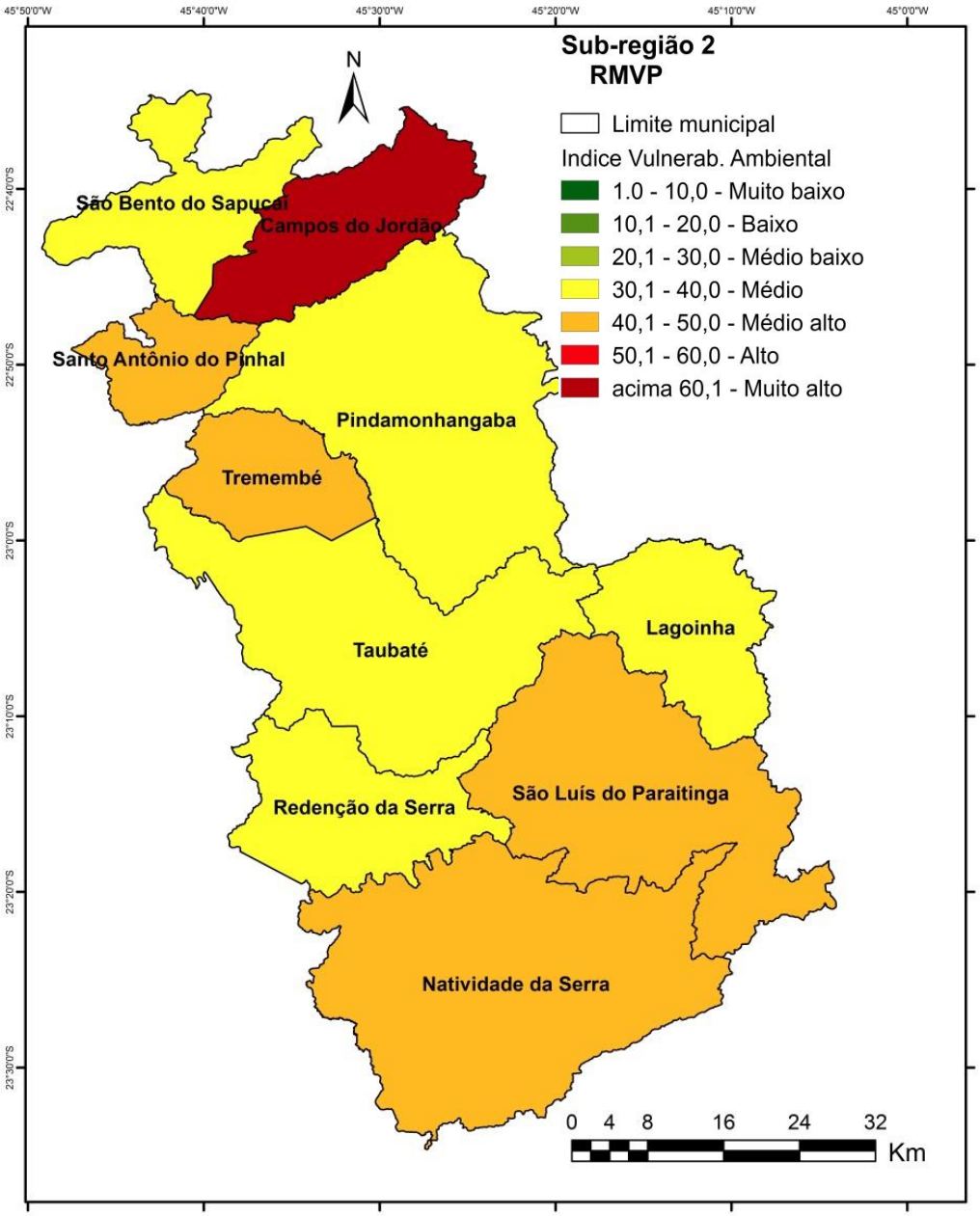
Para Santo Antônio do Pinhal, os indicadores mais relevantes são: índice de avaliação ambiental, índice de perigo a escorregamento, e a média de precipitação anual, com os máximos valores nos *scores* (7). E os indicadores mais relevantes e, também com os máximos *scores*, para o município de São Luís do Paraitinga foram: índice de avaliação ambiental e indicador de cobertura vegetal.

Esses municípios, juntamente com Tremembé (*score* = 44) e Natividade da Serra (*score* = 41), que apresentam também um nível médio alto de vulnerabilidade (Figura 31), representam 40% do total de dez municípios da sub-região 2.

Os municípios de Natividade da Serra e Tremembé apresentaram o índice de avaliação ambiental em comum, classificado com uma pontuação muito alta e alta dos *scores* (7 e 6 pontos), respectivamente. Ainda, Natividade da Serra, apresenta o indicador de coleta e tratamento de esgoto, e percentil 85% de precipitação anual, com os máximos *scores*.

E representando 50% dos municípios da sub-região 2, com um nível médio de IVA (Figura 31), aparecem os municípios de Lagoinha, Pindamonhangaba, Taubaté, Redenção da Serra e São Bento do Sapucaí com um total de *scores*, 40, 36, 36, 31 e 31 pontos, respectivamente, conforme mostrado na Figura 32.

Figura 31 - Índice Vulnerabilidade Ambiental da sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na análise do IVA observaram-se os indicadores relevantes para cada município que influenciaram na mensuração desse índice, mas nota-se ainda, que o indicador de cobertura vegetal, que pode ser um fator relevante na dinâmica do escoamento das chuvas e nos processos de deslizamentos, e o índice de avaliação ambiental, foram os que mais influenciaram, em conjunto, o índice de vulnerabilidade de 60% do total de municípios da sub-região estudada. Isso significa que, seis dos dez municípios apresentaram em comum, altos valores para esses indicadores (Figura 32).

O Índice de Avaliação Ambiental, que permite avaliar a gestão ambiental dos municípios, apresentou a máxima pontuação (*score* 7) representada pelos baixos valores atribuídos pela SMA (5,54; 3,45; 9,81; 15,13 e 5,60), para os municípios de Lagoinha, Natividade da Serra, Redenção da Serra, Santo Antônio do Pinhal e São Luís do Paraitinga, respectivamente, indicando que os mesmos não atenderam as diretivas do PMVA. O município de São Bento do Sapucaí recebeu o maior valor (93,16), indicando que o mesmo atendeu a maioria das diretivas ambientais que fazem parte desse índice. Os *scores* são representados na escala de 1 a 7, conforme demonstrados na Figura 32.

De um modo geral, o município de Campos do Jordão destacou-se na avaliação do IVA, classificado com um nível muito alto de vulnerabilidade ambiental na sub-região 2, que é decorrente da contribuição de vários indicadores, de acordo com os resultados encontrados e discutidos abaixo.

Os Indicadores de precipitação acumulada em 1, 2, 3, 4 e 5 dias (Figura 32), apresentaram a maior pontuação representados com um *score* de 7 pontos, resultantes dos maiores coeficientes do CP1 (1,073, 1,271, 1,324, 1,297 e 1,225), na análise de componentes principais. Esses coeficientes quando ponderados pelas ocorrências de deslizamentos (34 eventos), produziram os maiores valores de indicadores entre os municípios estudados, indicando um forte sinal na relação entre precipitação acumulada em dias consecutivos e ocorrências de deslizamentos. Além disso, devem ser levados em conta, os fatores do meio físico, como relevo e elevação do terreno, que apontaram valores acentuados, conforme demonstrados através dos mapas representados nas Figuras 12 e 13, o que pode contribuir tanto para o aumento das precipitações dependendo das condições atmosféricas, por um efeito orográfico, como para condicionar a ocorrências de deslizamentos de terra no município.

Figura 32 – Composição do IVA com seus indicadores e respectivos *scores.*

	* Indicadores													TOTAL
Municipios	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	IVA
Campos do Jordao	1	3	4	7	7	7	7	7	7	7	7	2	7	73
Lagoinha	7	7	4	1	1	1	1	1	1	3	3	5	5	40
Natividade da Serra	5	7	2	1	1	1	1	1	1	6	7	6	2	41
Pindamonhangaba	6	3	1	3	3	3	3	3	3	1	1	5	1	36
Redencao da Serra	6	7	2	1	1	1	1	1	1	3	2	5	1	32
Santo Antonio do Pinhal	2	7	7	1	1	1	1	1	1	7	6	5	4	44
São Bento do Sapucai	4	1	5	1	1	1	1	1	1	4	3	5	3	31
Sao Luiz do Paraitinga	6	7	5	2	2	2	2	2	2	4	4	5	3	46
Taubate	7	4	1	1	1	1	1	1	1	4	3	7	4	36
Tremembe	7	6	1	2	2	2	2	2	1	2	4	7	6	44

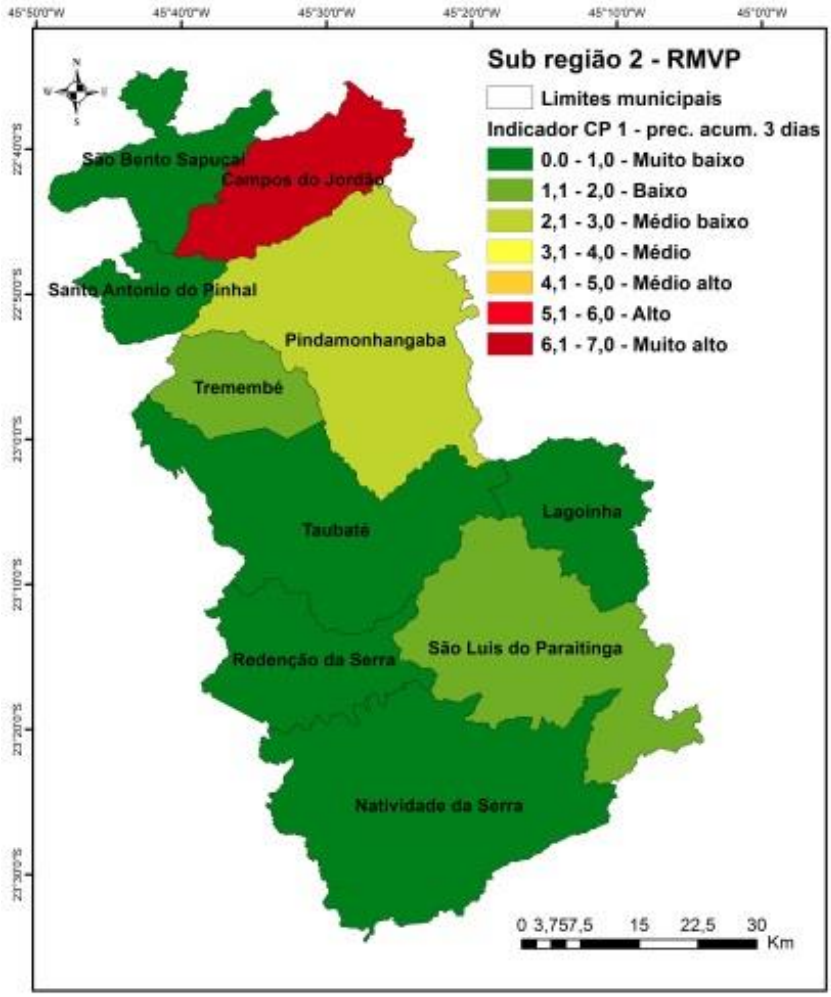
Niveis vulnerabilidade	Muito baixa	Baixa	Média baixa	Média	Média alta	Alta	Muito alta

* Indicadores	A	Indicador de Cobertura Vegetal
	B	Indice Avaliação Ambiental - Programa Municipio VerdeAzul
	C	Indice de Perigo a Escorregamento
	D	Indicador de precipitação acumulada em 1 dia
	E	Indicador de precipitação acumulada em 2 dias
	F	Indicador de precipitação acumulada em 3 dias
	G	Indicador de precipitação acumulada em 4 dias
	H	Indicador de precipitação acumulada em 5 dias
	I	Ocorrências de deslizamentos
	J	Média de precipitação anual
	K	Percentil 85% de precipitação anual
	L	Indicador de Áreas Prioritárias para Restauração Vegetação Nativa
	M	Indicador de taxa de matas e florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para uma visualização da distribuição espacial dos valores destes indicadores de precipitação, foi realizado um mapa representando os níveis de vulnerabilidade para cada município, conforme Figura 33. É apresentado somente um mapa (Indicador de precipitação acumulada em 3 dias consecutivos), pois os valores dos *scores* são os mesmos para os cinco indicadores. Com valores dos coeficientes de 0,774, 0,927, 0,969, 0,950 e 0,896, resultantes da ponderação com as ocorrências de deslizamentos (12 eventos, sendo o segundo maior valor entre os municípios), a pontuação do município de Pindamonhangaba, para este indicador, apresentou um *score* 3, representando um nível médio baixo.

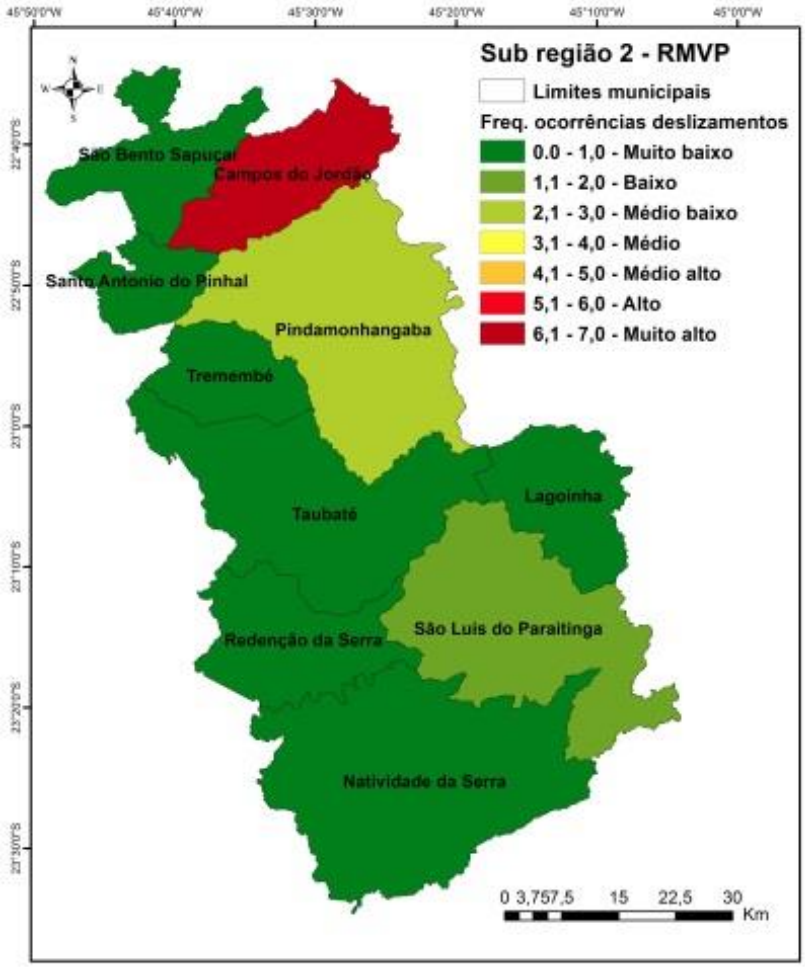
Figura 33 – Indicador de precipitação acumulada em 3 dias consecutivos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O indicador ocorrência de deslizamentos apresentou o maior valor para Campos do Jordão entre os municípios da sub-região 2 da RMVP (Figura 34), com um *score* de 7 pontos, estabelecido pelo maior número de ocorrências de deslizamentos, com um total de 34 eventos, de um total de 91 casos, sendo que um número elevado de eventos pode estar relacionado com a pluviosidade apresentada no município, conforme já citado. Outros municípios, como Pindamonhangaba e São Luís do Paraitinga, apresentaram 12 e 11 ocorrências de deslizamentos e foram representados com scores de 3 e 2 pontos, respectivamente. A região norte de Pindamonhangaba possui áreas com declividades mais acentuadas, entre forte ondulado a montanhoso, e pequenas áreas escarpadas.

