

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
ENGENHARIA AMBIENTAL

MARINA DA COSTA RIBEIRO DE ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES CAUSADOS  
POR MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DO  
JORDÃO-SP**

São Carlos

2017

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
ENGENHARIA AMBIENTAL

MARINA DA COSTA RIBEIRO DE ALMEIDA

AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES CAUSADOS POR  
MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DO JORDÃO-  
SP

Monografia apresentada ao curso de graduação  
em Engenharia Ambiental, da Escola de  
Engenharia de São Carlos da Universidade de  
São Paulo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Valéria Guimarães  
Silvestre Rodrigues

São Carlos, SP

2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

D278a de Almeida, Marina da Costa Ribeiro  
AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES CAUSADOS  
POR MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DO  
JORDÃO-SP / Marina da Costa Ribeiro de Almeida;  
orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Valéria Guimarães Silvestre  
Rodrigues. São Carlos, 2017.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --  
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de  
São Paulo, 2017.

1. Movimentos de Massa. 2. SIG. 3. Campos do  
Jordão. I. Título.

# FOLHA DE JULGAMENTO

---

Candidato(a): **Marina da Costa Ribeiro de Almeida**

Data da Defesa: 30/10/2017

Comissão Julgadora:

**Profa. Dra. Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues**  
(Orientador(a))

**Ligia de Freitas Sampaio**

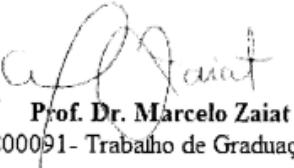
**Jacqueline Zanin Lima**

Resultado:

Aprovada

Aprovada

Aprovada



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

*Dedico esse trabalho a todas as pessoas afetadas por desastre naturais causados por movimentos de massa e que sofrem com seus impactos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Valéria pela orientação, suporte e ajuda para a elaboração desse trabalho e também pelos ensinamentos ao longo dos anos.

À Prefeitura Municipal de Campos do Jordão, nas figuras do prefeito Frederico Guidoni Scaranello e do secretário municipal de informação e defesa do cidadão Wander Firmino Vieira, que além de disponibilizarem informações para a elaboração desse trabalho, se dispuseram para eventuais esclarecimentos.

À SHS consultoria e projetos de engenharia, em especial Paloma, Larissa e Lívia, que tanto contribuíram para a minha formação profissional quanto me incentivaram na elaboração desse trabalho.

À minha mãe, Mônica, pela ajuda na obtenção de informações e dados, sem as quais esse trabalho não poderia ter sido realizado. Sobretudo, agradeço a ela pelo exemplo de mulher ao longo de todos esses anos, pelo incentivo incondicional em todos os momentos, pelo amor e carinho ilimitado e por possibilitar e apoiar todas as minhas decisões e sonhos.

À minha família, em especial aos meus irmãos, Bruno e Vinícius, à Tia Márcia, à Tia Fuca e ao meu pai, José Eduardo, que sempre me apoiaram, incentivaram e confortaram, sendo fundamentais na minha vida.

Aos meus amigos Lost, Carol, João e Nati que fizeram parte desse momento único da graduação cheio de histórias, alegrias e aprendizados. E os quais continuam e continuarão fazendo parte da minha vida.

Ao meu companheiro e parceiro, DJ, pelo apoio, incentivo, companheirismo e amor, acreditando em mim em todos os momentos.

À Tonia e Cecile, amigas de anos de Campos do Jordão, pelas caminhadas infinitas, pelas conversas, pelos sonhos compartilhados e por toda uma vida juntas.

Aos meus amigos da graduação, especialmente da amb 010, por todos os momentos juntos e pelas incontáveis conversas, experiências e histórias, as quais jamais me esquecerei.

Aos meus companheiros e companheiras que compartilham uma visão de vida e que me incentivaram nesse período final da graduação, entendendo a falta de tempo e de disponibilidade nesse momento. Em especial a Bia e o Du por serem amigos incríveis que sempre confiaram e acreditaram em mim.

*“O homem é parte da natureza e sua guerra contra a natureza é inevitavelmente uma guerra contra si mesmo... Temos pela frente um desafio como nunca a humanidade teve, de provar nossa maturidade e nosso domínio, não da natureza, mas de nós mesmos”.*

*Rachel Carson – Primavera Silenciosa (1962)*

DE ALMEIDA, M. C. R. **Avaliação da gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa no município de Campos do Jordão-SP**. São Carlos, 2017. 166 p. Monografia de Trabalho de Graduação. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017.

Os movimentos de massa são parte dos processos naturais que atuam na dinâmica das vertentes e, consequentemente, da evolução da geomorfologia das regiões serranas. Esses movimentos ocorrem devido à ação da força da gravidade, sendo condicionados pelo tipo de material, pela forma e declividade da encosta, pela vegetação e por outros fatores, e deflagrados principalmente pela precipitação e pela ação antrópica. Os movimentos de massa são desastres naturais que assolam diversos países do mundo, especialmente, na Ásia e na América. No Brasil, os movimentos de massa se concentram nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Esses movimentos acarretam impactos e perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais. Campos do Jordão, localizada na Serra da Mantiqueira, é frequentemente afetada por movimentos de massa, principalmente nos períodos chuvosos. Os principais casos ocorreram em 1972, 1991 e 2000 causando mortes, destruição de residências e desabrigados. Tendo em vista esse cenário, o presente trabalho consistiu na avaliação das cinco etapas do processo de gestão de risco de desastres – prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação – causados por movimentos de massa em Campos do Jordão-SP. Para isso foram utilizadas informações de órgão públicos, como estudos, planos, leis, mapas e *shapefiles* e foi elaborado um questionário, objetivando a compreensão das características do município e do processo de gestão de risco de desastres. Verificou-se que 7,5% (2,3 km<sup>2</sup>) da área urbana do município é classificada como de alta suscetibilidade a movimentos, e 23,2% (7,1 km<sup>2</sup>), como de média suscetibilidade, totalizando 30,7% (9,4 km<sup>2</sup>) da área urbana de Campos do Jordão. O município possui Plano Diretor (2003), Plano Municipal de Redução de Risco (2006), mapeamento de riscos associados a escorregamentos (2014), Plano de Contingência (2017) e Plano Municipal de Drenagem (2017) que atuam em quatro das cinco etapas de gestão de risco de desastres, sendo elas: prevenção, mitigação, preparação e resposta. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi utilizado por todos esses planos de forma direta ou indireta. Os planos diretor, de redução de risco e de drenagem apontam o uso do SIG para auxiliar no diagnóstico e na tomada de decisão. Assim, conclui-se que Campos do Jordão possui instrumentos que atuam nas etapas de prevenção, mitigação, preparação e respostas, sendo importante utilizar essas ferramentas de forma integrada, auxiliando no processo de tomada de decisões e no estabelecimento de programas e ações de forma coesa e planejada na gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa.

**Palavras-chave:** Desastre Natural, Movimentos de Massa, SIG, Campos do Jordão

## ABSTRACT

DE ALMEIDA, M. C. R. **Disaster risk management assessment caused by mass movements in Campos do Jordão-SP**. São Carlos, 2017. 166 p. Monografia de Trabalho de Graduação. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017.

Mass movements are part of the natural processes that act on the dynamics of the slopes and, consequently, on the evolution of mountainous regions' geomorphology. These movements occur due to gravity action, being conditioned by the type of material, by slope form and angles, by the vegetation and other factors. They are mainly triggered by precipitation and anthropic action. The mass movements are natural disasters that devastate several countries, especially in Asia and America. In Brazil, mass movements are concentrated in the South, Southeast and Northeast regions. These movements lead to human, material, economic and environmental losses and impacts. Campos do Jordão located in the Serra da Mantiqueira is often affected by mass movements, mainly in the rainy periods. The main cases occurred in 1972, 1991 and 2000 causing deaths, dwellings destruction and homelessness. Considering this scenario, the present work consists of evaluating the five stages of disaster risk management process - prevention, mitigation, preparedness, response and recovery - caused by mass movements in Campos do Jordão-SP. For this purpose, public information was used, such as studies, plans, laws, maps and shapefiles, also a survey was developed. This information gathering helped to understand the characteristics of the study area and the disaster risk management process. It was verified that 7.5% (2.3 km<sup>2</sup>) of the urban area is classified as high susceptibility to movements and 23.2% (7.1 km<sup>2</sup>) as average, totalling 30.7% (9.4 km<sup>2</sup>) of the urban area of Campos do Jordão. Campos do Jordão has a Master Plan (2003), a Risk Reduction Plan (2006), a map of the risks associated with landslides (2014), a Contingency Plan (2017) and Drainage Plan (2017). They are part of disaster risk management and acting in the prevention, mitigation, preparedness and response phases. Geographical Information System (GIS) was used directly or indirectly by all these plans and studied. The master, risk reduction and drainage plans indicate the use of GIS to aid the process of diagnosis and decision-making. Thus, it is concluded that Campos do Jordão has instruments that act in the prevention, mitigation, preparedness and response phases. Moreover, it is important to use these tools in an integrated way, assisting decision-making process and establishing cohesive and planned programs and actions to disaster risk management caused by mass movements.

**Keywords:** Natural Disaster, Mass Movements, GIS, Campos do Jordão

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação dos movimentos de massa do BGS .....	36
Figura 2 – Rastejo e seus indícios .....	40
Figura 3 – Escorregamento translacional ou planar .....	42
Figura 4 – Escorregamento rotacional ou circular .....	43
Figura 5 – Escorregamento em cunha .....	43
Figura 6 – Queda de blocos .....	45
Figura 7 – Tombamento de blocos .....	46
Figura 8 – Rolamento de blocos .....	47
Figura 9 – Desplacamento .....	47
Figura 10 – Perfis pré e pós-corrida de massa de Contagem (MG) .....	49
Figura 11 – Tipos e características dos processos de escorregamentos com velocidade média a alta e superfície de ruptura rasa .....	50
Figura 12 – Principais tipos de escorregamentos com velocidade média a baixa e superfície de ruptura profunda .....	51
Figura 13 – Registros de movimentos de massa no Brasil no período de 1991 a 2012 .....	61
Figura 14 – Porcentagem de ocorrência de movimento de massa por região do Brasil no período de 1991 a 2012 .....	62
Figura 15 – Danos humanos por movimento de massa na Região Sudeste no período de 1991 a 2012 .....	65
Figura 16 – Frequência anual de movimentos de massa ocorridos no Brasil no período de 1991 a 2012 .....	65
Figura 17 – Mapa com as ocorrências de movimentos de massa no Brasil em 2013 .....	67
Figura 18 – Distribuição macrorregional dos desastres vinculados aos movimentos de massa no Brasil em 2013 .....	68
Figura 19 – Distribuição por UF dos desastres vinculados aos movimentos de massa no Brasil em 2013 .....	68
Figura 20 – Distribuição temporal dos desastres vinculados aos movimentos de massa nas macrorregiões do Brasil em 2013 .....	69
Figura 21 – Registro de movimento de massa no Estado de São Paulo no período de 1991 a 2012 .....	71