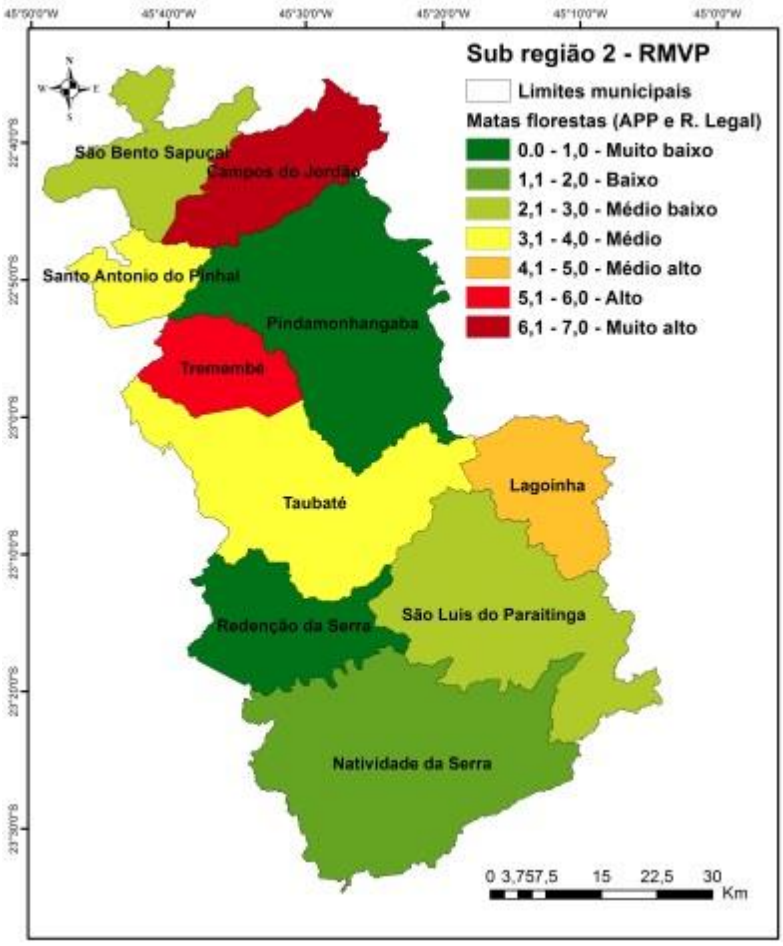
Figura 34 - Ocorrências de deslizamentos da sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Indicador de matas e florestas destinadas à preservação permanente ou reserva legal (em relação área total território) também apresentou para Campos do Jordão o maior score, com o valor de 7 pontos (Figura 35). Este indicador representa que quanto menor a área de matas e florestas destinadas à preservação, maior será o nível de vulnerabilidade ambiental. O município apresentou a menor taxa deste indicador, com um valor de 1,87% de seu território. A maior pontuação deste indicador foi estabelecida para o município de Redenção da Serra com a maior taxa, com um valor de 11,34%, seguido por Pindamonhangaba, com 10,98%.

Figura 35 - Matas e florestas destinadas preservação - sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o município de Santo Antônio do Pinhal, os indicadores mais relevantes que culminaram no *score* de 46 pontos, são apresentados pelos resultados abaixo.

O Índice de Perigo a Escorregamento apresentou um valor de 0,554, sendo o maior da sub-região, indicando que o município apresenta o maior nível de perigo ao processo de escorregamento. Em segundo lugar ficou o município São Luís Paraitinga, com um valor de 0,511.

Com um valor de 1775 mm no período de 1969-1994, para a média de precipitação anual, o município de Santo Antônio do Pinhal obteve o segundo maior valor (score 6) para esse indicador, que apresenta um valor máximo de 7 pontos na escala. Campos do Jordão apresentou o maior valor, apresentando uma média de 1783 mm.

O Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana do Município apresentou um valor de 4,5, que varia de 0 a 10, considerada a menor

taxa desse indicador para a sub-região, sendo que o município de Lagoinha apresenta uma taxa no valor de 9,5.

Para o município de São Luís do Paraitinga, que apresentou um nível médio alto de vulnerabilidade, com um total de *score* de 43 pontos, o principal indicador que mais influenciou no IVA foi o Índice de Avaliação Ambiental, apresentando o menor valor da sub-região, de 5,6. Pindamonhangaba apresentou o maior valor para este indicador (84,6)

4.4 Índice de Vulnerabilidade Social

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) representa o nível de vulnerabilidade socioeconômica da população dos municípios analisados e foi constituído por 13 indicadores com suas respectivas pontuações (*scores*), apresentando o total dessa pontuação e os níveis de vulnerabilidade para cada município (Figura 36).

O destaque fica para o município de Natividade da Serra, sendo o primeiro na classificação, com um nível muito alto de vulnerabilidade social (total de *score* = 65).

Os sete indicadores mais relevantes que influenciaram o IVS desse município, representando mais da metade do total, foram: Taxa de Analfabetismo da População de 15 Anos e Mais, Taxa de Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo, Renda familiar per capita, Taxa população em situação extrema pobreza, Taxa de Domicílios, por número de cômodos - 1 a 2 cômodos, Taxa de Domicílios, por existência de água canalizada e forma de abastecimento de água - Não tinham e, Proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade - com responsável ou cônjuge analfabeto. Mais adiante, esses indicadores são discutidos, de acordo com os resultados obtidos.

O segundo município nessa classificação foi o de Redenção da Serra, que apresentou um nível alto do IVS (Figura 36), com um score de 55 pontos, com os indicadores mais relevantes: Taxa de Mortalidade Infantil, Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo e Renda familiar per capita.

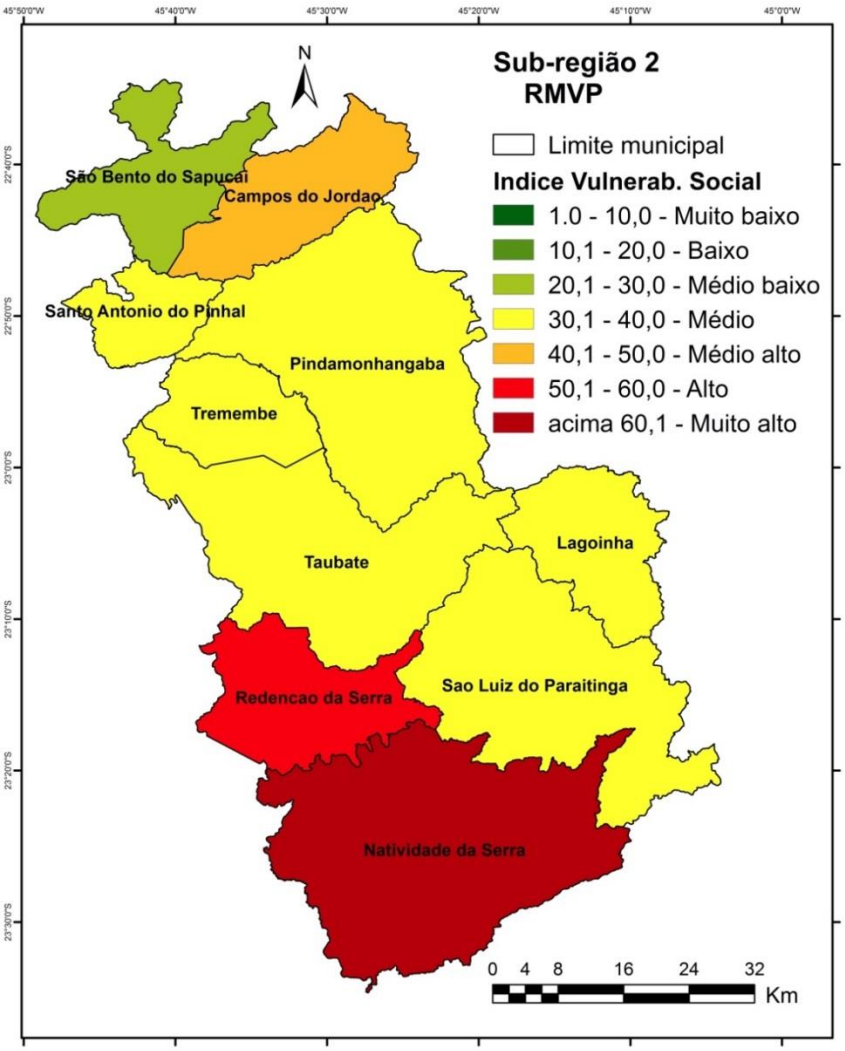
O município de Campos do Jordão, apresentando um nível médio alto de vulnerabilidade (Figura 36), foi classificado em terceiro lugar, com o total de *scores* de 48 pontos. Os indicadores: Taxa de Urbanização e Domicílios particulares, por

tipo de material das paredes externas - Madeira, taipa, palha, são os mais relevantes no cálculo do IVS.

Os indicadores citados para esses dois municípios, Redenção da Serra e Campos do Jordão, são detalhados, mais adiante.

A maior parte dos municípios apresentou um nível médio de IVS, cerca de 60% em um total de 10 municípios, indicando que sua situação socioeconômica é regular, em comparação com os três municípios citados acima. A Figura 36 mostra a distribuição espacial do IVS da sub-região 2 da RMVP.

Figura 36 – Índice Vulnerabilidade Social da sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os 13 indicadores que compõem o IVS, para cada município, são apresentados de acordo com a Figura 37, e discutidos os mais relevantes para o município de Natividade da Serra, pois foi o que apresentou a maior pontuação do

IVA (*score* de 65), Redenção da Serra com 55 pontos, e por último, Campos do Jordão com um score de 48 pontos.

Figura 37 – Composição do IVS com seus indicadores e respectivos *scores*.

	* Indicadores													
Municipios	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	IVS
Campos do Jordao	1	3	4	7	5	1	3	7	6	7	1	2	1	48
Lagoinha	4	3	1	5	6	1	1	3	2	2	1	1	1	31
Natividade da Serra	7	6	1	7	7	7	1	1	7	3	4	7	7	65
Pindamonhangaba	1	2	7	2	3	1	3	7	2	1	1	1	1	32
Redencao da Serra	4	7	1	7	7	7	1	2	2	1	7	3	6	55
Santo Antonio do Pinhal	3	1	3	4	4	1	1	3	3	2	1	1	4	31
São Bento do Sapucai	3	3	2	5	5	2	1	1	1	2	1	1	3	30
Sao Luiz do Paraitinga	4	1	2	5	6	2	1	3	5	2	1	1	5	38
Taubate	1	3	6	1	1	1	7	7	4	1	2	1	1	36
Tremembe	1	2	7	2	2	1	4	6	4	1	1	2	2	35

Niveis vulnerabilidade	Muito baixa	Baixa	Média baixa	Média	Média alta	Alta	Muito alta

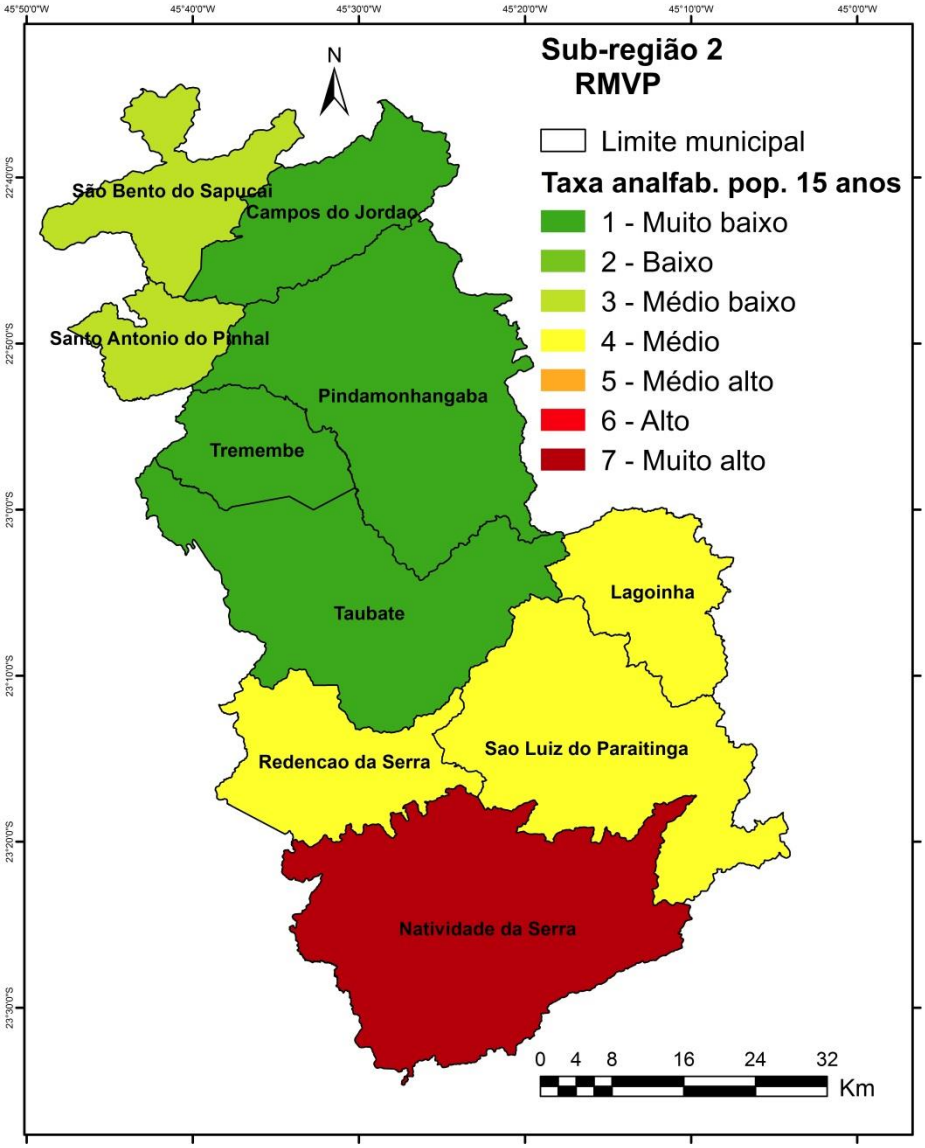
* Indicadores		
	A	Taxa de Analfabetismo da População de 15 Anos e Mais
	B	Taxa de Mortalidade Infantil (por mil nascidos)
	C	Taxa de crescimento populacional
	D	Taxa de Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo
	E	Renda familiar per capita
	F	Taxa populacao em situaçao extrema pobreza
	G	Densidade demográfica
	H	Taxa de Urbanização
	I	Taxa de Domicílios permamentes, por número de cômodos - 1 a 2 cômodos
	J	Taxa de domicílios perm., por tipo de material das paredes ext. - Madeira, taipa, palha, outros
	K	Taxa de Domicílios perm., por classes de rend. nominal mensal per capita - Sem rendimento
	L	Taxa de Domicílios perm., por existência de água canal. e forma de abast. de água - Não tinham
	M	Proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade resid. em domicílios perm. - com respons. analfabeto

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os seis indicadores que mais contribuíram com o nível muito alto de vulnerabilidade social para o município de Natividade da Serra foram os seguintes:

Taxa de Analfabetismo da População de 15 Anos e Mais (Figura 38), que mede o grau de analfabetismo da população adulta, onde foi encontrada a maior taxa de analfabetismo dessa população entre os municípios da sub-região 2, com um valor de 16,56%, seguido dos municípios de Lagoinha, Redenção da Serra e São Luís do Paraitinga, com taxas no valor de 10,5%, 10,4% e 10%, respectivamente, do total da população nessa faixa etária.

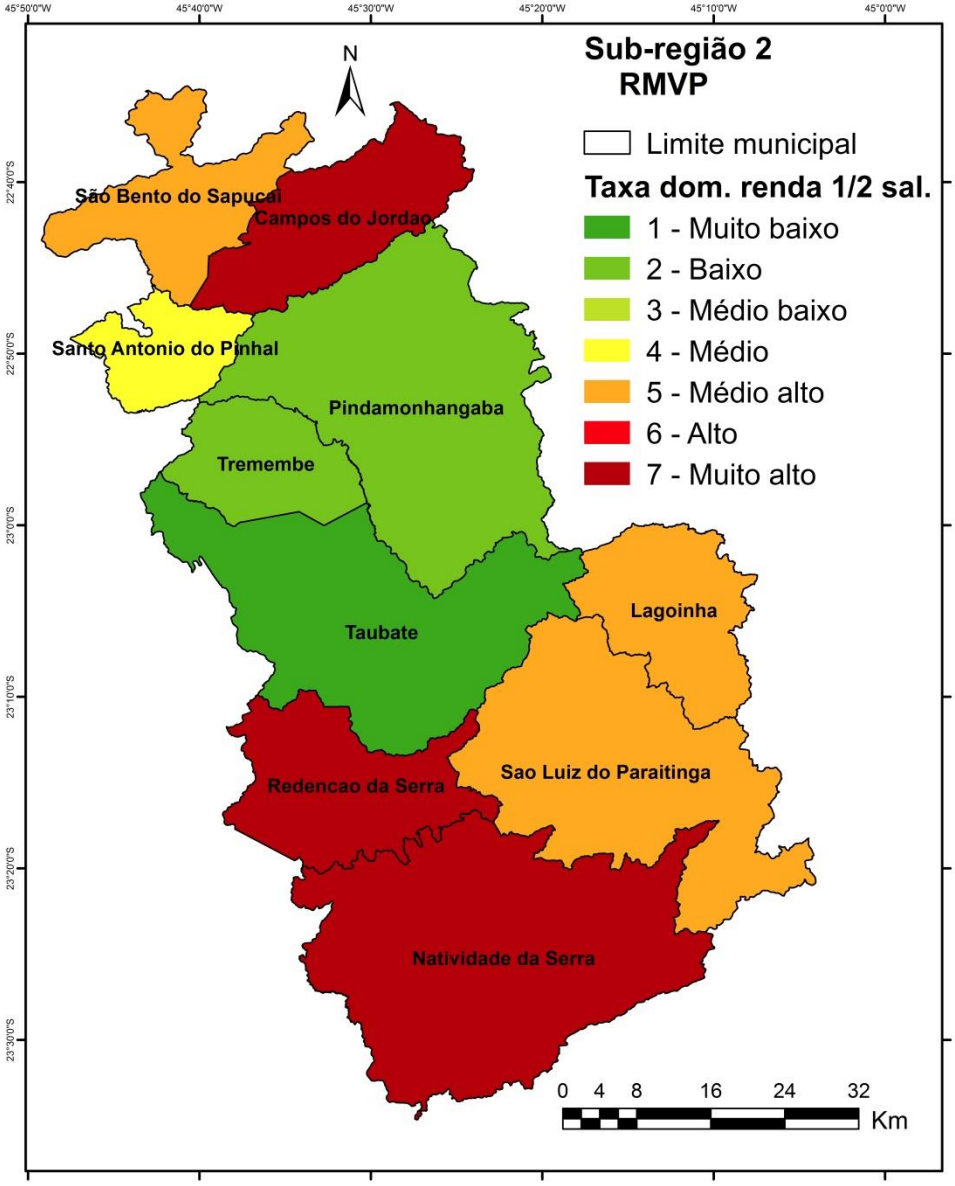
Figura 38 – Taxa de analfabetismo da População de 15 Anos e Mais - sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Taxa Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo (Figura 39), sendo o segundo município com a maior taxa desse indicador (39,3%), perdendo somente para o município de Redenção da Serra (40,6%). Campos do Jordão apresentou 39,1%, ficando em terceiro lugar. Esses indicadores foram classificados com um nível muito alto (*score* 7), de acordo com a escala 1 a 7.

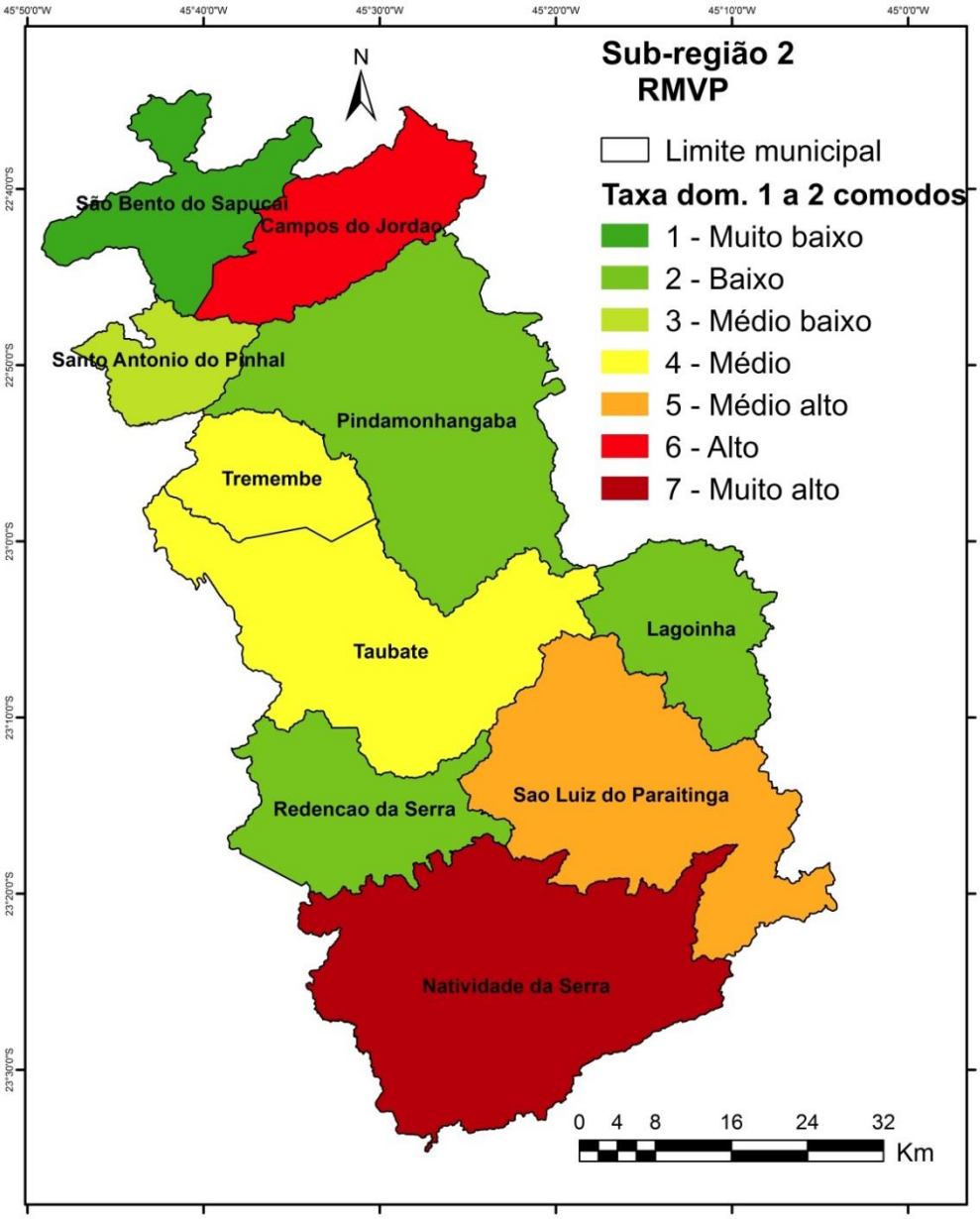
Figura 39 – Taxa Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo - sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Taxa Domicílios particulares permanentes, por número de cômodos - 1 a 2 cômodos (Figura 40), indicando, para esse município, a maior taxa do total de domicílios com essas características (3,5%), seguido pelos municípios de Campos do Jordão com porcentagem de 3,1% e São Luís do Paraitinga com 2,6%, respectivamente, para esse indicador.

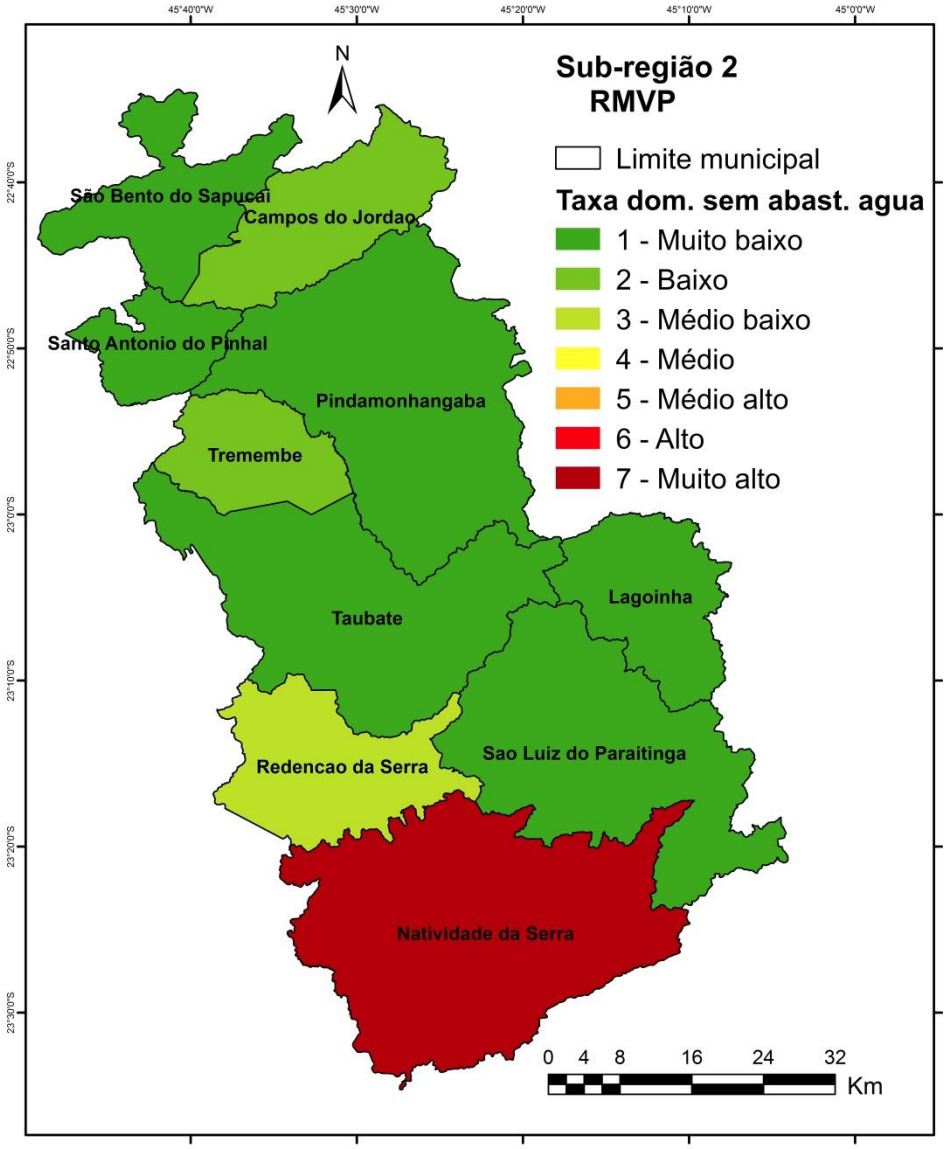
Figura 40 – Taxa Domicílios particulares permanentes, por número de cômodos - 1 a 2 cômodos - sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Taxa Domicílios particulares permanentes, por existência de água canalizada e forma de abastecimento de água - Não tinham (Figura 41), sendo o município da sub-região 2, com a maior taxa do total de domicílios sem água canalizada, com um valor de 4,9%, seguido do município de Redenção da Serra, com a taxa de 1,7%.

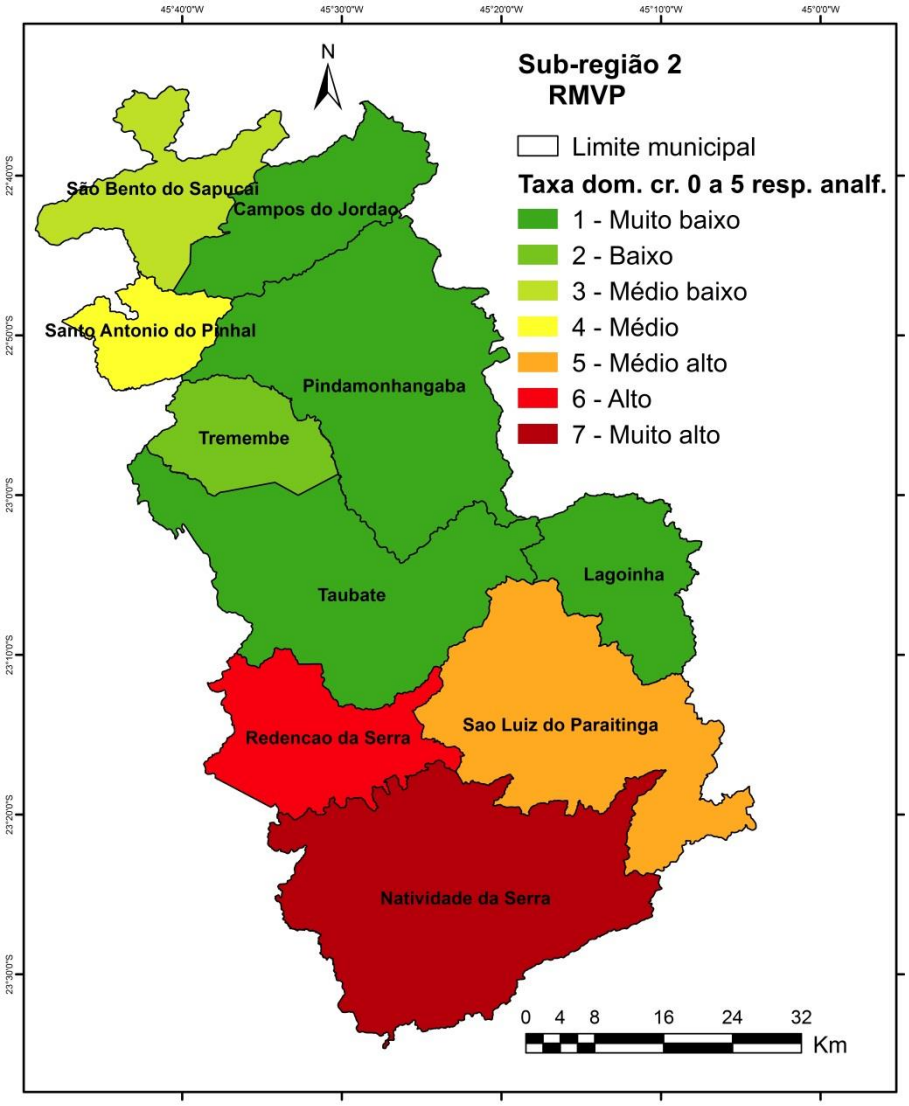
Figura 41 – Taxa Domicílios particulares permanentes, por existência de água canalizada e forma de abastecimento de água - Não tinham - sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Taxa Proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade residentes em domicílios particulares - com responsável ou cônjuge analfabeto (Figura 42), sendo o município com a maior taxa nesse indicador, onde as crianças nessas condições são cuidadas por um responsável analfabeto (11,2%), representando um nível muito alto (*score* 7), seguido pelos municípios de Redenção da Serra, com porcentagem de 9,6% e São Luís do Paraitinga com 9%, respectivamente, para esse indicador.