Figura 22 – Frequência mensal de movimentos de massa no estado de São Paulo, no período de 1991 a 2012 .....	72
Figura 23 – Médias pluviométricas em 2010, com base nos dados das Estações Pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), no estado de São Paulo .....	72
Figura 24 – Danos humanos ocasionados por movimentos de massa no estado de São Paulo, no período de 1991 a 2010.....	73
Figura 25 – Classificação dos riscos .....	78
Figura 26 – Medidas para o gerenciamento da ocupação de encostas .....	81
Figura 27 – Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil .....	83
Figura 28 – Estrutura Geral de um SIG.....	88
Figura 29 – Fluxograma da aplicação do SIG na gestão de risco de desastres .....	93
Figura 30 – Mapa de localização do município de Campos do Jordão-SP .....	99
Figura 31 – Unidades hidrográficas principais e sua localização em relação aos municípios da UGRHI-1 .....	101
Figura 32 – Mapa hidrográfico do município de Campos do Jordão-SP .....	102
Figura 33 – Mapa geológico do município de Campos do Jordão-SP.....	107
Figura 34 – Mapa geomorfológico do município de Campos do Jordão-SP .....	109
Figura 35 – Mapa pedológico do município de Campos do Jordão-SP.....	111
Figura 36 – Mapa da fitofisionomia do município de Campos do Jordão-SP .....	115
Figura 37 – Mapa das unidades de conservação do município de Campos do Jordão-SP .....	118
Figura 38 – Mapa de uso e ocupação do Solo do município de Campos do Jordão-SP .....	120
Figura 39 – Mapa de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa do município de Campos do Jordão-SP .....	122
Figura 40 – Vista aérea da área afetada pelo movimento de massa em 1972 no município de Campos do Jordão-SP. Nessa foto pode ser observado o anfiteatro, a área fonte do material turfoso e o vale afetado .....	124
Figura 41 – Vista aérea do vale e do represamento da água do córrego Piracuama pelo movimento de massa em 1972 no município de Campos do Jordão-SP .....	124
Figura 42 – Vista aérea da área afetada pelo movimento de massa em 1972 no município de Campos do Jordão-SP.....	125
Figura 43 – Aspecto do anfiteatro após o movimento de massa em 1972 no município de Campos do Jordão-SP .....	125

Figura 44 – Favela Britador após o movimento de massa em janeiro de 2000 no município de Campos do Jordão-SP.....	126
Figura 45 – Vista aérea da área afetada pelo movimento de massa em janeiro de 2000 no município de Campos do Jordão-SP.....	127
Figura 46 – Foto tirada em 25 de outubro de 2017 da área afetada pelo movimento de massa em 2000 no município de Campos do Jordão-SP .....	128
Figura 47 – Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil .....	134

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Registro do número de mesorregiões, municípios e de ocorrências de movimentos de massa no Brasil no período de 1991 a 2012.....	63
Tabela 2 – Frequência mensal dos movimentos de massa ocorridos no Brasil no período de 1991 a 2012 .....	64
Tabela 3 – Distribuição regional dos danos humanos relacionados a movimentos de massa no Brasil em 2013.....	70
Tabela 4 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2013 .....	74
Tabela 5 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2014 .....	74
Tabela 6 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2015 .....	75
Tabela 7 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2016 .....	75
Tabela 8 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2017 (1º de janeiro a 10 de outubro) .....	75
Tabela 9 – Valores da temperatura máxima e mínima absoluta, da temperatura máxima e mínima mensal e da temperatura média, em °C, e da evapotranspiração e precipitação, em mm, para cada mês no município de Campos do Jordão-SP no ano de 2013. ....	104
Tabela 10 – Valores da temperatura máxima e mínima absoluta, da temperatura máxima e mínima mensal e da temperatura média, em °C, e da evapotranspiração e precipitação, em mm, para cada mês no município de Campos do Jordão-SP no ano de 2014 .....	104

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos desastres quanto à intensidade.....	32
Quadro 2 – Classificação dos movimentos de massa por Varnes (1978) .....	35
Quadro 3 – Classificação dos movimentos de massa por Augusto Filho <sup>2</sup> (1992) .....	37
Quadro 4 – Nova versão da classificação dos movimentos de massa de Varnes por Hungr, Leroueil e Picarelli (2014).....	38
Quadro 5 – Resumo de algumas pesquisas internacionais da relação entre chuva e escorregamento .....	55
Quadro 6 – Resumo de algumas pesquisas nacionais da relação entre chuva e escorregamento .....	56
Quadro 7 – Alguns acidentes importantes decorrentes de escorregamentos no Brasil no período de 1928 a 2005 (continua) .....	57
Quadro 8 – Conceito dos termos acidente, evento e risco .....	76
Quadro 9 - Atividades de gerenciamento de riscos e respostas a desastres .....	80
Quadro 10 – Tipologia de abordagens dominantes de gerenciamento (ou gestão) de riscos de escorregamentos no Brasil .....	82
Quadro 11 – População flutuante do município de Campos do Jordão-SP .....	98
Quadro 12 – Uso e ocupação do solo de Campos do Jordão .....	119
Quadro 13 – Classificação de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa no município de Campos do Jordão-SP .....	121
Quadro 14 – Acidentes em áreas de risco em Campos do Jordão conforme registrado em estudos técnicos (continua).....	128
Quadro 15 –Registros de ocorrências de acidentes em Campos do Jordão no período de 2000 a 2013 .....	132
Quadro 16 – Sistematização do número de setores e moradias que apresentam risco de escorregamento, inundação, erosão e solapamento de margem de drenagem no município de Campos do Jordão-SP.....	137
Quadro 17 – Número de setores, número de moradias, equipamentos e vias associados ao grau de risco de escorregamentos em encostas no município de Campos do Jordão .....	138
Quadro 18 – Precipitações críticas de Campos do Jordão-SP.....	140
Quadro 19 – Classificação dos planos e estudo nas etapas de gestão de desastres causados por movimentos de massa no município de Campos do Jordão-SP.....	141

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
BGS	British Geological Survey
C	Consequências sociais e/ou econômicas potenciais
CBH-SM	Comitê das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira
CEDEC	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil
CEMADEM	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CEPED	Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres
CIIAGRO	Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
Cobrade	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
CODAR	Codificação de desastres, ameaças e riscos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRED	Centre of Research on the Epidemiology of Disasters
EIRD	Estratégia Internacional para a Redução de Riscos de Desastres
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária
EM-DAT	Emergency Disasters Data Base
ESRI	Environmental Systems Research Institute
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IAEG	International Association for Engineering Geology and the Environment
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEA-SP	Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo
IF	Instituto Florestal
IG	Instituto Geológico
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica
IUGSWG/L	International Union of Geological Sciences Working Group on Landslides
MDT	Modelos Digitais de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
P	Possibilidade de ocorrência de um evento
PE	Parque Estadual

PMD	Plano Municipal de Drenagem
PMRR	Plano Municipal de Redução de Riscos
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PPDC	Plano Preventivo de Defesa Civil
QGIS	Quantum GIS ( <i>software</i> )
R	Risco
R1	Risco baixo
R2	Risco médio
R3	Risco alto
R4	Risco muito alto
S	Suscetibilidade
S2ID	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
SEDEC	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIGA-CEIVAP	Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
UC	Unidades de Conservação
UGRHI	Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UGRHI-1	Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Serra da Mantiqueira
UN-ISDR	United Nations - International Strategy for Disaster Reduction
USGS	United States Geological Survey

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	25
2. OBJETIVOS .....	29
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	30
3.1. Desastres .....	30
3.1.1. Classificação de Desastres .....	31
3.2. Movimento de massa .....	33
3.2.1. Classificação dos movimentos de massa .....	34
3.2.2. Classificação dos escorregamentos de acordo com o Instituto Geológico – IG.....	49
3.2.3. Condicionantes geológicos-geotécnicos dos movimentos de massa ....	51
3.2.4. Deflagradores dos movimentos de massa.....	53
3.3. Histórico dos movimentos de massa no Brasil.....	57
3.3.1. Histórico dos movimentos de massa no estado de São Paulo .....	70
3.4. Gestão de Risco de Desastres.....	75
3.4.1. Prevenção .....	83
3.4.2. Mitigação .....	85
3.4.3. Preparação .....	85
3.4.4. Resposta .....	86
3.4.5. Recuperação .....	86
3.5. Sistemas de Informações Geográficas – SIG .....	87
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	94
5. ESTUDO DE CASO .....	98
5.1. Caracterização do município de Campos do Jordão.....	98
5.1.1. Localização.....	98
5.1.2. Aspectos demográficos .....	98
5.1.3. Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI e hidrografia .....	100
5.1.4. Clima .....	103

5.1.5. Geologia .....	105
5.1.6. Geomorfologia .....	108
5.1.7. Pedologia.....	110
5.1.8. Vegetação .....	112
5.1.9. Unidades de Conservação – UCs.....	116
5.1.10. Uso e Ocupação.....	119
5.1.11. Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa.....	121
5.2. Histórico de movimentos gravitacionais de massa em Campos do Jordão	123
5.3. Gestão de desastres causados por deslizamentos no município de Campos do Jordão.....	134
5.3.1. Planos e estudo .....	134
5.3.2. Avaliação e sistematização dos planos e estudo nas etapas de gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa .....	140
5.3.3. Avaliação e sistematização do uso do SIG pelos principais instrumentos aplicáveis à gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa	
143	
5.3.4. Utilização do SIG na gestão de risco de desastres naturais.....	144
6. CONCLUSÕES .....	148
7. REFERÊNCIAS.....	150
ANEXO 1 – Autorização para o uso de informações concedida pela Prefeitura Municipal de Campos do Jordão-SP .....	162

## 1. INTRODUÇÃO

Os desastres naturais são responsáveis por causarem vultosos danos sociais, econômicos e ambientais. Os movimentos de massa, as inundações, as subsidências e as erosões são enquadrados como desastres naturais, assim como terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Segundo os dados referentes ao primeiro semestre de 2017, coletados pelo Emergency Disasters Data Base – EM-DAT e sistematizados pelo Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED, 2017), 149 desastres naturais ocorreram em 73 países, resultando em 3.162 mortos, 80 milhões de pessoas afetadas e US\$ 32,4 bilhões em danos econômicos. Ainda segundo esses dados, os maiores desastres foram inundações e movimentos de massa na Ásia, América do Sul e África. 44% dos eventos registrados pelo EM-DAT foram inundações, sendo responsáveis por 52% das mortes e 44% dos danos econômicos. Os movimentos de massa representam 11% dos eventos registrados no primeiro semestre de 2017, sendo responsáveis por 25% das mortes.

Dentre os 10 principais desastres naturais do primeiro semestre de 2017, 3 são referentes a movimentos de massa, que ocorreram em: março/abril na Colômbia, junho em Bangladesh e na China, sendo responsáveis por 273, 160 e 83 mortos, respectivamente (CRED, 2017).

Segundo o Internationally Reported Losses 1990 – 2014 (EM-DAT, 2015), as inundações e os movimentos de massa são os dois mais frequentes desastres naturais no Brasil. Os movimentos de massa representam 11,3% dos desastres e são responsáveis por 15,7% das mortes.

Segundo Tominaga, Santoro e Amaral (2009), os movimentos de massa são mais frequentes nas regiões montanhosas e serranas, onde predominam climas úmidos, sendo no Brasil mais recorrente nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Esses movimentos têm como principais deflagradores as chuvas e a ação antrópica. O período chuvoso concentra-se entre os meses de dezembro e fevereiro, período mais frequente de ocorrência de movimentos de massa.