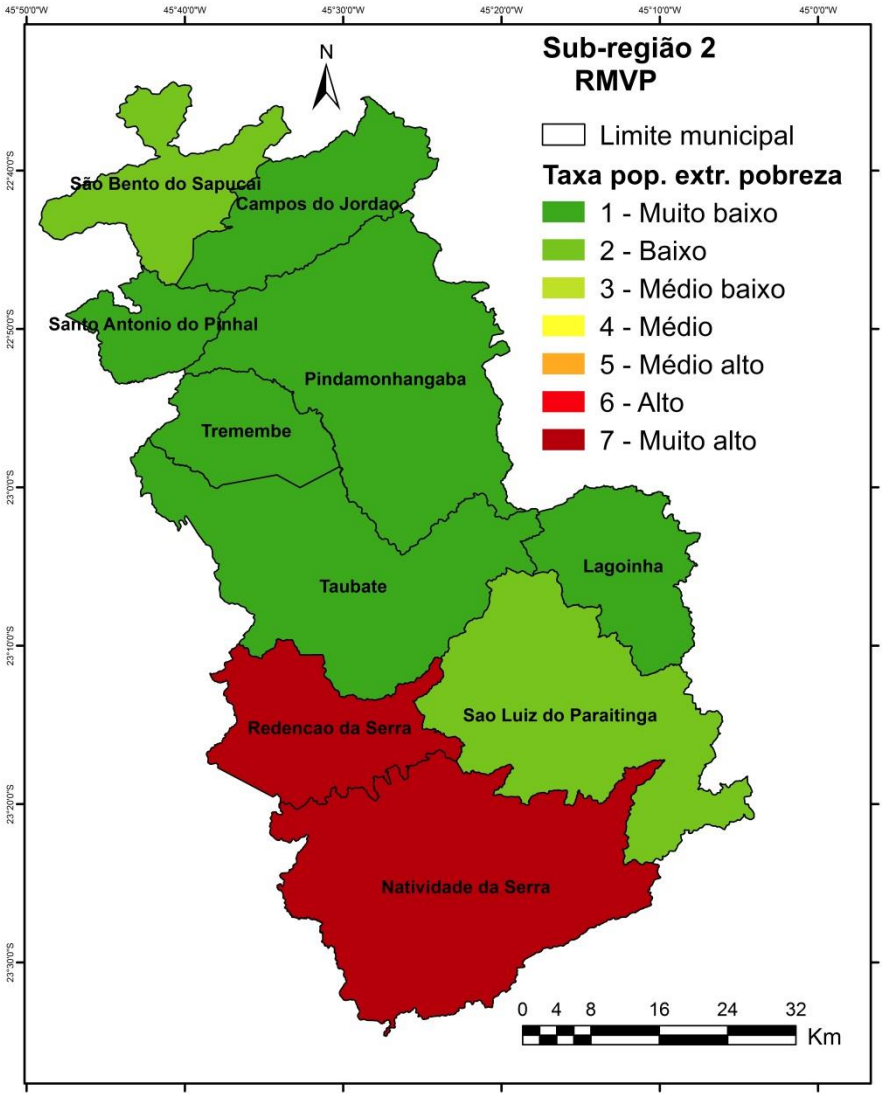
Figura 42 – Taxa Proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade residentes em domicílios particulares permanentes - com responsável ou cônjuge analfabeto - sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Taxa população em situação extrema pobreza (Figura 43), considerado o município com a segunda maior taxa dessa população nessas condições (8,1%), onde o município de Redenção da Serra ficou com segundo lugar na classificação, obtendo uma taxa de 8,4%. Os dois municípios apresentaram um *score* de 7 pontos cada um, para esse indicador.

Figura 43 – Taxa população em situação extrema pobreza - sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o município de Redenção da Serra que obteve um total de score de 55 pontos, representando um nível alto de vulnerabilidade social, foram constatados os seguintes indicadores que influenciaram no elevado valor do IVS:

Taxa de Mortalidade Infantil (Figura 44a), que considera número de óbitos de menores de um ano de idade, por mil nascidos vivos, onde o município apresentou uma taxa no valor de 45,5%, a mais alta da sub-região 2, seguido pelo município de Natividade da Serra com o valor de 36,4%.

Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo (Figura 44b), o município de Redenção da Serra apresentou um valor de 40,6%, o mais alto da sub-região, seguido de Natividade da Serra com a taxa de 39,3% e Campos do

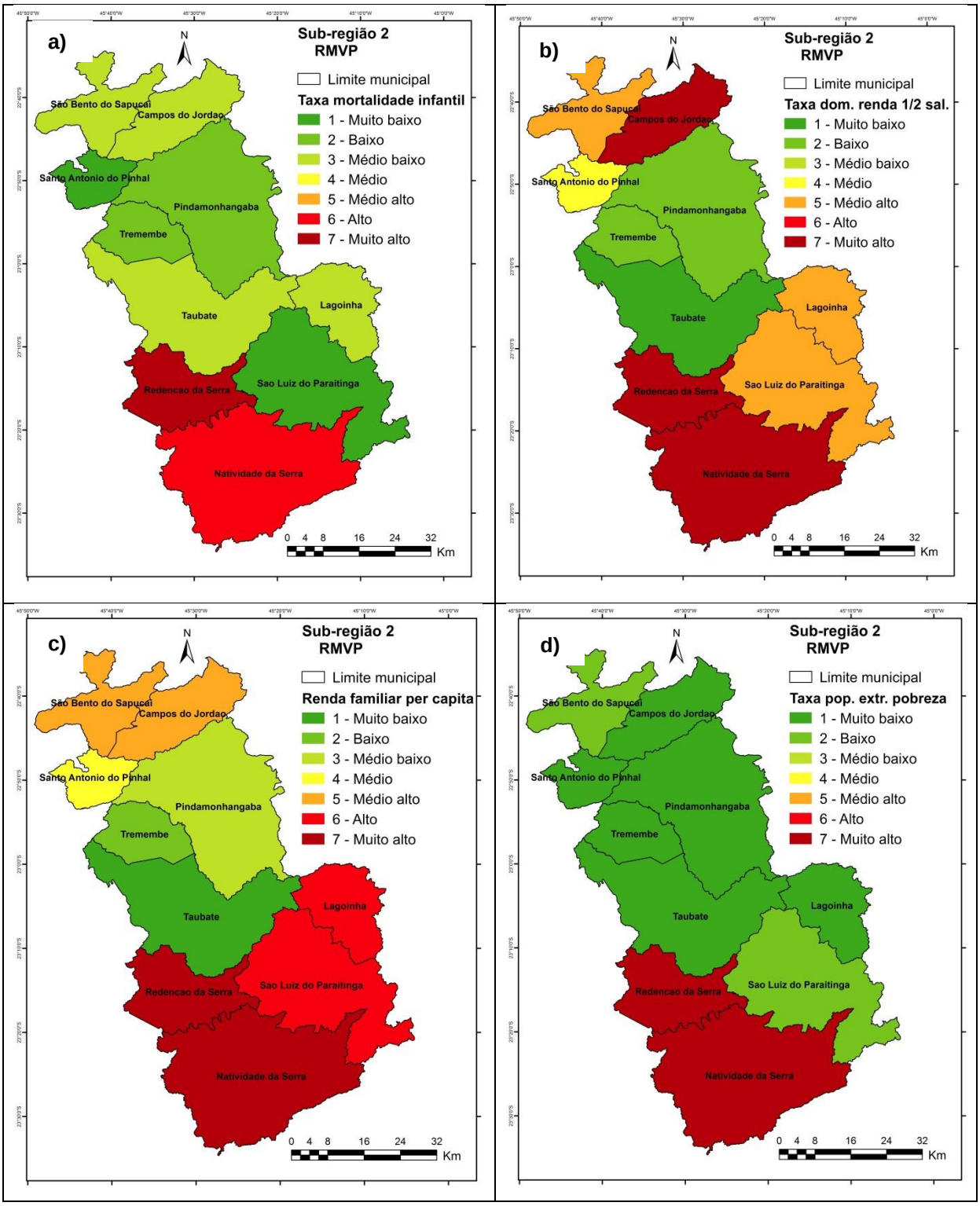
Jordão que apresentou um valor de 39,1%. Os três municípios obtiveram um *score* de 7 pontos cada, indicando que os municípios possuem boa parte da população com baixa renda.

Renda familiar per capita (Figura 44c), onde a distribuição do número de famílias segundo as classes de rendimento familiar per capita é um indicador importante para subsidiar políticas voltadas para a redução da pobreza, da desigualdade e das diferenças regionais. O município de Redenção da Serra apresentou o menor valor neste indicador, com valor de 392,00 e o município de Taubaté o maior valor (846,00), no período analisado.

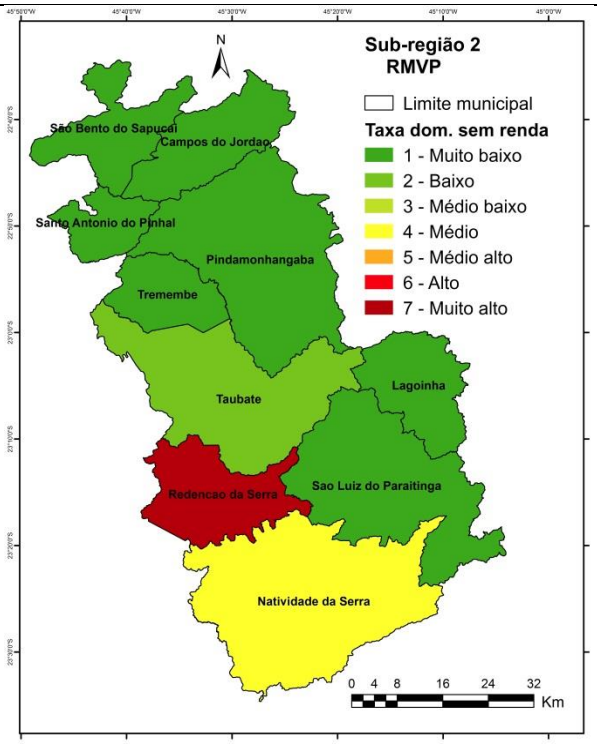
Também, outros indicadores de renda com baixos valores, para o município de Redenção da Serra, foram: Taxa população em situação extrema pobreza (Figura 44d), onde o município obteve a maior taxa de 8,4%, seguido pelo município de Natividade da Serra, com a taxa de 8,1% e, Taxa de Domicílios particulares permanentes, por classes de rendimento nominal mensal domiciliar per capita - Sem rendimento (Figura 44e), também com o maior valor (8,3%).

Ainda, o indicador mostrado na Figura 44d, representa o percentual da população com renda inferior à estabelecida na linha de extrema pobreza de R$ 70 per capita mensais. Esses valores apresentados para tais indicadores podem contribuir para o processo de vulnerabilidade da população desse município.

Figura 44 – Taxa de Mortalidade Infantil (a), Taxa Domicílios Particulares com Renda per Capita até 1/2 Salário Mínimo (b), Renda familiar per capita (c), Taxa população em situação extrema pobreza (d), Taxa de Domicílios particulares permanentes, por classes de rendimento nominal mensal domiciliar per capita - Sem rendimento (e) para o município de Redenção da Serra.



e)



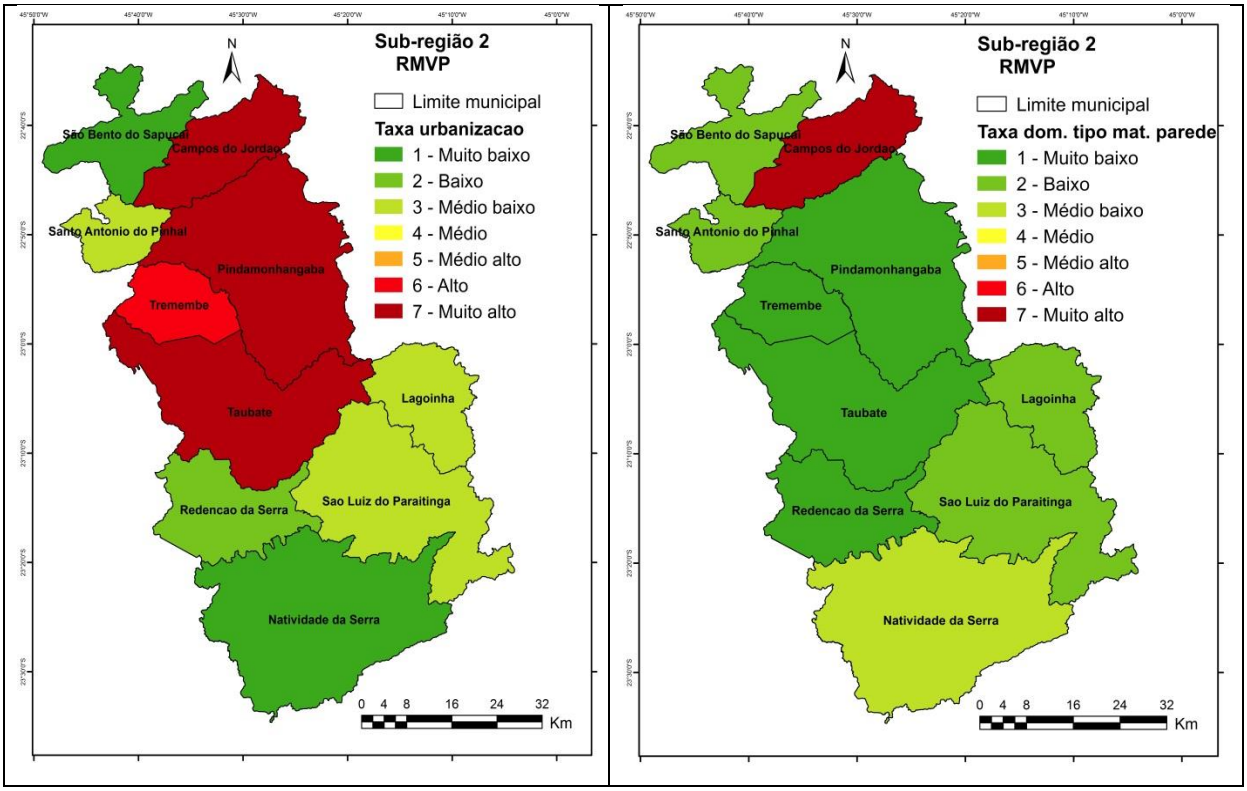
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o município de Campos do Jordão o total de score foi de 48 pontos do IVS e os indicadores mais relevantes que influenciaram nessa pontuação foram os seguintes: Taxa de Urbanização (Figura 45a) e Domicílios particulares permanentes, por tipo de material das paredes externas - Madeira, taipa, palha, outros (Figura 45b).

Taxa de Urbanização (Figura 45a), que considera a percentagem da população da área urbana em relação à população total, sendo o município com a maior taxa da sub-região 2, com o valor de 99,4% da população vivendo em área urbana, seguido pelo município de Taubaté com 98%. Com aproximadamente 42%, o município de Natividade da Serra é o que possui a menor taxa para essa sub-região 2.

Taxa de Domicílios particulares permanentes, por tipo de material das paredes externas - Madeira, taipa, palha, outros (Figura 45b), onde o município de Campos do Jordão apresenta a maior taxa de 9,6% em relação ao total de domicílios com essa característica, seguido pelo município de Natividade da Serra com um valor de 4%. O município de Taubaté apresentou a menor taxa desse indicador com o valor de 0,2%.

Figura 45 – Taxa de Urbanização (a), Taxa de Domicílios particulares permanentes, por tipo de material das paredes externas - Madeira, taipa, palha, outros (b) para município de Campos do Jordão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme os procedimentos metodológicos baseados nos estudos de Kaly et al. (1999) e Vincent (2004), calculou-se um índice sintético através da média ponderada dos sub-índices IVA e IVS, denominado Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG), que são discutidos abaixo, de acordo com os resultados encontrados.