Os principais e mais recentes casos de movimentos de massa, no Brasil, ocorreram em Santa Catarina em 2008, Angra dos Reis-RJ em 2010 e Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011.

No estado de Santa Catarina, em novembro de 2008, ocorreram inundações e movimentos de massa deflagrados pelos altos índices de precipitação. Esses desastres afetaram 60 cidades de Santa Catarina e 1,5 milhões de pessoas (133 mortos, 22 desaparecidos e 78.000 forçados a sair de suas residências) (DIAS, 2009). Segundo essa autora, as regiões da Grande Florianópolis, do Vale do Itajaí e do Litoral Norte não apresentaram registros históricos para o mês de novembro tão chuvosos quanto o de 2008. A precipitação de novembro de 2008 foi de aproximadamente 1.000 mm, sendo que a média climatológica mensal para esse mês é em torno de 150 mm.

De acordo com a Defesa Civil de Blumenau (RIBAS, 2015), a precipitação em Blumenau foi de 494,4 mm nos dias 22 e 23 de novembro de 2008, representando quatro vezes a média para novembro. Foi nessa data que ocorreu a tragédia que provocou alagamentos e movimentos de massa no Vale do Itajaí. Ainda segundo a defesa civil, em 2008 ocorreram aproximadamente 3 mil deslizamentos no município, representando o dobro das ocorrências registradas nos anos de 2009 (159), 2010 (317), 2011 (729), 2012 (64), 2013 (152), 2014 (110) e 2015 – até novembro (28).

O estado do Rio de Janeiro é frequentemente afetado por movimentos de massa. Dourado e Fernandes (2013) descrevem que no ano de 2010, no dia 1º de janeiro, movimentos de massa causaram 53 mortes em Angra dos Reis, sendo 31 na praia do Bananal na Ilha Grande e 22 no Morro da Carioca. Ainda segundo esses autores, 4.500 pessoas ficaram desalojadas e 170.000 foram afetadas por esses eventos. Os movimentos de massa foram deflagrados pelas chuvas e pela ocupação antrópica. Segundo Silva (2014), o índice pluviométrico foi de 417 mm em apenas 3 dias.

Em janeiro de 2011 na Região Serrana do Rio de Janeiro ocorreram movimentos de massa que atingiram áreas urbanas e rurais de 11 municípios, principalmente Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo. Essa região é vulnerável a movimentos de massa devido aos seus condicionantes, sendo uma região montanhosa, com o subsolo composto de rocha e uma pequena camada de solo. Esses eventos tiveram como principal deflagrador as chuvas, sendo que choveu 220 mm em um período de 24 h. Nessa região, situação de alerta é estabelecida para chuvas acima de 80 mm. Outro deflagrador importante para a ocorrência desses movimentos foi a ação antrópica, que consistiu em desmatamento e ocupação dessas áreas (FREITAS et al., 2012).

Segundo Freitas et al. (2012), esses movimentos de massa impactaram diretamente 32 mil pessoas, sendo que sete municípios decretaram estado de calamidade pública. Foram registrados um total de 918 óbitos, 8.795 desabrigados e 22.604 desalojados em decorrência desses eventos. Ainda segundo esses autores, essa tragédia é considerada o maior desastre natural da história do país.

No estado de São Paulo, as principais regiões afetadas por movimentos de massa são Serra do Mar, Região Metropolitana de São Paulo, Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira (ROSA FILHO; CORTEZ, 2010). Ainda segundo esses autores, o município de Campos do Jordão é frequentemente afetado por movimentos de massa, sendo considerado em 2000 pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT como o município que possui mais áreas de risco de desabamentos na faixa entre alto e muito alto.

Segundo o Instituto Geológico (IG, 2014), os principais eventos de movimentos de massa em Campos do Jordão ocorreram no ano de 1972, 1991 e 2000. Em 1972, ocorreu uma corrida de lama no município que soterrou 60 casas e provocou 17 mortes. Os escorregamentos ocorridos em 1991 provocaram o desabamento de 149 moradias “barracos”. E em 2000, os escorregamentos geraram 8 mortes e 1.840 desabrigados. Esses eventos ocorreram devido aos condicionantes geológicos-geotécnicos das áreas afetadas, como geologia, morfologia e condições ambientais, e aos deflagradores, como a pluviosidade e a ação antrópica, principalmente a ocupação de terrenos com predisposição a movimentos de massa.

Os movimentos de massa são desastres naturais que possuem potencial destrutivo significante para a sociedade nos âmbitos sociais, ambientais e econômicos. Segundo Machado e Zacarias (2016), a gestão de risco de desastres tem a capacidade de diminuir os efeitos desses eventos. A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2017a) define que a gestão de risco de desastres é composta pelo planejamento, pela coordenação e pela execução de ações e medidas preventivas que tenham como objetivo reduzir os riscos de desastres e evitar novos riscos. Além disso, apresenta a gestão integrada em proteção e defesa civil, sendo composta pelas seguintes ações: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação.

A elaboração de estudos detalhados sobre os condicionantes e deflagradores dos movimentos de massa faz parte da gestão de risco de desastres, sendo fundamental para reduzir e evitar esses eventos e essencial para o planejamento dos

municípios em diversos âmbitos, principalmente em relação ao ordenamento do uso e ocupação do solo e às instalações de drenagem urbana referentes ao disciplinamento das águas pluviais e de instrumentos de monitoramento e alerta.

Com base nesse cenário, esse estudo teve como objetivo avaliar a gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa no município de Campos do Jordão-SP, apresentando a caracterização, o histórico e os instrumentos utilizados pelo município no processo de gestão. Além disso, esse trabalho apresenta e ressalta o uso e a importância dos Sistemas de Informações Geográficas – SIG na gestão de risco de desastres.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo principal dessa pesquisa foi avaliar as cinco etapas do processo de gestão de risco de desastres – prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação – causados por movimentos de massa no município de Campos do Jordão-SP.

Além do objetivo principal, os objetivos específicos foram:

- Sistematizar o histórico de movimentos de massa no município, e;
- Discutir sobre os principais usos do SIG nas etapas de gestão de risco de desastres.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Desastres

As Nações Unidas por meio da International Strategy for Disaster Reduction – ISDR (UN-ISDR, 2009) define desastre como:

[...] uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos.

De acordo com o EM-DAT, desastres são eventos ou situações, que superam a capacidade local, sendo necessário solicitar assistência externa, em âmbito nacional ou internacional. Além disso, desastres são considerados eventos imprevistos e muitas vezes repentinos que causam danos, destruição e sofrimento humano. Apesar de serem frequentemente causados pela natureza, os desastres podem ter origens antrópicas (EM-DAT 2016a). Para um desastre ser inserido no banco de dados do EM-DAT, ele deve se enquadrar em pelo menos um dos seguintes critérios (EM-DAT 2016b):

- 10 ou mais óbitos;
- 100 ou mais pessoas afetadas;
- Declaração de estado de emergência;
- Pedido de auxílio internacional.

No Glossário da Defesa Civil Nacional (CASTRO, 1998) desastre é tratado como sendo:

[...] resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado [...].

A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2017a) define desastres como:

[...] o resultado de eventos adversos, naturais, tecnológicos ou de origem antrópica, sobre um cenário vulnerável exposto a ameaça, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

### **3.1.1. Classificação de Desastres**

Segundo o Glossário de Defesa Civil (CASTRO, 1998) os desastres podem ser classificados de três maneiras, quanto à origem, quanto à intensidade e quanto à sua evolução. Castro (1998) coordenou a elaboração do Glossário de Defesa Civil - Estudos de Riscos e Medicina de Desastre, que teve como objetivo padronizar a nomenclatura dos termos relacionados à defesa civil.

A Política Nacional de Defesa Civil apresenta a classificação geral dos desastres quanto à origem em seu Anexo “A” e a codificação de desastres, ameaças e riscos – CODAR em seu Anexo “B”.

#### **3.1.1.1. Classificação quanto à origem**

Essa classificação está baseada no agente causador do desastre, podendo ser natural, humano (antrópico) ou misto:

##### **a) Desastres Naturais**

Os desastres naturais são aqueles decorrentes de fenômenos e desequilíbrios da natureza, que podem ser agravados ou não por ações antrópicas. Esses desastres podem ter como origem os fenômenos da dinâmica interna da Terra, como terremotos, vulcanismos, tsunamis e maremotos, ou da dinâmica externa, como inundações, escorregamentos, tempestades, dentre outros (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Os desastres naturais são responsáveis por danos e perdas no âmbito social, econômico e ambiental. A recorrência e os impactos desses desastres têm sido cada vez mais constantes e intensos (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). Os avanços tecnológicos auxiliam no processo de enfrentar esses fenômenos nas etapas de diagnóstico, prevenção, planejamento e mitigação dos desastres naturais.

De acordo com Marcelino (2008), desastres naturais são:

[...] o resultado do impacto de um fenômeno natural extremo ou intenso sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade dos afetados em conviver com o impacto.

### **b) Desastres Humanos ou Antrópicos**

Já os desastres humanos ou antrópicos têm como agente causador as ações ou omissões humanas. São exemplos desses desastres as contaminações de rios, os rompimentos de barragens, os incêndios urbanos, dentre outros (Alcântara-Ayala, 2002; Castro, 1999; Kobiyama et al., 2006; Marcelino, 2008).

### **c) Desastres Mistas**

De acordo com Castro (1998), os desastres mistos são desastres naturais, nos quais as ações ou omissões humanas contribuem intensificando, complicando e/ou agravando os desastres naturais.

#### **3.1.1.2. Classificação quanto à intensidade**

A classificação dos desastres quanto à intensidade é essencial, pois permite o planejamento da resposta e da recuperação da área afetada por determinado desastre, auxiliando no processo de coordenação das ações e dos recursos necessários nessas etapas (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). A classificação dos desastres quanto à intensidade pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos desastres quanto à intensidade

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município.
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízos entre 5% e 10% PIB municipal)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (Prejuízos entre 10% e 30% PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência - SE)
IV	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízos maiores que 30% PIB municipal)	Não é superável pelos municípios, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública - ECP)

Fonte: KOBINYAMA et al. (2006).

### 3.1.1.3. Classificação quanto à evolução

A classificação dos desastres quanto à evolução é apresentada por Castro (1998). Os desastres são categorizados em: 1) desastres súbitos ou de evolução aguda; 2) desastres graduais ou de evolução crônica, e; 3) desastres por somação de efeitos parciais.

#### a) Desastres súbitos ou de evolução aguda

Esse tipo de desastre é caracterizado pela sua subtaneidade, isto é, ocorre de maneira inesperada, pela velocidade de evolução do processo e pela violência dos eventos adversos causadores dos mesmos. Esses desastres podem ser súbitos e inesperados ou podem possuir características cíclicas e sazonais, podendo ser previsíveis.

#### b) Desastres Graduais de Evolução Crônica

Esses desastres ocorrem de maneira gradual, isto é, evoluem de forma progressiva, agravando os eventos. A seca é um desastre de caráter gradual de evolução crônica, possuindo um agravamento progressivo.

#### c) Desastres por Somação de Efeitos Parciais

Esse tipo de desastre é caracterizado pelo somatório de vultosas ocorrências de eventos ou acidentes semelhantes e seus danos somados em um período de tempo definem um desastre. São exemplos de desastres por somação de efeitos parciais, os acidentes de trânsito, os acidentes de trabalho, os acidentes com crianças no ambiente domiciliar, dentre outros.

## 3.2. Movimento de massa

Segundo Rodrigues-Carvalho (2015), os movimentos de massa são vulgarmente conhecidos como movimentos de terrenos. Ainda segundo esse autor, esses movimentos frequentemente originam desastres ou catástrofes traduzidos por perdas econômicas e humanas.

Na literatura especializada, existem várias definições para movimentos de massa. De acordo com Brasil (2014a), o movimento de massa é um processo que ocorre devido à ação da força da gravidade que atua sobre rochas e solos, essencialmente sob efeito de rupturas dos mesmos, ocasionando sua movimentação.

Rodrigues-Carvalho (2015) adota a definição de movimento de massa empregada pelo International Association of Engineering Geology and the Environment– IAEG e pelo International Union of Geological Sciences Working Group

on Landslides – IUGSWG/L. Tal definição refere-se ao movimento de uma massa de rocha, detritos ou terras no sentido da base de uma encosta, pela ação da gravidade.

O United States Geological Survey – USGS na sua publicação, The Landslide Handbook (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008), define movimentos de massa como movimentos descendentes de rochas, solos ou materiais orgânicos que ocorrem na superfície de ruptura sob os efeitos da gravidade.

Tominaga, Santoro e Amaral (2009) complementam essas definições apontando que no processo de movimento de massa, a contribuição de outro meio (água ou gelo) reduz a resistência dos materiais da vertente e/ou induz o comportamento plástico e fluido dos solos ou das massas.

### **3.2.1. Classificação dos movimentos de massa**

Movimentos de massa podem ser classificados por meio de diferentes variáveis e metodologias. Contudo, todas as classificações possuem limitações devido à complexidade dos movimentos de massa na natureza. Segundo Tominaga, Santoro e Amaral (2009), em diversas ocasiões, em um único evento há a manifestação de diversas classes.

As diferentes classificações permitem associar os tipos de movimentos de massa com diversas características. Essas características em conjunto com a compreensão dos condicionantes e dos deflagradores que influenciam os movimentos de massa possibilitam a elaboração de planos, de projetos e de medidas preventivas e corretivas (INFANTI JÚNIOR; FORNASARI FILHO, 1998).

A proposta elaborada por Varnes (1978) consiste em uma classificação simples e por isso é uma das classificações mais utilizadas internacionalmente, inclusive pelo IAEG (AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998). Ela é baseada no tipo de movimento e no tipo de material transportado, como é apresentado no Quadro 2. Segundo Rodrigues-Carvalho (2015), além do tipo de movimento e do tipo de material transportado, essa classificação, também apresenta outros termos qualificativos que permitem caracterizar o fenômeno com mais detalhes: atividade do movimento (estilo, distribuição e estado), teor em água da massa movimentada e velocidade do movimento.

Conforme pode ser observado no Quadro 2, os materiais estão divididos em rochas e solos. Os solos estão subdivididos em predominantemente grossos (detritos), caso 20 a 80% das partículas apresentem dimensões superiores a 2 mm, e

solos predominantemente finos (solo), se 80% ou mais do material apresentar dimensão inferior a 2 mm (RODRIGUES-CARVALHO, 2015).

O USGS em seu documento *Landslide Types and Processes* apresenta a classificação de Varnes (1978) e aponta que existem outros sistemas de classificação que adicionam outras variáveis, como a velocidade do movimento e a presença de água, ar ou gelo no material do movimento de massa (USGS, 2004).

Quadro 2 – Classificação dos movimentos de massa por Varnes (1978)

Tipo de movimento			Tipo de material		
			Rocha	Solo	
				Predominantemente Grosso	Predominantemente Fino
Quedas (Fall)		Queda de rocha	Queda de detritos	Queda de solo	
Tombamento (Topple)		Tombamento de rocha	Tombamento de detritos	Tombamento de solo	
Escorregamento (Slide)	Rotacional	Poucas unidades	Escorregamento em rocha	Escorregamento de detritos	Escorregamento em solo
	Translacional	Muitas unidades			
Espalhamentos (Lateral spread)			Espalhamento de rocha	Espalhamento de detritos	Espalhamento de solo
Corridas (Flow)			Corrida de rocha	Corrida de detritos	Corrida de lama
Complexo (Complex)			Combinação de dois ou mais tipos principais de movimento		

Fonte: adaptado de Varnes (1978).

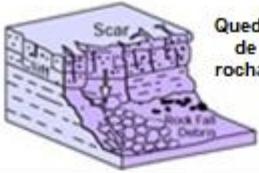
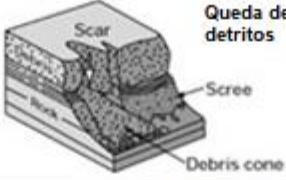
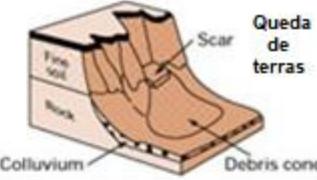
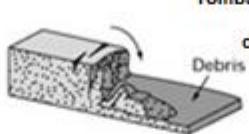
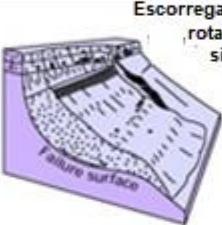
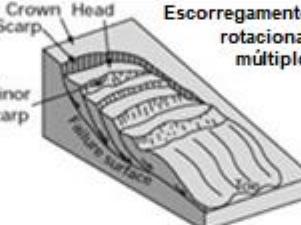
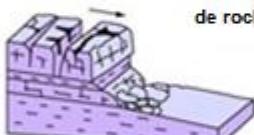
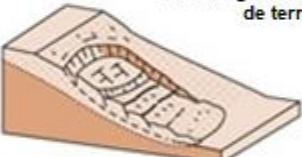
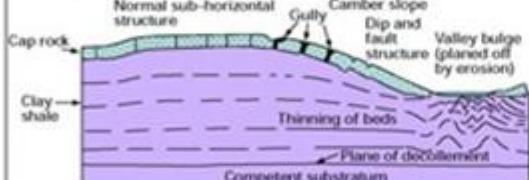
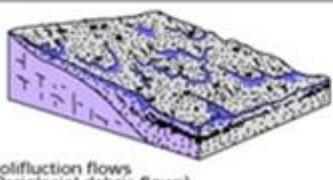
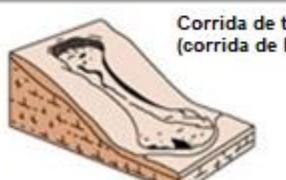
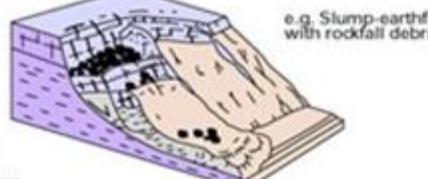
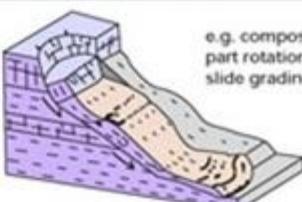
O British Geological Survey – BGS (2017) classifica os movimentos de massa com base na classificação de Varnes (1978) e Cruden e Varnes<sup>1</sup> (1996). A classificação do BGS é apresentada na Figura 1 e possui como base dois critérios:

- Tipo de movimento: quedas, tombamentos, escorregamentos, rastejos, corridas;
- Tipo de material envolvido no movimento: rochas, detritos, solo.

Rodrigues-Carvalho (2015) também adotou a classificação de Varnes (1978) e a de Cruden e Varnes (1996). De acordo com esse autor, essas classificações são as mais difundidas e são amplamente aceitas internacionalmente por parte da comunidade científica e de organizações governamentais.

<sup>1</sup> CRUDEN, D.M.; VARNES, D.J. **Landslide types and processes**. In: Turner AK, Schuster RL (eds) *Landslides investigation and mitigation*. Transportation research board, US National Research Council. Special Report 247, Washington, DC, Chapter 3, pp. 36–75, 1996.

Figura 1 – Classificação dos movimentos de massa do BGS

Material	ROCHA	DETritos	TERRA
Material	ROCHA	DETritos	TERRA
QUEDA			
TOMBAMENTO			
ESCORREGAMENTOS ROTACIONAIS			
ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS (Planar)			
EXPANSÃO LATERAL			
CORRIDAS			
COMPLEXO			

Fonte: BGS (2017).

Augusto Filho e Virgili (1998), Nogueira (2002), Tominaga, Santoro e Amaral (2009) apresentam diversas classificações dos movimentos de massa e apontam que

uma das classificações que se destaca no Brasil é a do Augusto Filho<sup>2</sup> (1992) apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação dos movimentos de massa por Augusto Filho<sup>2</sup> (1992)

Tipo de movimento	Características do movimento, material e geometria
Rastejos (Creep)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vários planos de deslocamento (internos)</li> <li>• Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas, e decrescentes com a profundidade</li> <li>• Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes</li> <li>• Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada</li> <li>• Geometria indefinida</li> </ul>
Escorregamentos (Slide)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poucos planos de deslocamento (externos)</li> <li>• Velocidades médias (m/h) a altas (m/s)</li> <li>• Pequenos a grandes volumes de material</li> <li>• Geometria e materiais variáveis</li> <li>• Planares - solos pouco espessos, solo e rochas com um plano de fraqueza</li> <li>• Circulares - solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas</li> <li>• Em cunha - Solos e rochas com dois planos de fraqueza</li> </ul>
Quedas (Falls)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem planos de deslocamento</li> <li>• Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado</li> <li>• Velocidades muito altas (vários m/s)</li> <li>• Material rochoso</li> <li>• Pequenos a médios volumes</li> <li>• Geometria variável: lascas, placas, blocos, entre outros</li> <li>• Rolamento de matacão</li> <li>• Tombamento</li> </ul>
Corridas (Flow)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação)</li> <li>• Movimento semelhante ao de um líquido viscoso</li> <li>• Desenvolvimento ao longo das drenagens</li> <li>• Velocidades médias a altas</li> <li>• Mobilização de solo, rocha, detritos e água</li> <li>• Grandes volumes de material</li> <li>• Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas</li> </ul>

Fonte: adaptado de Augusto Filho e Virgili (1998).

Hungr, Leoueil e Picarelli (2014) atualizaram a classificação de movimentos de massa de Varnes, modificando as definições dos materiais envolvidos nos movimentos, compatibilizando-as com a terminologia geológica e geotécnica de rochas e solos, e outras modificações menos relevantes. Essas alterações foram realizadas com base no avanço da ciência dos movimentos de massa. A nova versão da classificação de Varnes (Quadro 4) contém 32 tipos de movimentos de massa, cada um possui uma definição formal estabelecida pelos autores.

<sup>2</sup> AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnico voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PCRJ, v.2, p. 721-733, 1992.

Quadro 4 – Nova versão da classificação dos movimentos de massa de Vernes por Hungr, Leroueil e Picarelli (2014).