4.5 Índice de Vulnerabilidade Geral

Os indicadores podem ser agregados para formar índices, onde uma série de variáveis pode ser incorporada, resultando em um modelo mais próximo da realidade, já que o conceito de vulnerabilidade é complexo e subjetivo.

A distribuição espacial do IVG para os municípios da sub-região 2 da RMVP, de acordo com a Figura 46, apresenta Campos do Jordão com um nível muito alto

de vulnerabilidade e Natividade da Serra com um nível alto de vulnerabilidade (total de *score* = 63 e 50,6, respectivamente).

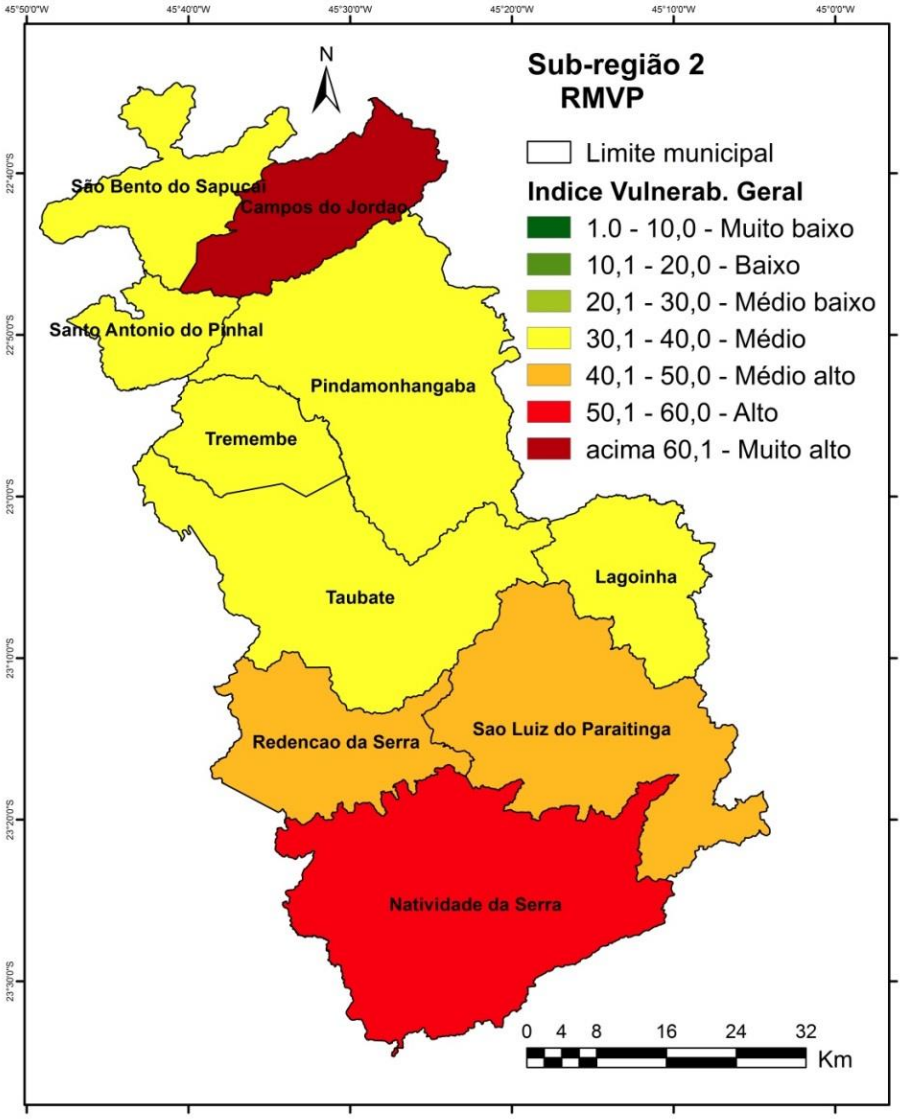
O município de Campos do Jordão obteve esse nível muito alto de vulnerabilidade, principalmente devido aos altos valores dos indicadores da dimensão ambiental, especialmente os indicadores da relação entre precipitação e deslizamentos, e média e percentil 85% de precipitação anual, como já discutido anteriormente. E juntamente com os fatores de relevo acentuado e com cotas de altitude elevadas, aumenta a possibilidade de ocorrências de deslizamentos de terra no município.

Para o município de Natividade da Serra, que apresentou um nível alto de vulnerabilidade geral com um score de 50,6 pontos, os indicadores da dimensão social foram os que mais influenciaram nesse alto nível, principalmente os relacionados com renda e infraestrutura. Esses indicadores relacionados à situação econômica da população do município de Redenção da Serra, também são os que influenciaram o IVS e resultaram em um nível médio alto de vulnerabilidade geral.

Os municípios de São Luís do Paraitinga e Redenção da Serra apresentaram um nível médio alto de vulnerabilidade, onde o total de *score* foi de 42,8 e 41,2, respectivamente.

Nota-se ainda que, 60% do total de municípios da sub-região 2, apresentaram um nível médio para o IVG

Figura 46 – Índice Vulnerabilidade Geral da sub-região 2 da RMVP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 Contribuição de indicadores chuva-deslizamento na avaliação da vulnerabilidade

Para avaliar a contribuição dos indicadores de chuva-deslizamento na mensuração da vulnerabilidade geral dos municípios, foram comparados os resultados obtidos pelo IVG, com e sem a contribuição desses indicadores, conforme mostra a Figura 47.

De um modo geral, nota-se um aumento dos níveis de vulnerabilidade para a região, pois sem introdução destes indicadores, a região apresentava municípios

com IVG de nível médio alto, no máximo, passando a serem verificados níveis de IVG alto e muito alto, ao se incluir tais indicadores.

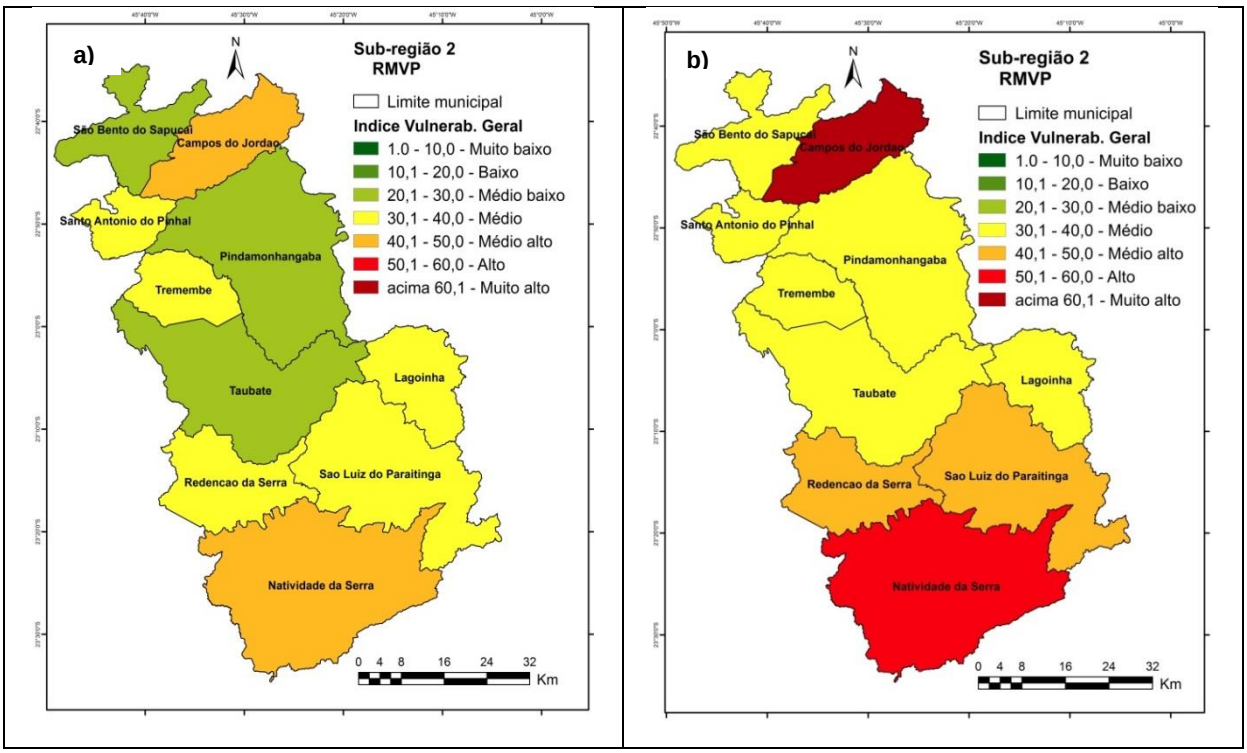
Observa-se que o município de Campos do Jordão passa a ser classificado com um nível muito alto no IVG (Figura 47b), devido a contribuição dos indicadores de chuva-deslizamento, dada pela maior pontuação (*score* de 65,4). Não considerando esta contribuição, o nível do IVG é classificado como médio alto (*score* de 44,4) (Figura 47a).

Esse fator é observado também para o município de Natividade da Serra, cujo nível foi alterado de médio alto para alto para (Figura 47b), com a contribuição dos indicadores. Destaca-se ainda, que sem esta contribuição, este município apresentava o mesmo nível de IVG que Campos do Jordão, de médio alto, diferenciando-se apenas pela pontuação obtida, com score de 48,2 (Figura 47a).

Para os municípios de Pindamonhangaba, Redenção da Serra, São Bento do Sapucaí, São Luís do Paraitinga e Taubaté, observa-se também esse fator de aumento do IVG, ao se considerar os indicadores (Figura 47b). Apenas os municípios de Lagoinha, Santo Antônio do Pinhal e Tremembé apresentaram os mesmos níveis de vulnerabilidade geral, independentemente da contribuição ou não dos indicadores de chuva-deslizamento.

A contribuição dos indicadores chuva-deslizamento foi importante na avaliação do índice de vulnerabilidade socioambiental da sub-região analisada, representado pelo IVG, pois permitiu identificar os municípios com os maiores valores dos coeficientes, indicando uma influencia significativa, tanto na análise do índice de vulnerabilidade ambiental, quanto no índice geral. Isso foi observado principalmente, para o município de Campos do Jordão.

Figura 47 – Comparação entre IVG da sub-região 2 da RMVP sem (a) e com (b) a contribuição dos indicadores chuva-deslizamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de vulnerabilidade socioambiental é complexo por ser transversal a várias áreas de conhecimento das ciências naturais e sociais.

A vulnerabilidade socioambiental da sub-região 2 da Região Metropolitana do Vale do Paraíba foi avaliada considerando a metodologia através da aplicação de indicadores de dimensões ambiental e social, resultando na construção de índices de vulnerabilidade, o IVA, IVS e o IVG.

Indicadores da dimensão social são mais facilmente obtidos, já que os mesmos são disponibilizados pelo Censo Demográfico do IBGE, o que viabilizou a mensuração do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS). Já a determinação de indicadores da dimensão ambiental, requer um estudo preliminar aprofundado da região, visando encontrar fatores e características que possam representar os indicadores.

As análises sobre os registros históricos do número de ocorrências de deslizamentos e de precipitação indicaram que são fatores importantes da dimensão ambiental, pois podem influenciar o processo de vulnerabilidade. Além disso, a região apresenta características do meio físico como declividade acentuada e cotas de altitude elevadas, que são fatores que podem potencializar os deslizamentos de terra, como por exemplo, para os municípios de Campos do Jordão e Pindamonhangaba.

Em uma análise estatística realizada sobre os eventos de deslizamentos ocorridos na sub-região 2, revelou-se que é a sub-região com o maior número de ocorrências, com 91 casos de um total de 227 da RMVP, representando 40,1% dos mesmos. Os municípios com os maiores casos foram Campos do Jordão com 34 casos, Pindamonhangaba com 12 e São Luís do Paraitinga com 11.

A sazonalidade da precipitação no município de Campos do Jordão apresenta os maiores totais de precipitações mensais no período chuvoso, na sub-região 2 (286,7 mm, 292,3 mm e 230,9 mm, para dezembro, janeiro e fevereiro, respectivamente).

Na caracterização climatológica, o valor médio da precipitação acumulada anual indica maior intensidade de chuvas, também para o município de Campos do Jordão. com 1.783 mm, seguidos dos municípios de Santo Antônio do Pinhal e Natividade da Serra com valores de 1.776 mm e 1.716 mm, respectivamente.

Os resultados indicaram, através da Análise de Frequência, para acumulados de precipitação em 1, 2, 3, 4 e 5 dias consecutivos, que a faixa de precipitação entre 40 mm e 80 mm, é a que apresentou maior frequência de eventos, destacando-se os acumulados de precipitação em 3 dias. Isso sugere a importância da relação de chuvas diárias em dias consecutivos com a ocorrência de eventos de deslizamentos.

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi útil para extrair o padrão principal das precipitações acumuladas em dias consecutivos e para mostrar, que este padrão é semelhante, considerando apenas casos de deslizamentos e considerando todo o registro histórico de chuvas, ou seja, o período climatológico. Assim, foi possível utilizar os coeficientes do período climatológico para construir o indicador chuva-deslizamento, através da ponderação pelo peso das ocorrências.

O município de Campos do Jordão apresentou o maior de IVG da sub-região, representando um nível muito alto de vulnerabilidade. Isso se deve principalmente ao alto valor do IVA, representado pelo score mais elevado para esse índice, entre os municípios analisados. Destacam-se as contribuições dos indicadores de precipitação acumulada em 1, 2, 3, 4 e 5 dias consecutivos, os de ocorrências de deslizamentos, média e percentil 85% de precipitação anual, os quais apresentaram os máximos valores, juntamente com as características do meio físico, de relevo acentuado e cotas elevadas de altitude, que podem ser considerados fatores potencializadores de chuvas e deslizamentos. O IVS para esse município, foi o terceiro maior da sub-região, com um score de 48 pontos, composto por máximos valores dos indicadores relacionados a taxa de domicílios com renda per capita até meio salário, a taxa de domicílios com tipo de material das paredes externas – madeira, taipa, palha e a taxa de urbanização.

O município de Natividade da Serra apresentou o segundo maior valor de IVG, com nível alto de vulnerabilidade, com uma pontuação de 51,2. O índice que contribuiu para essa classificação foi o IVS, que apresentou o maior valor (65 pontos), destacando-se os indicadores: taxa de analfabetismo, taxa de crianças com responsável analfabeto, taxa de domicílios com renda per capita até meio salário, renda familiar per capita, taxa da população em extrema pobreza. Para a avaliação do IVA, esse município apresentou o terceiro maior valor (score 42), sendo que os indicadores mais relevantes foram: índice de avaliação ambiental, indicador de coleta e tratamento de esgoto, e o percentil 85% de precipitação anual.

A contribuição dos indicadores chuva-deslizamento foi relevante para mensuração do IVG da sub-região estudada, pois, além de representar o fator chuva-deslizamento, caracterizou diferenças significativas entre os municípios analisados, verificando aumento dos níveis de vulnerabilidade para a região, com a sua inserção.

Fatores distintos, como as condições socioeconômicas e as características ambientais, podem influenciar significativamente no processo da vulnerabilidade de uma região e mesmo entre municípios próximos.

Na avaliação da vulnerabilidade socioambiental da sub-região 2 da Região Metropolitana do Vale do Paraíba, realizada neste trabalho, observou-se, por exemplo, que o município de Campos do Jordão e Pindamonhangaba, que possuem fronteiras entre si, apresentaram níveis diferenciados de vulnerabilidade. Os fatores ambientais influenciaram mais o primeiro, e os fatores socioeconômicos influenciaram mais o segundo município.

Na questão, sobre quais os fatores que mais influenciam os níveis de vulnerabilidade dos diferentes municípios da região estudada, pode-se elaborar, em trabalhos futuros, análise mais detalhadas na inserção de outros indicadores socioeconômicos e climáticos, que venham contribuir na avaliação e entendimento do processo da vulnerabilidade.

Nesse sentido, poderia ser conduzida uma análise mais específica para os indicadores, dos municípios que apresentaram os maiores números de ocorrências de deslizamentos. No que se refere aos indicadores climáticos, seriam processadas séries de dados pluviométricas, de locais próximos de onde ocorrem os eventos de deslizamentos, e cujas áreas encontram-se já mapeadas pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT). Também, seriam inseridos indicadores socioeconômicos e de gestão, como por exemplo, o Fundo de Participação dos Municípios, que tem por objetivo diminuir as desigualdades sociais nos municípios.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AB'SABER, A. N., **"Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Arredores de São Paulo"** - Ed. Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro, 1958. 304 p.

ABRAMOVAY, Miriam et al. **Juventude, violência e vulnerabilidade social na América Latina:** desafios para políticas públicas. Brasília: UNESCO, BID, 2002. 192 p.

ABRUCIO, Fernando Luiz; SOARES, Márcia Miranda. **Redes Federativas no Brasil:** cooperação intermunicipal no Grande ABC. São Paulo: Fundação Konrad-Adenauer-Stiftung, 2001. 236p. il. tab. (Pesquisas, 24.).

ADGER, W.N. 1999. **Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam.** World Development 27 : 249-269.

ADGER et al. (2004). **New indicators of vulnerability and adaptive capacity.** Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research Technical Report, n.7.

AHRENDT, A. (2005) **Movimentos de massa gravitacionais - proposta de um sistema de previsão:** aplicação na área urbana de Campos do Jordão – SP. 360 p. Tese. (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

AITSI-SELMI. A. et al. (2015) **UNISDR Science and Technical Advisory Group report 2015:** Science is used for disaster risk reduction, http://preventionweb.net/go/42848.

ALEDO, Antonio e SULAIMAN, Samia. **La Incuestionabilidad del Riesgo:** vulnerabilidad social y riesgo sísmico en municipios turísticos. Cuadernos de Turismo, nº 36, (2015); pp. 17-37. Universidad de Murcia. ISSN: 1139-7861. e-ISSN: 1989-4635. DOI: http://dx.doi.org/10.6018/turismo.36.230861.

ALMEIDA, L. Q. de. **Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidade na Geografia.** Mercator, v. 10, n. 23, p. 83–89, set./dez 2011.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras:** conceitos, metodologias e aplicações / Lutiane Queiroz de Almeida. – São Paulo, SP: Cultura Acadêmica, 2012. 215p. : il.

ANA Agência Nacional de Águas. **Institucional:** sobre a ANA. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/abaservinter1.aspx>. Acesso em: 15 abr. 2016.

ANDREWS, F. M. and WITHEY, S.B. **Social indicators of well-being:** "Americans perceptions of life quality". New York: Plenum, 1976.

ANTICO, Claudia. LEAL, João Luis. **Região de Governo de São José dos Campos.** Campinas: UNICAMP, Núcleo de Estudos de População, Migração em São Paulo, 4. Textos Nepo, 26, 1993.

ARANTES, Otilia B. F. (1993) **Urbanismo em fim de linha.** Ciência & Ambiente, IV (7), p 13-22.

ARRUDA, Felipe. G. III SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA POLÍTICA. **REVISTA GEONORTE,** Edição Especial 3, V.7, N.1, p.1232-1244, 2013. (ISSN–2237-1419) 1232.

AYRES, Ana Carolina. **"Variabilidade e desastres naturais da região do Vale do Paraíba/SP: passado e futuro".** 2010. 90 f.: il. Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté (UNITAU), Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2010. Orientação: Prof. Dr. Gilberto Fisch, Departamento de Ciências Agrárias.

BARKER, Chris. **Cultural Studies:** Theory and Practice. London: Sage. ISBN 0-7619-4156-8 p 436.

BAKER, J.L., 2012: **Climate Change, Disaster Risk, and the Urban Poor:** Cities Building Resilience for a Changing World. Urban Development Series, The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, World Bank Publications,Washington, DC, USA, 297 pp.

BECK, Ulrich. **Sociedade de Risco – Rumo a uma outra modernidade.** São Paulo: 384 p. ISBN 9788573264500. 2010 - 1ª edição. Editora 34, 2010.

BIRKMANN, J., (Ed.) (2006). **Measuring Vulnerability to Natural Hazards.**Towards Disaster Resilient Societies. UNU-Press,Tokyo,New York,Paris.

BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVID, I.; WISNER, B. **Vulnerabilidad:** el entorno social, político y económico de los desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina - La RED. Primera Edición: Julio de 1996. Soluciones Prácticas, 1996, 374 p. ISBN 9789586016643.

BOHLE, H. G. (2001): **Vulnerability and Criticality:** Perspectives from Social Geography. In: IHDP Update 2/2001. Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. pp.1-7.

BORTOLETTO, K. C.; FREITAS, M. I. C.; ROSSETTI, L. A. F. G.; OLIVEIRA, R. B. N.; LEITE, A. **Indicadores Socioeconômicos e Ambientais para a Análise da Vulnerabilidade Socioambiental do Município de Santos-SP**. [S.l:s.n], 2008

BORTOLETTO, K. C., FREITAS, M. I. C. **Análise Fatorial na seleção de indicadores para análise de vulnerabilidade socioambiental:** Estudos de caso para dois municípios do litoral paulista. Encontro Internacional de Vulnerabilidades. Eixo 1 Metodologias de Pesquisa em Vulnerabilidades e Riscos Ambientais, 2014

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 23 de maio de 2017.

BRASIL (2012) Lei no. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção de Defesa Civil. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em 02 de novembro de 2017.

BRITO, F.; SOUZA, J. (2005). **Expansão urbana nas grandes metrópoles:** o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. São Paulo em Perspectiva, 19(4), 48-63. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-88392005000400003.

BRITO, F.; PINHO, B. A. T. D. de. **A dinâmica do processo de urbanização no Brasil, 1940-2010.** Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 2012. (Texto para Discussão n. 464).

BRYANT, E. A. **Climate process and change.** Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 209p.

CARDONA, O. D. (2004). **The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective:** a necessary review and criticism for effective risk management. HINRICHS, R.; KLEINBACH, M. Energia e meio ambiente. São Paulo: Pioneira Thonson Learning, 2003.

CARDONA, O. D. et al. **In Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.** (eds Field, C. B. et al) Ch. 2, 65–108 (IPCC, Cambridge Univ. Press, 2012).

CARVALHO. L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. 2004: **The South Atlantic Convergence Zone:** intensity, form, persistence, relationships with intra-seasonal to inter-annual activity and extreme rainfall. J. Climate. 17. 88-108.

CARVALHO, Maria Alice Rezende de; ARAÚJO, Ricardo Benzaquen de. **Cidades:** caos e exclusão social. Revista Ciência Hoje. Rio de Janeiro, RJ. Vol. 38, n.227 (2006), p. 11.

CASTRO, A. L. C.1998. **Glossário de defesa civil:** estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil. 283 p.

CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES - **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010:** Volume Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

CLIMANÁLISE, Edição Comemorativa de 10 anos, CPTEC/INPE, 1996.

CLIMANÁLISE, Boletim de Monitoramento e Análise Climática, volume 16 - nº 12, CPTEC/INPE, 2001.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS/SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB), 2010. **Mapa de declividade em percentual do relevo brasileiro.** Nota técnica Centro de Desenvolvimento Tecnológico – CEDES, dezembro de 2010.

CONFALONIERI, Ulisses E.C e MARINHO, Diana P. 2007, **Mudança Climática Global e Saúde:** Perspectivas para o Brasil. Revista Multiciência. Campinas, Edição no. 8 Mudanças Climáticas, Maio, p.48-64.

CONFALONIERI, U. E. C.; MARINHO, D. P.; RODRIGUEZ, R. E. **Public Health Vulnerability to Climate Change in Brazil.** Climate Research, v. 40, p. 175-186, 2009.

CONTI, J. B. **"Resgatando a fisiologia da paisagem".** Revista do Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo - USP, n.14, São Paulo, p. 65-65, 2001.

CORRÊA, Daniel Rocha. **Certificação ambiental, desenvolvimento sustentável e barreiras à entrada.** In: Revista de Informação Legislativa, Brasília, a. 43, n. 169, p. 189-201, jan./mar. 2006.

CUTTER, S.L.: 1996, **'Vulnerability to environmental hazards'**, Progress in Human Geography 20, 529–539.

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. (2003) **"Social Vulnerability to Environmental Hazards".** Social Science Quarterly, vol. 84, nº 2. Oklahoma. p.242-261.

DEFRA. 2002. **Achieving a better quality of life:** review of progress towards sustainable development. Government Annual Report 2001. London: HMSO. 155pp.

DELGADO, I.C.M.S.; BATISTA, G. T; CATELANI, C. **O avanço da ocupação nas áreas de risco em Campos do Jordão:** uma comparação entre 1986 e 2003. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade de Taubaté, 2005, 9p.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba.** 2004. 192 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2004.

DEVIDE, Antonio Carlos Pries; CASTRO, Cristina Maria de; RIBEIRO, Raul de Lucena Duarte; ABBOUD, Antônio Carlos de Souza; PEREIRA, Marcos Gervásio; RUMJANEK, Norma Gouvêa. **História Ambiental do Vale do Paraíba Paulista**, Brasil. Revista Biociências, Taubaté, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014 (ISSN 1415-7411).

DUMENU, William Kwadwo and OBENG, Elizabeth Asantewaa, (2016). **Climate change and rural communities in Ghana:** Social vulnerability, impacts, adaptations and policy implications. Environmental Science & Policy, 55, issue P1, p. 208-217.

EMPLASA, Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. – EMPLASA **Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte Aspectos Jurídicos / Institucionais / Técnico.** 2011.

EMPLASA, Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. – EMPLASA **Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte Aspectos Jurídicos / Institucionais / Técnico.** 2013.

ESTEVES, Cláudio Jesus de Oliveira. Cad. **Risco e vulnerabilidade socioambiental:** aspectos conceituais. IPARDES. Curitiba, PR, e-ISSN 2236-8248, v.1, n.2, p. 62-79, jul./dez. 2011.

FREITAS, Maria Isabel Castreghini; CUNHA, Lúcio. **Cartografia da vulnerabilidade socioambiental:** convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil. urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 15-31, June 2013.

FUNDAÇÃO SEADE. **Índice Paulista de Responsabilidade Social.** São Paulo: Fundação Seade, 2001.

G1 Vale do Paraiba e Região. **Chuva causa alagamentos e deslizamentos em Campos do Jordão.** 06/03/2017. http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2017/03/chuva-causa-alagamentos-e-deslizamento-em-campos-do-jordao.html. Acessado em 10 abr 2017.

GOMES, Cilene; RESCHILIAN, Paulo Roman; UEHARA, Agnes Yuri. **Perspectivas do planejamento regional do Vale do Paraíba e litoral norte:** marcos históricos e a institucionalização da região metropolitana no Plano de Ação da Macrometrópole Paulista. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 2018 jan./abr., 10(1), 154-171

GOWRIE, M. N. 2003. ***Environmental vulnerability index for the island of Tobago, West Indies*.** Conservation Ecology 7(2): 11. [online] URL: http://www.consecol.org/vol7/iss2/art11.

GROISMAN. P. Y.. R. W. KNIGHT. D. R. EASTERLING. T. R. KARL. G. C. HEGERL. and V. N. RAZUVAEV (2005). **Trends in intense precipitation in the climate record.** J. Clim.18. 1326– 1350.

GUIMARÃES, Roberto. **A ética da sustentabilidade e a formulação de políticas de desenvolvimento.** In: VIANA, Gilney; SILVA, Marina; DINIZ, Nilo (organizadores): O desafio da sustentabilidade: Um debate socioambiental no Brasil. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2001.

HAMMOND, A; ADRIANSE, A; RODENBURG, E; BRYANT, D. and WOODWARD R.. 1995. ***Environmental indicators:*** *a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development.* Washington DC: World Resources Institute.

HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR, E. **Para uma conceituação interdisciplinar da vulnerabilidade.** In: CUNHA, José Marcos Pinto da. Novas Metrópoles Paulistas - população, vulnerabilidade e segregação. 1a. ed. Campinas: Núcleo de Estudos Populacionais (NEPO/UNICAMP), 2006. p. 23–50.

HONGYU, K. et al., E&S - *Engineering and Science.* 2015, 5:1. **Análise de Componentes Principais:** resumo teórico, aplicação e interpretação. *Scientific Journal of FAET and ICET UFmT*.

IBGE. Cidades@. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: abril 2017.
INSTITUTO GEOLÓGICO 1997. **Projeto Paraíba do Sul – potencialidade de areia** – V.1, 107 p. + anexos (Relatório Técnico inédito)

INDICADORES SOCIAIS: Relatório 1979. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 441p.

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2015. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros.** Editores: Marco Aurélio Costa, Bárbara Oliveira Marguti. Brasília : 77 p. : gráfs., mapas color.

IPCC - Intergovernamental Panel in Climate Change. **"Quarto Relatório de Avaliação GT1 do IPCC - Sumário para os formuladores de políticas"** Paris, 2007.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007:** The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-frontmatter.pdf > Acesso em: 26 mai. 2017.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Summary for Policymakers.** Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2013: The Physical Science Basis.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1978. **Geologia da região administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da região administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo.** São Paulo. IPT Monagrafias nº 1) 78p.

JUNIOR, D. I. S. **"A degradação da Bacia do Rio Paraíba do Sul."** Engevista, v. 6, n. 3, dez. p. 06-06, 2004.

KALY U., BRIGUGLIO L., MCLEOD H., SCHMALL S., PRATT C. and PAL R. 1999. **Environmental Vulnerability Index (EVI) to summarize national environmental vulnerability profiles.** SOPAC Technical Report 275. 66p.; 3 annexes, 2 figures, 1 table. ISBN 982-207-009-8.

KALY, U. and PRATT, C. 2000. **Environmental Vulnerability Index:** Development and provisional indices and profiles for Fiji, Samoa, Tuvalu and Vanuatu. Phase II report for NZODA. SOPAC Technical Report 306. 89pp.

KATES, Robert W. 2000. **Cautionary tales:** adaptation and the global poor. Climatic Change 45 : 5-17.

KAWASAKI, Bruno Cesar; BRITO JUNIOR, Irineu de; LEIRAS, Adriana; YOSHIZAKI, Hugo Tsugunobu Yoshida. **Logística de Resposta a Desastres:** O caso das chuvas no vale do paraíba paulista em janeiro de 2010. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção. 2012.

KLINK, Jeroen; DENALDI, Rosana. **O plano diretor participativo e a produção social do espaço.** O caso de Santo André (São Paulo). Scripta Nova. REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98. Vol. XV, núm. 382, 1 de diciembre de 2011. [Nueva serie de Geo Crítica. Cuadernos Críticos de Geografía Humana].

KOBIYAMA, M., CHECCHIA, T., SILVA, R., SCHRÖDER, P., GRANDO, A., & REGINATTO, G. (2004). **Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais.** Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1, 834-846.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVEZ, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de Desastres Naturais:** conceitos básicos. Curitiba: Ed. Organic Trading, il., tabs. 2006. 109p.

KOHL, P. A.; O'ROURKE, A. P.; SCHMIDMAN, D. L.; DOPKIN, W. A.; BIRNBAUM, M. L. **The Sumatra-Andaman earthquake and tsunami of 2004:** the hazards, events, and damage. Prehospital and Disaster Medicine, v. 20, n. 6, p. 356-363, 2005.

LAMPREIA, Luiz Felipe. **Relatório brasileiro sobre desenvolvimento social.** Estud. av., São Paulo , v. 9, n. 24, p. 9-74, Aug. 1995 .