Type of movement	Rock	Soil
Fall	1. <i>Rock/ice fall</i> <sup>a</sup>	2. <i>Boulder/debris/silt fall</i> <sup>a</sup>
Topple	3. Rock block topple <sup>a</sup> 4. Rock flexural topple	5. <i>Gravel/sand/silt topple</i> <sup>a</sup>
Slide	6. Rock rotational slide 7. Rock planar slide <sup>a</sup> 8. Rock wedge slide <sup>a</sup> 9. Rock compound slide 10. Rock irregular slide <sup>a</sup>	11. <i>Clay/silt</i> rotational slide 12. <i>Clay/silt</i> planar slide 13. <i>Gravel/sand/debris</i> slide <sup>a</sup> 14. <i>Clay/silt</i> compound slide
Spread	15. Rock slope spread	16. <i>Sand/silt</i> liquefaction spread <sup>a</sup> 17. Sensitive clay spread <sup>a</sup>
Flow	18. <i>Rock/ice avalanche</i> <sup>a</sup>	19. <i>Sand/silt/debris</i> dry flow 20. <i>Sand/silt/debris</i> flowslide <sup>a</sup> 21. Sensitive clay flowslide <sup>a</sup> 22. Debris flow <sup>a</sup> 23. Mud flow <sup>a</sup> 24. Debris flood 25. Debris avalanche <sup>a</sup> 26. Earthflow 27. Peat flow
Slope deformation	28. Mountain slope deformation 29. Rock slope deformation	30. Soil slope deformation 31. Soil creep 32. Solifluction

Fonte: Hungr, Leroueil e Picarelli (2014)

São apresentados nos próximos itens a descrição dos quatro principais tipos de movimentos de massa: rastejos, escorregamentos, movimentos de blocos rochosos e corridas.

### 3.2.1.1. Rastejos

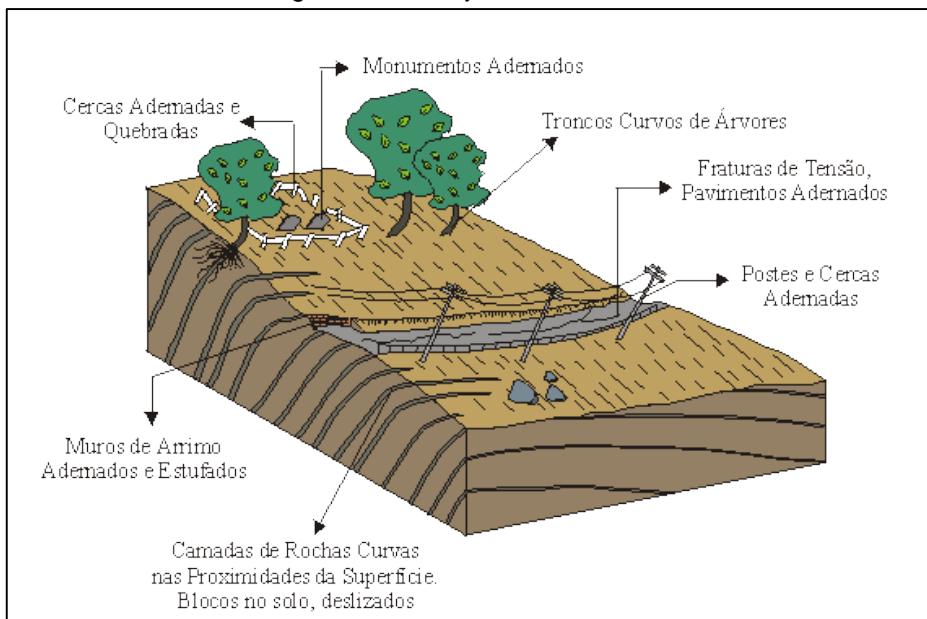
Rastejo é um tipo de movimento de massa que ocorre de forma lenta e contínua, alterando o relevo e a paisagem, não possuindo uma superfície definida de ruptura ou mesmo uma geometria marcante. Essa categoria de movimento de massa pode movimentar solos, horizontes de transição solo/rocha e rochas alteradas e fraturadas. Esse processo pode ser observado por meios indiretos, como o deslocamento de muros, os troncos curvos das árvores, pequenos abatimentos ou degraus nas encostas, como pode ser observado na Figura 2. Esse tipo de movimento pode servir como indicador para movimentos com maiores velocidades, pois pode evoluir para movimentos de massa do tipo escorregamento (INFANTI JÚNIOR; FORNASARI FILHO, 1998).

USGS (2004) descreve rastejos como um movimento imperceptivelmente lento, constante e descendente de solo ou rocha, que ocorrem devido às forças de cisalhamento que atuam produzindo deformações permanentes, contudo, não são fortes o suficiente para produzirem falhas. Os rastejos podem ser divididos em três categorias:

- a) Sazonal:** ocorrem na profundidade do solo que é afetada pelas mudanças sazonais de umidade e temperatura do solo;
- b) Contínuo:** as forças de cisalhamento excedem continuamente a resistência do material;
- c) Progressivo:** as inclinações dos rastejos estão atingindo o ponto de falha como outros tipos de movimentos de massa.

Varnes (1978) define rastejos como uma deformação que continua sob constante estresse. Algumas dessas deformações podem ser revertidas por meio da retirada do estresse, contudo a maioria das deformações não podem ser recuperadas. Ainda segundo esse autor, essa categoria de movimento de massa pode ser dividida em três estágios: primário (desaceleração), secundário (estável ou praticamente estável) e terciário (aceleração para a falha).

Figura 2 – Rastejo e seus indícios



Fonte: Reis (2001a).

### 3.2.1.2. Escorregamentos

USGS (2004) relata que, em muitos casos, os movimentos de massa são incluídos no termo geral escorregamentos (landslides). Contudo, o uso restritivo do termo escorregamento (slides) é aplicado a movimentos de massa onde há uma zona distinta de fraqueza que separa o material deslocado do material estável.

Infanti Júnior e Fornasari Filho (1998) apresentam que os escorregamentos são movimentos de massa rápidos nos quais há o deslocamento de massa de solo ou rocha. Possuem volumes definidos, no qual seu centro de gravidade se movimenta para baixo e para fora de um talude. Os mecanismos de deformação envolvidos nos escorregamentos são aumento das tensões atuantes ou queda da resistência. A ocorrência desses mecanismos de deformação em um período curto de tempo ou a combinação de ambos levam os taludes ou encostas naturais a rupturas por cisalhamento. Os escorregamentos podem ser classificados de acordo com sua geometria e com a natureza do material que instabilizam.

Varnes (1978) define que escorregamentos consistem em força de cisalhamento e deslocamento ao longo de uma ou várias superfícies visíveis ou inferidas.

Varnes (1978), USGS (2004), Rodrigues-Carvalho (2015) e Queiroz (2016) classificam os escorregamentos em duas categorias: translacionais e rotacionais. Contudo, Infanti Júnior e Fornasari Filho (1998), Castro (1998) e Tominaga, Santoro

e Amaral (2009) classificam os escorregamentos em três categorias: translacionais, rotacionais e em cunha.

São descritos a seguir as três categorias dos escorregamentos:

**a) Escorregamentos translacionais ou planares**

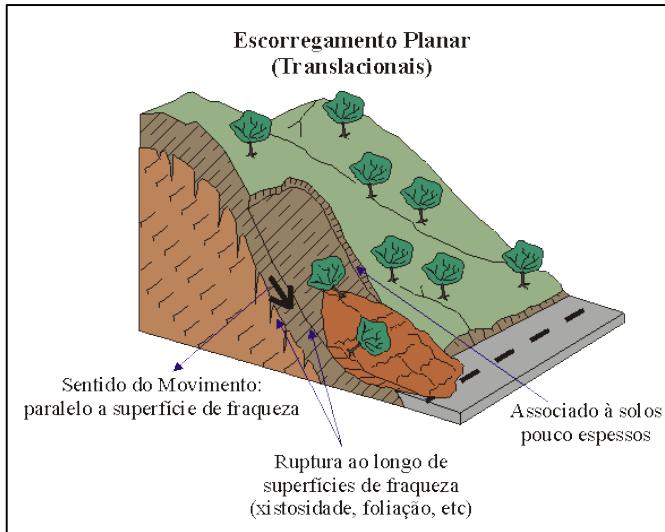
O escorregamento translacional (Figura 3) envolve solos superficiais, frequentemente atuando até o contato com a rocha subjacente (INFANTI JÚNIOR; FORNASARI FILHO, 1998). Segundo Rodrigues-Carvalho (2015), esse movimento pode ocorrer em solos, rochas ou na superfície de separação entre ambos. No caso das rochas, os escorregamentos translacionais ocorrem, de modo geral, ao longo de superfícies de anisotropia, mergulhando no sentido da encosta, mas com inclinação inferior à inclinação desta. Ainda segundo esse autor, essas superfícies podem corresponder à separação de estratos, planos de xistosidade, diaclases, falhas ou horizontes de separação entre uma camada de maciço muito alterado e a rocha menos alterada e, por isso, mais resistente.

A superfície de ruptura dos escorregamentos translacionais possui forma planar. O plano de ruptura desse movimento ocorre em profundidades que variam entre 0,5 m e 5 m. No caso dos solos, esse tipo de movimento tende a instalar-se segundo planos de fratura em solos rios, planos de separação entre diferentes camadas ou, ainda, no contato entre solos e rocha subjacente (RODRIGUES-CARVALHO, 2015). Os escorregamentos translacionais são frequentemente compridos e rasos, sendo a forma mais regular dos tipos de movimento de massa (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Varnes (1978) descreve que a massa deslocada no escorregamento translacional progride para fora ou para baixo e para fora ao longo de uma superfície planar ou levemente ondulada. Ainda segundo esse autor, os escorregamentos translacionais podem progredir indefinidamente se a superfície sobre a qual jaz for suficientemente inclinada e enquanto a resistência ao cisalhamento ao longo dela permanecer menor que a força motriz.

Estruturalmente, os escorregamentos translacionais são comumente controlados pela superfície de fraquezas, como, falhas, juntas e variações na resistência ao cisalhamento entre as camadas dos depósitos ou pelo contato entre rocha firme e os detritos sobre ela (VARNES, 1978).

Figura 3 – Escorregamento translacional ou planar



Fonte: Reis (2001b).

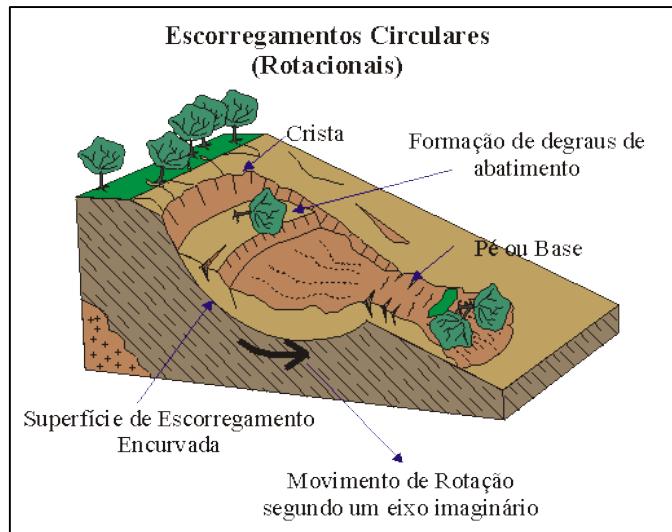
### b) Escorregamentos rotacionais ou circulares

O escorregamento rotacional (Figura 4) é caracterizado pela superfície de ruptura curva, côncava para cima, sendo frequente a ocorrência de uma série de rupturas combinadas e sucessivas. Esses eventos são favorecidos por solos espessos e homogêneos (FERNANDES; AMARAL, 1996; INFANTI JÚNIOR; FORNASARI FILHO, 1998).

Segundo Rodrigues-Carvalho (2015), os escorregamentos rotacionais ocorrem normalmente em solos homogêneos, argilosos, moles. No caso das rochas, esse tipo de movimento pode ter lugar em maciços onde um fraturamento muito intenso lhes confira comportamento relativamente homogêneo.

USGS (2004) descreve que a superfície de ruptura dos escorregamentos rotacionais é curvada de forma côncava para cima e o movimento do escorregamento é rotacional em torno do eixo paralelo à superfície e transversal através do escorregamento.

Figura 4 – Escorregamento rotacional ou circular



Fonte: Reis (2001c).

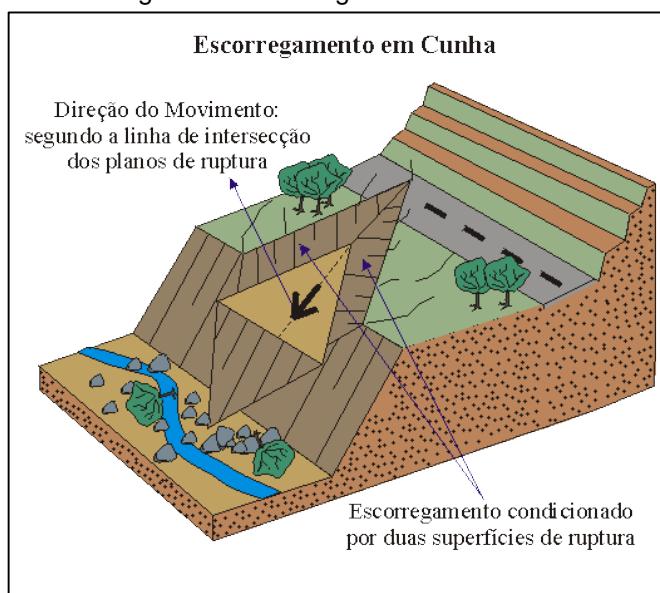
### c) Escorregamentos em cunha

Tominaga, Santoro e Amaral (2009) descrevem que os escorregamentos em cunha ocorrem mais comumente em regiões nas quais o relevo é controlado por estruturas geológicas.

De acordo com Infanti Júnior e Fornasari Filho (1998), os escorregamentos em cunha (Figura 5) estão associados a:

[...] saprolitos e maciços rochosos, nos quais a existência de duas estruturas planares, desfavoráveis à estabilidade, condicionam o deslocamento de um prisma ao longo do eixo de intersecção destes planos.

Figura 5 – Escorregamento em cunha



Fonte: Reis (2001d).

### 3.2.1.3. Movimentos de blocos rochosos

De acordo com Infant Júnior e Fornasari Filho (1998), os movimentos de blocos rochosos podem ser divididos em 4 classes:

#### a) Queda de blocos

É um movimento rápido no qual os materiais rochosos se separam dos taludes e encostas e deslocam-se em queda livre. Os materiais que sofrem esse tipo de movimento possuem diversas litologias e possuem volumes variados (INFANTI JÚNIOR; FORNASARI FILHO, 1998).

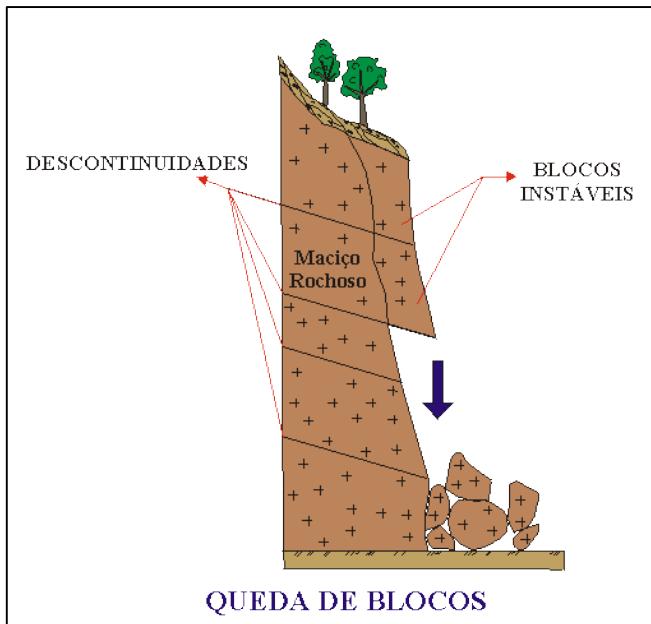
De acordo com Rodrigues-Carvalho (2015), as quedas de blocos definem-se de modo genérico como movimentos abruptos de volumes de rocha ou solo, detritos ou terras que se desprendem de encostas íngremes ou de escarpas, caindo e muito frequentemente ressaltando e rolando pelas encostas. Ainda conforme esse autor, quando se trata de blocos, os volumes de materiais envolvidos nesses movimentos se separam do maciço devido à ocorrência de diaclases, planos de estratificação ou de xistosidade.

Segundo USGS (2004) as quedas são movimentos de massa abruptos de materiais geológicos como rochas e pedregulhos que se desprendem de encostas íngremes e penhascos. Essa separação ocorre ao longo de descontinuidades como, por exemplo, fraturas, juntas e planos de descontinuidade. As quedas são influenciadas fortemente pela gravidade, pelo grau de intemperismo e pela presença de água intersticial. Highland e Bobrowsky (2008) completam essa definição apresentando que a massa que sofre a queda pode rolar pela encosta mais íngreme e continuar até atingir um terreno plano.

Varnes (1978) destaca que as quedas são movimentos muito rápidos a extremamente rápidos, que podem ou não ser precedidos de movimentos menores que levam a separação progressiva da massa e sua fonte.

A Figura 6 apresenta um esquema da queda de blocos.

Figura 6 – Queda de blocos



Fonte: Reis (2001e).

### b) Tombamento de blocos

Esse processo é caracterizado pelo movimento rotacional dos blocos rochosos. A presença de estruturas geológicas condiciona o tombamento dos blocos rochosos, como pode ser observado na Figura 7 (INFANTI JÚNIOR; FORNASARI FILHO, 1998).

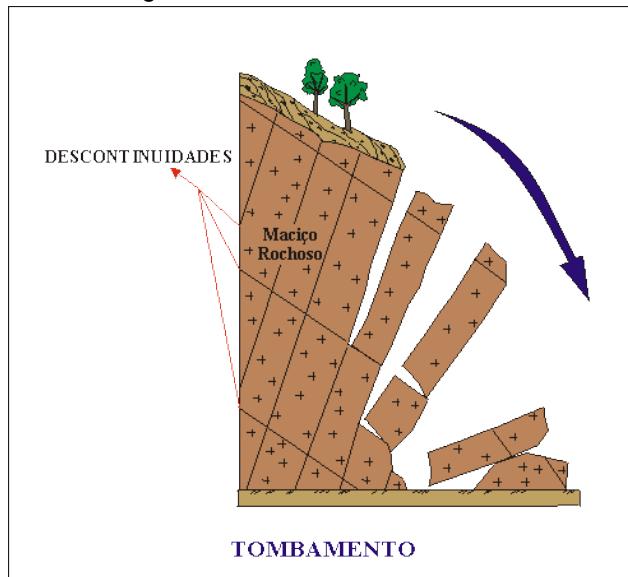
Os tombamentos, segundo Rodrigues-Carvalho (2015), consistem na rotação de uma massa ou bloco em torno de um alinhamento ou de um ponto situados na base ou abaixo do bloco, no sentido da encosta, sob ação da gravidade. Esse movimento é muitas vezes potencializado por forças exercidas por blocos adjacentes ou pela pressão exercida pela água nas fraturas.

Varnes (1978) completa essa definição apontando que os tombamentos podem culminar em quedas ou escorregamentos, dependendo da geometria da massa e da orientação e extensão da descontinuidade.

Highland e Bobrowsky (2008) apresentam que o tombamento é a rotação para frente de uma massa de solo ou rocha em torno de um ponto ou eixo abaixo do centro de gravidade da massa deslocada. Ainda segundo esses autores, algumas vezes o tombamento ocorre devido à gravidade exercida pelo peso do material, ou devido à presença de água e gelo nas rachaduras.

O tombamento pode ser simples ou múltiplo (RODRIGUES-CARVALHO, 2015). Ele é simples quando envolve apenas um bloco, e é múltiplo quando envolve mais de um bloco.

Figura 7 – Tombamento de blocos



Fonte: Reis (2001f).

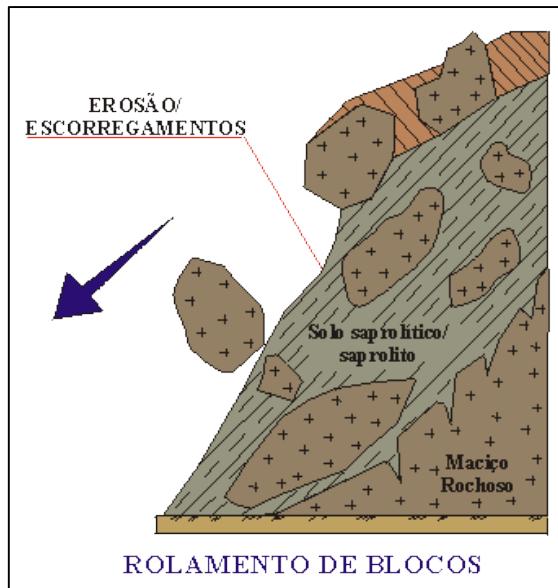
### c) Rolamento de blocos

Consiste em um movimento de blocos rochosos por uma superfície inclinada, após o mesmo perder seu apoio na matriz terrosa, alterando assim o equilíbrio estável do bloco, como pode ser observado na Figura 8 (INFANTI JÚNIOR; FORNASARI FILHO, 1998).

Reis (2001g) apresenta que o rolamento de blocos ocorre geralmente pela perda de apoio (descalçamento). Ainda segundo esse autor, o intemperismo sobre rochas ígneas ou metamórficas gera grandes blocos rochosos em superfície (matacões) ou saprolito que possui blocos rochosos envoltos em uma matriz de solo alterado. Esse processo de intemperismo geralmente acarreta em rolamentos de blocos.

Queiroz (2016) aponta que os processos erosivos causados pela água ou pelo vento, podem gerar o desconfinamento de blocos ou matacões presentes na superfície das encostas, provocando rolamentos.