LIMA, Wagner Flauber Araujo et al. **"Sistema de informações geográficas aplicadas ao meio ambiente: Chuva (SIGMA-CHUVA)".** Anais do XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 911, 2014, pp. 92-102.

LOHANI, B and TODINO, G. 1984. **Water quality index for the Chao Phraya River.** Journal of Environmental Engineering 110 : 1163-1176.

LORENZ, E. N. **Empirical Orthogonal Functions and Statistical Weather Prediction.** Sci Rep. 1. Statistical Forecasting Project, Department of Meteorology, MIT (NTIS AD 110268), 49p., 1956.

MARANDOLA, E.; HOGAN, D. (2004) **Vulnerabilidades e riscos:** entre Geografia e Demografia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 14, 2004, Caxambu. Anais... Campinas: ABEP, 2004c. 24p. [CD-ROM]. Disponível em: <http://www.abep.org.br>.

MARCELINO, Emerson Vieira. **Desastres naturais e geotecnologias:** conceitos básicos. Geodesastres – Sul. INPE – CRS. Caderno Didático Nº. 1. Santa Maria, RS, Brasil. Janeiro de 2008.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E. ; AMBRIZZI, T. **"Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI".** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São Paulo, p. 20-54, 2007.

MARENGO, José Antônio. **Água e mudanças climáticas.** Estud. av., São Paulo , v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008 .

MARENGO, J. A. **Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – Impactos sociais e econômicos.** Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas – GPMC, Edição Especial, 2009.

MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; ZEE, D.M.W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil.** Rio de Janeiro: FBDS, 2009.

MARENGO, J. A., NOBRE, C. A., SELUCHI, M. E., CUARTAS, A., ALVES, L. M., MENDIONDO, E. M., ... & SAMPAIO, G. (2015). **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo.** Revista USP, (106), 31-44.

MARICATO, E. **Metrópole, Legislação e Desigualdade.** Estudos Avançados, São Paulo, v.17, n. 48, p.151-166, mai./ago. 2003.

MARICATO, Erminia; TANAKA, Giselle. **O planejamento urbano e a questão fundiária.** Revista Ciência Hoje. Rio de Janeiro, RJ. Vol. 38, n.227 (2006), p. 16.

MATA-LIMA, Herlander; ALVINO-BORBA, Andreilcy, PINHEIRO; Adilson, MATA-LIMA, Abel; ALMEIDA, José António**. Impactos dos desastres naturais nos sistemas ambiental e socioeconômico:** o que faz a diferença? Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XVI, n. 3. p. 45-64. jul.-set. 2013.

MEEHL, G. A. et al. Global Climate Projections. In: SOLOMON, S. D. et al. (Ed.) **Climate Change 2007:** The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom, New York: Cambridge University Press, 2007.

MENDES, R. M., DE ANDRADE, M. R. M., TOMASELLA, J., DE MORAES, M. A. E., and SCOFIELD, G. B.: **Understanding shallow landslides in Campos do Jordão municipality – Brazil:** disentangling the anthropic effects from natural causes in the disaster of 2000, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 18, 15-30, https://doi.org/10.5194/nhess-18-15 2018, 2018.

MENEGUZZO, Isonel Sandino; CHAICOUSKI, Adeline. **Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza.** Geografia (Londrina) v. 19 n° 1, 2010.

MINISTÉRIO DA INEGRAÇÃO NACIONAL (2012) Instrução normativa No. 01, de 24 de agosto de 2012. Diário Oficial da União 169 e 170.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 28 Mar. 2018

MONTE-MOR, Roberto Luís. **Do urbanismo à política urbana:** notas sobre a experiência brasileira. In: COSTA, G.M. e MENDONÇA J. G. Planejamento Urbano no Brasil: trajetória, avanços, e perspectivas. Belo Horizonte: C/Arte, 2008.

MOSS, RH; BRENKERT, AL and MALONE, El. 2001. **Vulnerability to climate change:** a quantitative approach. Report prepared by the Pacific Northwest National Laboratory, operated by the Battelle Memorial Institute, for the US Department of Energy. 70pp.

MOURA, Cristiane Alessandra. **"Zoneamento Geoambiental como Subsídio à Análise dos Indicadores Ambientais nas Áreas de Dutos: caracterização do clima como fator determinante da instabilidade das áreas de implantação de dutos".** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro: dezembro, 2006.

MUNICH RE GROUP. **Topics 2000: natural catastrophes – the current position.** München: MUNICH RE GROUP, 1999. 127p.

MUNASINGHE, M.; CLARKE, C. **Disaster prevention for sustainable development:** economic and policy issues. Washington (DC): IDNDR/The World Bank, 1995.

NEFESLIOGLU, H., Gokceoglu, C. & Sonmez, H. **An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps.** Eng. Geol. 97, 171–191 (2008).

NEWELL, Ben R.; RAKOW, Tim; YECHIAM, Eldad & SAMBUR, Michael. **Rare disaster information can increase risk-taking.** Nature Climate Change 6, 158-161 (2016) doi:10.1038/nclimate2822.

NOBRE, Carlos A et al., 2011. **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas:** região metropolitana de São Paulo: relatório final / Carlos A. Nobre, coordenador / Andrea F. Young. São José dos Campos, SP: INPE, 2011. 192 p. ISBN 978-85-17-00067-6

OLIVEN, R. G. (1984) **Urbanização e mudança social no Brasil.** Petrópolis. 3 ed. Ed. Vozes, 136p.

PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon de**. A Conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente.** Revista: Direitos Fundamentais & Democracia, v. 6, ISSN 1982-0496, 2009.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. **Mapa de suscetibilidade a deslizamentos da região metropolitana de Recife.** 2007. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

PNUD, IPEA, FJP, 2014. **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras.** Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2014. 120 p. – (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil). Incl. bibl. ISBN: 978-85-88201-21-7

QUADRO, M.F.L.; ABREU, M.L., 1994. **Estudos de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul.** Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8:620-623. Belo Horizonte-MG. Anais II.

QUADRO, M.F.L.; PEZZI, L. P.; ROSA, E. B. **O Climanálise e o monitoramento da ZCAS nos últimos 30 anos.** Climanálise, v. 04, p. 19-25, 2016.

REBOITA, Michelle Simões et al. **Regimes de precipitação na América do Sul:** uma revisão bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia. jun 2010, vol.25, no. 2, p.185-204. ISSN 0102-7786.

RESCHILIAN, Paulo Romano. **O Vale do Paraíba no contexto da urbanização brasileira e a questão do planejamento regional.** Revista Ciências Humanas, Taubaté, v.11, n.1, p.25-32. 2005.

RICCI, Fabio. **Origens e desenvolvimento da indústria têxtil no Vale do Paraíba Paulista.** Taubaté: Cabral, 2006.

RICCI, Fabio. **A economia cafeeira no Vale do Paraíba Paulista na República Velha.** Revista Brasileira de Gestão e desenvolvimento regional. Vol.4 nº3, p. 105-117, Taubaté, 2008.

RIDENTE JR., J. L. **Acidentes associados a movimentos gravitacionais de massa ocorridos no município de Campos do Jordão, SP em janeiro do ano 2000:** ações técnicas após o desastre. In:, X CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA AMBIENTAL, Anais... Ouro Preto, 2002 p. 1-8.

ROBAINA, Luis Eduardo de Souza (2008). **Espaço urbano:** relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. Ciência e Natura, UFSM, 30 (2), p. 93-105.

ROLNIK, Raquel; SOMEKH, Nadia. **Governar as metrópoles:** dilemas da recentralização. Cadernos Metrópole n. 8, pp. 105-117, 2º sem. 2002.

ROSA FILHO, A. R.; CORTEZ, A. T. C**. "Os deslizamentos de encostas nas favelas em áreas de risco da 'suíça brasileira', Campos do Jordão/ SP.".** I Simpósio de pós-graduação em Geografia do Estado de São Paulo (SIMPOGEO), Rio Claro, p. 02-18, 2008.

ROSAL, M. C. F.; MEDEIROS, V. S. (2010**). "Análise das precipitações máximas e dos eventos extremos ocorridos em São Luís do Paraitinga e municípios vizinhos".** In Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza, CE, Nov. 2010

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, DGFFLCH-USP, IPT, FAPESP, 1997.

ROUSSEAU, Jean Jacques – **Discurso sobre a origem e os fundamentos das desigualdades entre os homens** / Jean Jacques Rousseau; [introdução de João Carlos Brum Torres]; tradução de Paulo Neves. Porto Alegre, RS: L&PM, 2008.

RYGEL, L., YARNAL, B. and FISHER, A.: 2005, **'Vulnerability of Hampton Roads, Virginia to storm-surge flooding and sea-level rise'**, submitted to Natural Hazards.

SAKURAGI, J.; SOUZA, L. H. **Modelagem de brisas e circulação vale-montanha para o Vale do Paraíba e Litoral utilizando o RAMS.** In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro/RJ. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro: *Microservice* - Microfilmagens Reproduções Técnicas Ltda., 2000.

SANTOS, R. F. **"Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?"** Ministério do Meio Ambiente - MMA, Brasília, 2007, 196 p.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço:** técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO METROPOLITANO**. Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte.** São Paulo. 2012. Disponível em: <http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/conselhos/ValeParaiba/textos/livro_vale.pd> Acesso em: 05/10/2017.

SHAHABI, H. & HASHIM, M. **Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment.** Sci. Rep. 5, 9899; DOI:10.1038/srep09899 (2015).

SHEPHERD, J.M., PIERCE, H.; NEGRI, A.J. (2002). **Rainfall modification by major urban areas:** observations from spaceborne rain radar on the TRMM satellite. J Appl Meteorol 41:689–701

SILVA, Wanderson Luiz et al. **Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná.** Rev. bras. meteorol., São Paulo, v. 30, n. 2, p. 181-194, June 2015.

SILVA DIAS, Maria A.F. et al. **Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil.** Climatic Change, v. 116, n. 3-4, p. 705-722, 2013.

SINGER, Paul. **O uso do solo urbano na economia capitalista.** In: MARICATO, Ermínia (Org.). A produção capitalista da casa (e da cidade) no Brasil industrial. São Paulo: Alfa-Ômega, 1982.

SMA - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Unidades Básicas de Compartimentação do Meio Físico do Estado de São Paulo.** São Paulo: SMA/CPLA/IG, 2014. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/unidades-basicas-de-compartimentacao-do-meio-fisico-do-estado-de-sao-paulo/>. Acesso em 15 out. 2017.

SMA - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Município VerdeAzul – PMVA.** 2016.

SOARES, F. L.; RAMOS, F., G. M. **Correlações entre movimentos de massa e pluviosidade nas encostas de João Pessoa/PB- Brasil.** Revista Geotecnia, 33, p.51-62, 2015. Disponível em: <http://www.spgeotecnia.pt/upload/docs/Revistas%20Geotecnia/Revista%20%20133.pdf>.Acesso em: 30 jun. 2017.

SOUTO MAIOR, Mônica Maria; CANDIDO, Gesinaldo Ataíde. **Avaliação das metodologias brasileiras de vulnerabilidade socioambiental como decorrência da problemática urbana no Brasil.** Cad. Metrop., São Paulo , v. 16, n. 31, p. 241-264, June 2014.

SOUZA, Gustavo de Oliveira Coelho de. **Construção de um Indicador Socioambiental:** o exemplo do município de São Paulo. 63. São Paulo em Perspectiva, v. 20, n. 1, p. 61-79, jan./mar. 2006.

SOUZA, Joseane de; TERRA, Denise; CAMPOS, Mauro. **Mobilidade populacional e as novas espacialidades urbanas:** municípios da Ompetro, Rio de Janeiro (2000-2010). EURE (Santiago), Santiago , v. 41, n. 123, p. 53-80, 2015.

SOUZA, W.M.; AZEVEDO, P.V. **Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE.** Revista Brasileira de Geografia Física 01 (2012) 143-159.

TAVARES, R., SANT'ANNA NETO, J.L, TOMMASELLI, J.T.G., PRESSINOTTI, M.M.N., & SANTORO, J. 2004. **Análise da variabilidade temporal e espacial das chuvas associada aos movimentos de massa no Litoral Norte Paulista.** Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, pp. 680-696.

THOMAS, M. F. **Landscape sensitivity in time and space - an introduction.** Catena. 42, 83–98 (2001).

TIMMERMAN, P. (1981) **Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society.** Environmental Monograph No. 1, Institute for Environmental Studies, University of Toronto.

TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. **Natural hazards:** explanation and integration. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do (orgs.). **Desastres naturais:** conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.: il.; color. ; 24 cm.

TOUBES, D.; GÖSSLING, S.; HALL, C.; SCOTT, D. **Vulnerability of Coastal Beach Tourism to Flooding:** A Case Study of Galicia, Spain. Environments 2017, 4(4), 83; doi:10.3390/environments4040083. http://www.mdpi.com/2076-3298/4/4/83.

TRENBERTH, K. E. et al**. Observations:** Surface and Atmospheric Climate Change. In: SOLOMON, S. D. et al. (Ed.) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom, New York: Cambridge University Press, 2007.

UNITED NATIONS / INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UN/ISDR) (2004): **Living with Risk, A global review of disaster reduction initiatives.** United Nations, Geneva <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/657>. Acesso em agosto de 2017.
UNITED NATIONS / INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UN/ISDR). 2009. Terminology on Disaster Risk Reduction. Disponível em http://www.unisdr.org. Acesso em agosto de 2017.

UNDP. 2002. **Human Development Report 2002.** New York: United Nations Development Programme. Available online at <http://hdr.undp.org/reports/global/2002/en> [accessed 20 Jul 2017].

UNEP. 2001. **Vulnerability Indices:** Climate Change Impacts and Adaptation. UNEP Policy Series 3. Nairobi: UNEP. 91pp.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012**: Volume São Paulo / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 71 p.: il.color.;30cm.

VALVERDE, M. C.; YOUNG, A. F.; MARENGO, José. **Índice de vulnerabilidade na região metropolitana de São Paulo (RMSP) relacionado aos extremos do clima e a fatores socioeconômicos e demográficos.** In: IV SIC Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa. Mudanças Climáticas e seus impactos em áreas urbanas, 2011.

VALVERDE, M. C. **A interdependência entre vulnerabilidade climática e socioeconômica na região do ABC Paulista.** Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XX, n. 2, p. 39-60, jul.-set. 2017.

VAZ, Dirley dos Santos. **Alterações climáticas, riscos ambientais e problemas de saúde:** breves considerações. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física . II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, Maio de 2010.

VEIGA, J.E.; ISSBERNER, R.L**. Decrescer crescendo.** In: LÉNA; NASCIMENTO. Enfrentando os limites do crescimento. R.J., Garamond, 2012.

VELENYI, Edit and SMITZ, Marc. 2014**. "Cyclical Patterns in Government Health Expenditures Between 1995 and 2010: Are Countries Graduating from the Procyclical Trap or Falling Back?"** World Bank HNP Discussion Paper.

VESTENA, L. R. **Mapeamento da susceptibilidade a deslizamentos na bacia hidrográfica do Caeté, Alfredo Wagner/SC.** Mercator (UFC), v. 9, p. 175-190, 2010.

VIEIRA, Edson Trajano. **Industrialização e politicas de desenvolvimento regional:** O Vale do Paraíba Paulista na segunda metade do século XX. Tese de doutorado em História Econômica. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2009.

VINCENT, K., 2004. **Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa.** Tyndall Centre for Climate Change Research and School of Environmental Sciences University of East Anglia Norwich NR4 7TJ.

WATTS, M.J., BOHLE, H.G., 1993. **The space of vulnerability:** the causal structure of hunger and famine. Progress in Human Geography 17, 43–67.

WEF (World Economic Forum). 2000. **Pilot Environmental Sustainability Index:** An initiative of the Global Leaders for Tomorrow Environment Task Force, World Economic Forum. Davos, 39 pp.

WILKS, D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences:** an introduction. San Diego: Academic Press, 1995. 467 p.

WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T. y DAVIS, I. (2004): **At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters .** Londres, Routledge.

WU, S.Y., YARNAL, B. and FISHER, A.: 2002, **'Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: A case study of Cape May county, New Jersey, USA'**, Climate Research 22, 255–270.

XAVIER, T.de Ma. B. S.; XAVIER, A.F.S. & ALVES, J. Ma. B. (2007). **Quantis & Eventos Extremos – Aplicações em Ciências da Terra e Ambientais**, RDS Gráfica e Editora Lta., Fortaleza-CE [em especial: Cap.2, Função Quantil e Leis de Probabilidades, pp 73-109; Cap. 3, Estimativas de Quantis, pp. 111-144; Cap.4, Aplicações de Quantis, pp. 145-212].

YOUNG, A. F.; HOGAN, D. J. **Dimensões Humanas das Mudanças Climáticas:** Vulnerabilidade as Enchentes e Inundações na Região Metropolitana de São Paulo. 2010. Trabalho apresentado no XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambú – MG, Brasil, de 20 a 24 de setembro de 2010.

YOUNG, A. F. Zika Outbreak in 2016: **Understanding Brazilian Social Inequalities through Urban Spatial Analysis and their Consequences to Health.** MOJ Eco Environ Vol. 2, Edição 4, p.32. 2017.

YOUNG, A. F. Adaptation actions for integrated climate risk management into urban planning: a new framework from urban typologies to build resilience capacity in Santos (SP). 2016.

ZANELLA, M. **EVENTOS PLUVIMÉTRICOS INTENSOS E IMPACTOS GERADOS NA CIDADE DE CURITIBA/PR - BAIRRO CAJURU:** um destaque para as inundações urbanas (intense rainfall events and generated impacts in the Curitiba city/PR – Cajuru neighborhood: emphasis on urban flooding). Revista Mercator, América do Norte, 518 11 2008.

APÊNDICE A – Análise de Componentes Principais

Neste trabalho, para a construção dos indicadores de chuva, foi adotado como método de extração, a Análise por Componentes Principais (ACP), seguido do método de rotação ortogonal *Varimax* com normalização do teste *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), que varia entre 0 e 1, sendo que o valor de 0 indica que a soma de correlações parciais é grande, e a análise de fatores é inadequada; um valor próximo de 1 indica que padrões de correlações são relativamente compactos, assim, a análise de fatores deveria dar preferência a fatores distintos e confiáveis.

Os componentes principais são combinações lineares de padrões não correlacionados cujas variâncias são tão grandes quanto possíveis. O percentual de explicação da variância original dos dados por cada componente é em ordem decrescente, ou seja, o primeiro componente principal apresenta máxima variância e o último a menor (WILKS, 1995).

Para obter os componentes principais deve-se partir dos dados originais, representados pela matriz [X], que no caso deste trabalho são os dados dos totais de precipitação em 1, 2, 3, 4 e 5 dias acumulados de chuva e os dias de ocorrências de deslizamentos, e de dimensão (n x k), onde n é o número de observações e k é o número de variáveis de um determinado campo. A partir de [X], obtém-se uma matriz de correlação [R] ou variância-covariância [S] que são equivalentes quando os dados forem padronizados. Utilizando uma dessas matrizes, encontram-se os autovalores e autovetores, a partir dos quais são construídas as componentes principais.

A matriz de variância-covariância é demonstrada pela equação (4):

$$[S] = \frac{1}{n-1}[X']^T[X'], \qquad (4)$$

onde:

[X’] é a matriz (n x k) dos dados originais padronizados;

[X’]T é a matriz transposta de [X’];

[S] é uma matriz (k x k), cujos elementos diagonais são as variâncias das k variáveis e os outros elementos são as covariâncias entre as k variáveis.

A matriz de correlação [R] pode ser calculada usando a matriz de variância-covariância, de acordo com a equação (5):

$$[R] = [D]^{-1}[S][D]^{-1}, \quad (5)$$

Onde,

[D] é chamada matriz diagonal, sendo que os elementos de sua diagonal são os desvios padrões da amostra original [X], ou seja, os elementos diagonais são constituídos pela raiz quadrada dos correspondentes em [S], sendo nulos os outros elementos, fora da diagonal;

[D]-1 é a matriz inversa de [D].

Da matriz de correlação [R] obtêm-se os k autovalores λ_j, conforme a equação (6). Estes autovalores são ordenados de forma que:

$$\lambda 1 \geq \lambda 2 \geq \ldots \geq \lambda k, \quad (6)$$

sendo que cada um dos k autovalores corresponde a um autovetor Aj, de acordo com a equação (7).

$$A_j = (a_{1j}, a_{2j}, \ldots, a_{kj}), j = 1,2,\ldots,k, \quad (7)$$

A projeção da variável vetor k sobre o autovetor Aj (ponto de grade ou estação) é expressa pelo termo akj. O número de elementos de cada autovetor corresponde ao número de ponto de grade (variáveis). A série espacial dos k-ésimo componente é construída pelos chamados “loadings”, ou seja, a partir de cada elemento individual dos autovetores Ak (Wilks,1995).

Para calcular a série temporal do k-ésimo componente, conhecida como “scores” Fk mostrada na equação (8), utiliza-se a seguinte expressão:

$$F_k = [X]\,[A_k], \quad (8)$$

A proporção da variância total explicada pelo k-ésimo componente, equação (9), é proporcional ao seu correspondente autovalor:

$$VAR_{k} = \frac{\lambda \mathrm{k}}{\lambda 1 + \lambda 2 + \cdots + \lambda \mathrm{k}}, \quad (9)$$

APÊNDICE B – Índice de Avaliação Ambiental

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA tem como estratégia para estimular uma gestão ambiental local eficiente, a proposição de 10 diretivas que, além de permitirem a integração da agenda ambiental municipal com a estadual, possibilitam ainda a busca por um desenvolvimento sustentável (SMA, 2016).

O ranking ambiental divulgado anualmente é organizado com base no Índice de Avaliação Ambiental (IAA) obtido pelos municípios aderentes ao Programa Município VerdeAzul (PMVA).

O PMVA é um programa da SMA que visa estimular a implementação e o desenvolvimento de uma agenda ambiental municipal, criando condições de oferecer uma avaliação do desempenho dos municípios do Estado, acompanhando ano a ano esta evolução.

A avaliação do cumprimento das 10 (dez) diretivas ambientais será realizada mediante a aplicação do Índice de Avaliação Ambiental - IAA, que é estabelecido com base na aplicação da seguinte equação (10):

$$IAA = \Sigma IDi - PP \qquad (10)$$

Onde,

ΣIDi – é o somatório dos Indicadores de Desempenho (IDi) nas diretivas ambientais do programa, cujo valor máximo da soma são 100 (cem) pontos. Sendo IDi o Indicador de Desempenho para cada diretiva ambiental identificada pelo índice *i*. Esse indicador corresponderá a uma nota, que varia de 0 (zero) a 10 (dez), atribuída em função das ações propostas, ajustada, posteriormente, pelo peso que cada diretiva *i* possuir, conforme listado no Anexo II da Resolução SMA 23, de 17 de fevereiro de 2016.

PP - São passivos e/ou pendências ambientais de responsabilidade do município. Esse valor varia de 0 (zero) a 30 (trinta), de acordo com os passivos apurados pelo Sistema Ambiental Paulista, com base nos seguintes itens: a) existência de áreas contaminadas e penalidades aplicadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB); b) pendências em relação ao licenciamento ambiental; c) constatação de entulho em Áreas de Proteção

Permanente (APP); d) não cumprimento de Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA) - Licenciamento ou Autuação; e) Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana do Município (ICTEM); e f) Índice da Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR).

O cálculo do IAA ocorre por meio de análise e avaliação do Relatório de Gestão Ambiental, dos documentos comprobatórios apresentados e de dados provenientes do Sistema Ambiental do Estado de São Paulo.

Os itens que compõem as diretivas têm como características serem comuns a qualquer município do Estado, independente, por exemplo, de seu porte, de sua economia estar associada ao setor rural ou urbano ou de sua localização regional.

As diretivas propostas pelo PMVA para garantir uma agenda ambiental municipal com a agenda estadual e suas características fundamentais, são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Diretivas e características do PMVA

DIRETIVAS	CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS
1. Esgoto Tratado	Ampliar os índices de coleta, transporte, tratamento e disposição, de forma adequada, dos esgotos urbanos
2. Resíduos Sólidos	Fortalecer a gestão dos resíduos sólidos domiciliares e da construção civil, de programas ou ações de coleta seletiva e da responsabilidade pós-consumo
3. Biodiversidade	Proteger e/ou recuperar áreas estratégicas para a manutenção da biota
4. Arborização Urbana	Incrementar a gestão do meio ambiente urbano por meio do planejamento e definição de prioridades para a arborização urbana
5. Educação Ambiental	Implementar a Educação Ambiental no âmbito formal e informal em três eixos: formação, capacitação e mobilização da comunidade
6. Cidade Sustentável	Estimular o uso racional dos recursos naturais
7. Gestão das Águas	Fortalecer a gestão municipal sobre a qualidade da água para abastecimento público
8. Qualidade do Ar	Implementar atividades e participar de iniciativas que contribuam para a manutenção ou melhoria da qualidade do ar e do controle da emissão excedente de gases de efeito estufa
9. Estrutura Ambiental	Estimular o fortalecimento das Secretarias / Departamentos / Diretorias de Meio Ambiente
10. Conselho Ambiental	Estimular o funcionamento regular dos Conselhos Municipais de Meio Ambiente

Fonte: SMA (2016)

APÊNDICE C – Índice de Perigo a Escorregamento

A Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA – por meio da Coordenadoria de Planejamento Ambiental, em parceria com o Instituto Geológico, contratou a elaboração das Unidades Básicas de Compartimentação do Meio Físico (UBC) do Estado de São Paulo. As UBC constituem as menores unidades de análise do terreno, obtidas a partir da fotointerpretação sistemática de elementos texturais e tonais em produtos de sensoriamento remoto (SMA/CPLA/IG, 2014).

A análise espacial do território por meio de Unidades Territoriais Básicas – UTB e atributos associados favorece a integração entre os sistemas ambientais, culturais e socioeconômicos.

As UTB são os polígonos resultantes da intersecção do mapa de unidades básicas de compartimentação fisiográfica (UBC), que refletem elementos do substrato geológico-geomorfológico-pedológico da paisagem, e do mapa de unidades homogêneas da cobertura e uso da terra (UHCT), reconhecidas por feições de imagens, da análise de seu arranjo espacial e de suas propriedades.

Os polígonos foram gerados a partir de visualização em tela com escala entre 1:50.000 e 1:75.000. Como base de classificação hierárquica, adotou-se a classificação geomorfológica de Ross & Moroz (1997).

Para o cálculo dos Índices de Perigo de Escorregamentos estabeleceu-se seis classes de P0 a P5, onde P0 representa uma probabilidade nula à quase nula de ocorrência do processo e P5 a probabilidade máxima de ocorrência do processo perigoso (classe Muito Alta). As demais classes representam situações intermediárias entre estes extremos: P4 (Alta), P3 (Média), P2 (Baixa) e P1 (Muito Baixa). O critério de enquadramento da classe P0 foi geomorfológico. Para o perigo de escorregamento as UBC classificadas como planícies foram enquadradas na classe P0.

Para definição dos limites das classes de P1 a P5 foi utilizado o método das Quebras Naturais de Jenks conforme procedimento disponível no software ArcMap 10.1.

Para as classes P1 a P5 foram adotados os seguintes critérios de enquadramento de acordo com as equações abaixo:

Cenário 1- Declividade entre 0-6°:

$$P_ESC=0,8*DE + 0,05*AM + 0,05*DD + 0,05*EH + 0,05*IF \quad (11);$$

Cenário 2- Declividade entre 6-12°:

$$P_ESC=0,5*DE + 0,125*AM + 0,125*DD + 0,125*EH + 0,125*IF \quad (12);$$

Cenário 3- Declividade entre 12-18:

$$P_ESC=0,2*DE + 0,2*AM + 0,2*DD + 0,2*EH + 0,2*IF \quad (13);$$

Cenário 4- Declividade entre 18-24°:

$$P_ESC=0,5*DE + 0,125*AM + 0,125*DD + 0,125*EH + 0,125*IF \quad (14);$$

Cenário 5- Declividade maior que 24°:

$$P_ESC=0,8*DE + 0,05*AM + 0,05*DD + 0,05*EH + 0,05*IF \quad (15);$$

onde,

DE = declividade;

AM = amplitude altimétrica;

DD = densidade de drenagem;

EH = excedente hídrico;

IF = intensidade de foliação.

Para definição dos limites das classes de P1 a P5 foi utilizado o método das Quebras Naturais de Jenks conforme procedimento disponível no software ArcMap 10.1.

Para os atributos declividade, curvatura vertical, excedente hídrico e densidade de drenagem (Quadro 3) foram obtidos os valores de média numérica para cada polígono das UBC por meio da ferramenta *Zonal Statistics as Table (Statistics type MEAN)* do software ArcMap 10.1. A amplitude altimétrica de cada polígono das UBC foi obtida utilizando a mesma ferramenta com o dado de altitude, sendo alterado apenas o tipo de estatística (*Statistics type RANGE*).

Para possibilitar a aplicação de uma fórmula de cálculo, os valores absolutos foram padronizados para o intervalo 0-1, pela equação:

Atributo normalizado = ((Vn-Vmin)/(Vmax-Vmin) (16);

onde,

Vn = valor a ser normalizado;

Vmin = valor mínimo da amostragem;

Vmax = valor máximo da amostragem;

Quadro 3 – Descrição dos atributos das UBC utilizadas no cálculo do perigo de escorregamentos do Estado de São Paulo

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO	FORMA DE OBTENÇÃO
Amplitude	Representa o desnível entre o topo e a base da encosta, indicando a quantidade de solo na encosta. Quanto maior a amplitude maior a probabilidade de ocorrência do processo. Fonte: Topodata (VALERIANO, 2008). Unidade: metros.	Obtido a partir da interpolação de valores de cota de grades de 30x30m; obtenção da diferença entre cota máxima e cota mínima e cálculo de média zonal.
Declividade Média	Expressa a inclinação das vertentes. Quanto maior a declividade, maior a probabilidade de ocorrência do processo. Fonte: Topodata (VALERIANO, 2008). Unidade: graus.	Obtido a partir da interpolação de valores de cota do MDS em grades de 30x30m; e cálculo de média zonal.
Densidade de Drenagem	Expressa a permeabilidade e grau de fraturamento do terreno. Quanto maior a densidade de drenagem, maior a probabilidade de ocorrência do processo. Fonte: drenagem automática (CPLA, 2013). Unidade: metros/m².	Obtido a partir da interpolação de valores de Densidade de Drenagem (DD) em grades de 90x90m; e cálculo de média zonal.
Índice de estruturação da rocha (intensidade de foliação)	Expressa o grau de estruturação do terreno. Quanto maior a intensidade de foliação, maior a probabilidade de ocorrência do processo. Fonte: reclassificação das unidades geológicas. Unidade: adimensional.	Obtido a partir da reclassificação das unidades geológicas, considerando rochas sedimentares as menos foliadas e rochas xistosas as mais foliadas.
Excedente Hídrico	Expressa a quantidade de chuva. Quanto maior o excedente hídrico, maior a probabilidade de ocorrência do processo. Fator condicionante da variável perigo. Fonte: Armani (inédito). Unidade: milímetros.	Obtido a partir da interpolação de valores de Excedente Hídrico (EH) em grades de 200x200m; e cálculo de média zonal.

Fonte: SMA/CPLA/IG (2014)