Figura 8 – Rolamento de blocos

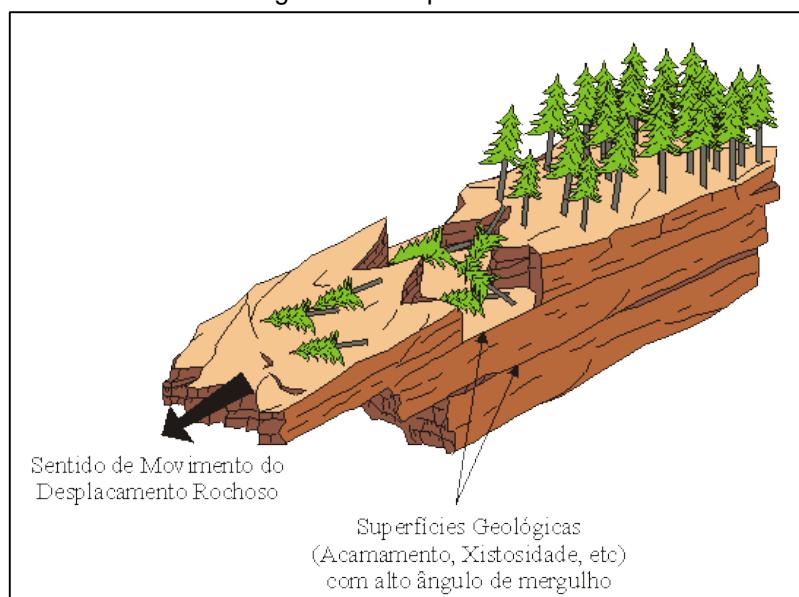


Fonte: Reis (2001g).

#### d) Desplacamento

Corresponde ao desprendimento de lascas ou placas de rocha e a movimentação desse material em queda livre ou por deslizamento. Essas placas e lascas são formadas pelas estruturas (xistosidade, acamamento, entre outros). O desprendimento ocorre devido à variação de temperatura ou por alívio de tensão (INFANTI JÚNIOR; FORNASARI FILHO, 1998). A Figura 9 apresenta um esquema do desplacamento rochoso.

Figura 9 – Desplacamento



Fonte: Reis (2001h).

### 3.2.1.4. Corridas

De acordo com Infanti Júnior e Fornasari Filho (1998), corridas são movimentos gravitacionais de massa com velocidades elevadas deslocando-se na forma de escoamento rápido, possuindo um grande potencial destrutivo devido ao volume elevado de materiais que desloca e ao seu alcance, podendo atingir alguns quilômetros.

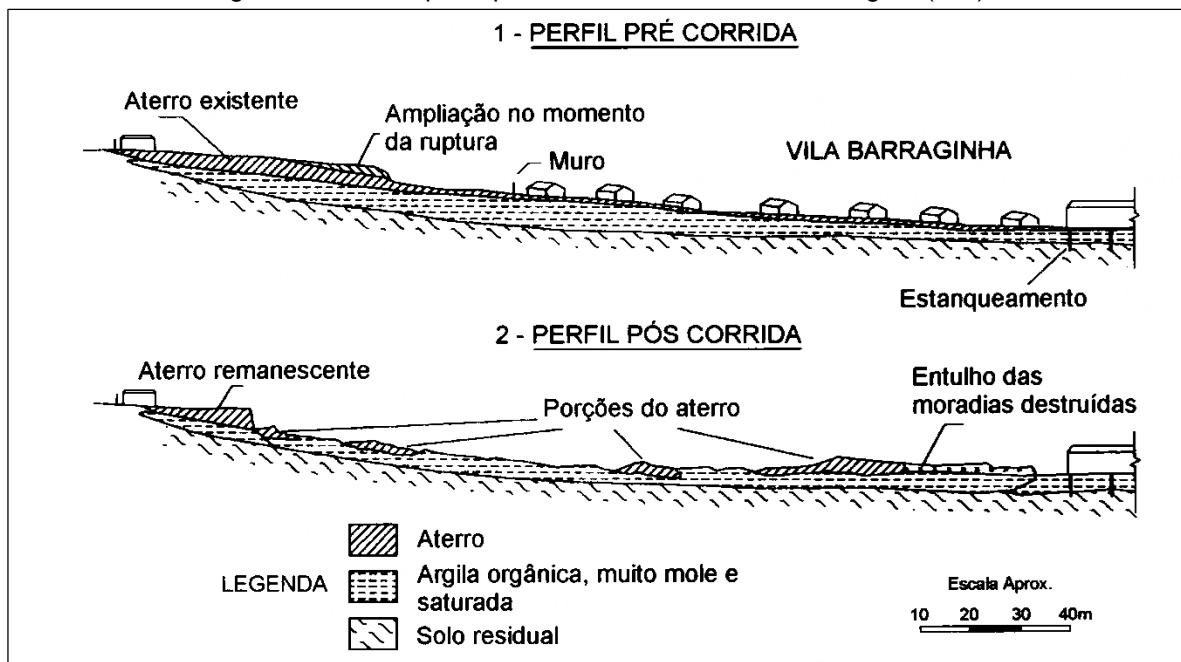
Highland e Bobrowsky (2008) e BGS (2012) descrevem corridas como um movimento contínuo, no qual as superfícies de cisalhamento são de curta duração, espaçadas e não preservadas. Ainda segundo esses autores, a velocidade desse tipo de movimento é semelhante àquelas em um líquido viscoso.

Infanti Júnior e Fornasari Filho (1998) classificam as corridas dependendo do material que mobilizam, sendo:

- a) **Corrida de lama (mud flow):** material deslocado é composto por solo com alto teor de água;
- b) **Corrida de terra (earth flow):** o material deslocado é predominantemente o solo com um teor menor de água;
- c) **Corrida de detritos (debris flow):** o material deslocado é predominantemente grosso, contendo fragmentos de rochas de vários tamanhos.

A Figura 10 apresenta um esquema do perfil pré e pós-corrida de massa no município de Contagem no estado de Minas Gerais.

Figura 10 – Perfis pré e pós-corrida de massa de Contagem (MG)



Fonte: Infanti Júnior e Fornasari Filho (1998).

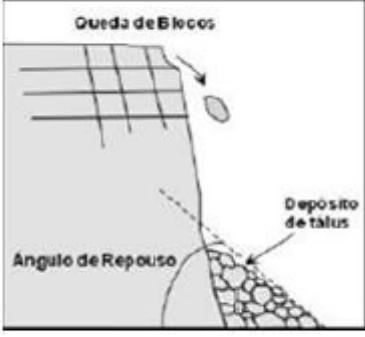
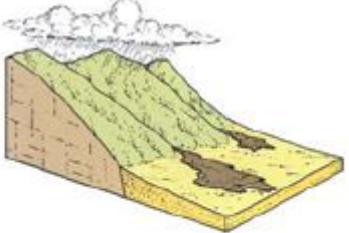
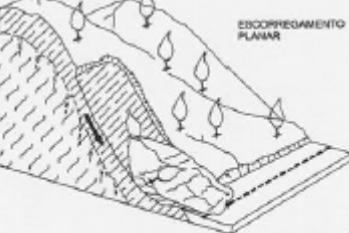
### 3.2.2. Classificação dos escorregamentos de acordo com o Instituto Geológico – IG

O IG (2014) no trabalho realizado no município de Campos do Jordão define escorregamentos (ou deslizamentos) como os “processos de movimentos de massa envolvendo materiais que recobrem as superfícies das vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação”. O IG também adota a classificação de movimentos de massa proposta por Varnes (1978), no qual os movimentos são classificados, de acordo com o IG, em duas classes de processos:

- Escorregamentos com velocidade média a alta e superfície de ruptura rasa, e;
- Escorregamentos com velocidade média a baixa e superfície de ruptura profunda.

A classificação pode ser observada na Figura 11 e Figura 12.

Figura 11 – Tipos e características dos processos de escorregamentos com velocidade média a alta e superfície de ruptura rasa

ESCORREGAMENTOS COM VELOCIDADE MÉDIA A ALTA E SUPERFÍCIE DE RUPTURA RASA	PROCESSO	CARACTERÍSTICAS	ILUSTRAÇÃO
	Quedas	<p>Sem planos de deslocamento;          Movimento. Tipo queda livre ou em plano inclinado;          Velocidade muito alta (vários m/s)          Material rochoso;          Pequenos a médios volumes;          Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. (inclui os processos de rolamento de matação e tombamento)</p>	 <p>Fonte: Lopes (2006)</p>
	Corridas	<p>Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação);          Movimento semelhante ao de um líquido viscoso;          Desenvolvimento ao longo das drenagens;          Velocidade média a alta;          Mobilização de grandes volumes de solo, rocha, detritos e água;          Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.</p>	 <p>Fonte: Lopes (2006)</p>
	Escorregamentos planares rasos	<p>Poucos planos de deslocamento (externos);          Velocidade média (m/h) a alta (m/s);          Pequenos a grandes volumes de material (superfície de ruptura situada até 3,5m de profundidade, mas depende da posição na encosta do início do escorregamento);          Materiais variáveis (solo, vegetação, material de aterro, rocha inconsolidada);          Freqüentemente deixam cicatrizes sem vegetação na encosta e depósitos irregulares na base.</p>	 <p>Fonte: Infanti Jr. &amp; Fornasari Filho (1998)</p>
	Queda de taludes marginais de canais fluviais	<p>Ocorrem ao longo dos taludes marginais de canais de rios;          Resultam do solapamento dos tabuleiros marginais de um canal pela ação erosiva da água no aprofundamento ou alargamento do canal;          Muitas vezes associados com fenômenos de enchentes e inundações.</p>	 <p>Situações de Risco          Riscos: a) ação direta das águas - A          b) solapamento das margens - S</p> <p>Fonte: Cerri &amp; Carvalho (1990)</p>

Fonte: Brasil<sup>3</sup> (2004 apud IG, 2014); Varnes (1978).

<sup>3</sup> BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Treinamento de técnicos municipais para o mapeamento e gerenciamento de áreas urbanas com risco de escorregamentos, enchentes e inundações.** Ministério das Cidades: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Apostila de treinamento, 2004. 73p.

Figura 12 – Principais tipos de escorregamentos com velocidade média a baixa e superfície de ruptura profunda

ESCORREGAMENTOS COM VELOCIDADE MÉDIA A BAIXA E SUPERFÍCIE DE RUPTURA PROFUNDA	PROCESSO	CARACTERÍSTICAS	ILUSTRAÇÃO
	Rastejo	<p>Vários planos de deslocamento (internos); Velocidades muito baixas a baixas (cm/ano) e decrescentes com a profundidade; Movimentos constantes, sazonais ou indeterminados; Materiais diversos: solo, depósitos, rocha alterada/ fraturada; Geometria indefinida.</p>	
	Escorregamentos translacionais / rotacionais profundos	<p>Movimento de uma massa relativamente intacta sobre um plano relativamente mais profundo quando comparado com os escorregamentos rasos planares; Geometria e materiais variáveis: planares (translacionais) e circulares (rotacionais); Os escorregamentos translacionais normalmente apresentam controle estrutural dado por superfícies de fraqueza como foliação, juntas e falhas; pode ocorrer mais de um plano de ruptura (forma em cunha); Frequentemente é formado pela coalescência de muitos escorregamentos menores.</p>	

Fonte: Brasil<sup>3</sup> (2004 apud IG, 2014); Varnes (1978).

### 3.2.3. Condicionantes geológicos-geotécnicos dos movimentos de massa

Os condicionantes geológicos e geotécnicos são um conjunto de informações intrínsecas ao meio físico de uma determinada área (eles se mantêm os mesmos previamente e posteriormente ao processo de movimento de massa). O condicionante é uma predisposição da área na qual ocorre o movimento de massa e não um deflagrador do mesmo, sendo, portanto, um fator principal de um evento. De acordo com Augusto Filho e Virgili (1998), é importante ressaltar que na maioria dos movimentos de massa atuam, ao mesmo tempo, mais de um condicionante.

Os principais condicionantes que atuam nos processos de movimentos de massa do tipo escorregamento podem ser divididos em 4 grupos que são: geológicos; pedológicos; geomorfológicos; vegetação. Dentre esses, Fernandes e Amaral (1996)

destacam os seguintes aspectos geológicos e geomorfológicos e suas relações com os movimentos de massa:

**Fraturas e Falhas:** são descontinuidades que possuem importância mecânica e hidráulica. As fraturas podem ser classificadas quanto a sua origem, podendo ser fraturas tectônicas ou atectônicas, quando são originadas pela atuação de processos geológicos internos ou não, respectivamente. Um exemplo de fratura atectônica é a fratura por alívio de tensão. A diminuição da pressão confinante, posteriormente ao soerguimento e/ou erosão das camadas sobrejacentes das rochas, gera a expansão da rocha em direção à superfície, originando as fraturas por alívio de tensão. As falhas são condicionantes dos movimentos de massa, pois auxiliam a atuação do intemperismo dentro do maciço rochoso ao criar um caminho preferencial. As fraturas e as falhas afetam a dinâmica do fluxo d'água, contribuem com o intemperismo e podem formar uma barreira a este fluxo.

**Foliações e bandamentos:** atuam na estabilidade das encostas, em áreas que apresentam rochas metamórficas, por meio de sua orientação, podendo condicionar os escorregamentos.

**Descontinuidades do solo:** encontram-se no solo residual que possuem feições estruturais reliquias provenientes do embasamento rochoso de origem (fraturas, falhas, bandamentos, entre outros). O intemperismo atua mais rapidamente em solos com fraturas reliquias do que em solos residuais não fraturados, pois as fraturas podem gerar planos preferenciais. As características das fraturas influenciam o tipo de movimento de massa que pode ocorrer. Por exemplo, em encostas onde as fraturas são pouco espaçadas no embasamento rochoso podem ocorrer de forma predominante os escorregamentos rotacionais. Já os escorregamentos translacionais podem ocorrer principalmente em encostas onde as fraturas foram originadas por alívio de tensão ou alterações compostionais.

**Morfologia das encostas:** tanto em perfil como em planta, a morfologia condiciona de forma direta e indireta a ocorrência de movimentos de massa. Há uma relação direta entre a declividade de uma encosta e os movimentos de massa, tendo em vista que o fator de segurança diminui conforme o ângulo de uma encosta aumenta. Contudo, os escorregamentos não ocorrem, necessariamente, nas encostas mais íngremes. O formato das encostas atua de forma indireta na geração de escorregamentos, pois pode contribuir com a criação de áreas de convergência ou de divergência de águas superficiais e subterrâneas.

**Depósitos de tálus e de colúvio:** uma das principais características dos materiais desses depósitos é a sua heterogeneidade, que tem origem na descontinuidade espacial e temporal do processo de formação desses depósitos (FERNANDES; AMARAL, 1996). Intervenções antrópicas, por meio de desmatamentos ou cortes para execução de obras civis, podem causar a instabilização destes depósitos (SANTOS<sup>4</sup>, 2004 apud CEPED UFSC, 2013a).

Para Augusto Filho e Virgili (1998), a cobertura vegetal é um condicionante no processo de instabilização das encostas. Os efeitos da cobertura vegetal sobre as encostas são apresentados por esses autores como efeitos favoráveis e desfavoráveis quanto à estabilidade das encostas.

**Efeitos favoráveis:**

- Redistribuição da água proveniente das chuvas: as copas das árvores impedem, em parte, o impacto direto da chuva na superfície do terreno e retardam e diminuem a quantidade efetiva de água que se infiltra no solo; além disso, a evapotranspiração também retira água do solo;
- Acréscimo da resistência do solo devido às raízes: as raízes da vegetação de porte arbóreo podem aumentar a resistência do solo pelo reforço mecânico e pelo escoamento (raízes pivotantes e profundas).

**Efeitos desfavoráveis:**

- Efeito alavanca: força cisalhante transferida pelos troncos das árvores ao terreno, quando suas copas são atingidas por ventos;
- Efeito cunha: pressão lateral causada pelas raízes ao penetrar em fendas, fissuras e canais do solo ou rocha;
- Sobrecarga vertical: causada pelo peso das árvores. Pode ter um efeito benéfico, ou não, na estabilidade, em vista da inclinação das encostas e das características do solo.

### 3.2.4. Deflagradores dos movimentos de massa

Os deflagradores são elementos diretamente responsáveis pelo desencadeamento dos escorregamentos, atuando no processo de instabilização de

---

<sup>4</sup> SANTOS, A. R. **A grande barreira da Serra do Mar: da trilha dos Tupiniquins à rodovia dos Imigrantes.** São Paulo: O Nome da Rosa Editora Ltda., 2004. 122p.

taludes e encostas. Para Rodrigues-Carvalho (2015), os deflagradores são os responsáveis imediatos pelos movimentos de massa. Os principais deflagradores dos escorregamentos são: pluviosidade e ação antrópica.

Augusto Filho (1995) apresenta os mecanismos pelos quais a **pluviosidade** atua na deflagração dos movimentos de massa:

- a) Alteamento do nível d'água e geração de forças de percolação;
- b) Preenchimento temporário de fendas, trincas e/ou estruturas em solos residuais e rochas (fraturas, juntas, etc.), com geração de pressões hidrostáticas;
- c) Formação de “*frentes de saturação*”, sem a elevação/formação de N.A. (solos não saturados), reduzindo a resistência dos solos pela perda de “*coesão aparente*”.

Castro (2006), aponta que é no período chuvoso, na parte final da estação, que ocorre a maioria dos casos de movimentos de massa. Augusto Filho e Virgili (1998) relacionam as características das chuvas com os diferentes tipos de movimentos de massa. As corridas são relacionadas com índices pluviométricos intensos. Os escorregamentos podem ser divididos em dois casos. O primeiro, escorregamentos em rocha, estão associados a chuvas concentradas e o segundo, escorregamentos em solo, dependem dos índices pluviométricos acumulados nos dias anteriores. Ainda conforme Castro (2006), os valores pluviométricos acumulados nos dias anteriores à ruptura são significativos nos processos de instabilização dos solos.

Sendo a precipitação um dos principais deflagradores dos movimentos de massa, é essencial que sejam estabelecidas correlações entre eles para dar suporte para a criação de sistemas de alertas (CASTRO, 2006). Entretanto, devido a outros fatores que condicionam e deflagram os movimentos de massa, como, por exemplo, tipo de material, forma e declividade da encosta, vegetação e ação antrópica, a correlação entre precipitação e movimento de massa é extremamente complexa (TEMOTEO, 1993).

Existem correlações empíricas, probabilísticas e físico-matemáticas entre os índices pluviométricos e os movimentos de massa, elaboradas por pesquisadores, que têm como objetivo antecipar os processos de escorregamentos. Isso ocorre por meio do acompanhamento dos índices pluviométricos de uma determinada região. É

importante ressaltar que as vantagens dessas correlações são a facilidade e o baixo custo ao monitorar esse parâmetro (chuva), em comparação com o monitoramento do nível d'água e o grau de saturação dos taludes e encostas. Portanto, essas correlações são um bom instrumento de baixo custo de implantação para a gestão de escorregamentos em áreas urbanas, apesar de suas limitações e imprecisões (AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998).

Silva (2006) apresenta em sua dissertação de mestrado diversas metodologias para previsão dos movimentos de massa e aponta que as metodologias apresentadas por ela que correlacionam a pluviosidade e escorregamentos e as análises de riscos utilizam dados inferidos, ou seja, não são calculados, não utilizando, portanto, correlações estatísticas. Ainda segundo a autora, os resultados obtidos por essas metodologias apresentam validade apenas regional, pois o fenômeno físico em si não é considerado.

Ide (2005) apresenta um resumo de algumas das pesquisas internacionais e nacionais da relação entre chuva e escorregamentos, Quadro 5 e Quadro 6, respectivamente.

Quadro 5 – Resumo de algumas pesquisas internacionais da relação entre chuva e escorregamento

<b>Autor e ano</b>	<b>Local</b>	<b>Característica associada a escorregamento</b>
Endo, 1970	Hokkaido	Limite de 200 mm/dia
Campbel, 1975	Los Angeles	Limite de 262 mm/evento de chuva
Nielsen et al., 1976	Alameda Country, Califórnia	Limite de 180 mm/ evento de chuva
Govi, 1976	Bacino Padano, Itália	Limite de 100 mm/3 dias
Eyles, 1979	Wellington City, Nova Zelândia	Limite de 50-90 mm/evento de chuva. Escorregamentos de grande porte com 100 mm/evento de chuva.
Brand <i>et al.</i> , 1984	Hong Kong	Limite de 100 mm/24 horas 70 mm /hora
Kay e Chen, 1995	Hong Kong	Relação: $d = (180-h)/s$ Onde d é a chuva diária (mm), h é a chuva horária (mm) e s é o coeficiente de inclinação da reta que limita as zonas de probabilidade de ocorrência de escorregamento
Finlay <i>et al.</i> , 1997	Hong Kong	Boa relação com chuva de 1 a 12 horas anteriores. Limite de 8 a 17 mm /hora
Zêzere et al., 2003	Lisboa, Portugal	Limite de 220 mm/15 dias para escorregamentos de pequeno porte/ translacionais rasos Limite de 130 mm/dia para escorregamentos múltiplos translacionais Limite de 459 mm/40 dias a 690 mm/75 dias (chuvas prolongadas) para movimentos de massa profundos

Fonte: Ide (2005)

Quadro 6 – Resumo de algumas pesquisas nacionais da relação entre chuva e escorregamento

Autor e ano	Local	Característica da precipitação associada ao escorregamento
Guidicini e Iwasa, 1977	Costa Ocidental, Brasil	Limite de 8 a 17% de pluviosidade anual. Com 20% da pluviosidade anual, desenvolvem-se fenômenos catastróficos.
Tatizana <i>et al.</i> , 1987 a	Serra do Mar, Brasil	Boa relação com precipitação acumulada de 4 dias $I (AC) = 2.603 AC^{-0.933}$ I = intensidade da precipitação, AC = precipitação acumulada de 4 dias
Elbachá <i>et al.</i> , 1992	Salvador, Bahia	Limite indicativo de 120 mm/ 4 dias
Xavier, 1996	Belo Horizonte, Minas Gerais	Limite de 30 mm/24 horas e 50 mm em 48 horas
GEO-RIO, 2000	Rio de Janeiro, Rio de Janeiro	Boa relação com chuva acumulada de 4 dias.
Alheiros, 2003	Olinda, Pernambuco	Maior chance de instabilidade de massa para $R>60.000 \text{ mm}^2$ sendo $R=P_{ac} \cdot I$ I=intensidade da chuva $P_{ac}$ =precipitação acumulada desde o início da estação chuvosa
Vieira, 2004	Blumenau, Santa Catarina	Boa relação com chuva acumulada de 3 a 4 dias, somando em torno de 50 mm.

Fonte: Ide (2005)

O IPT (RIDENTE *et al.*, 2002) em conjunto com a prefeitura de Campos do Jordão realizaram estudos que correlacionam as chuvas e os movimentos de massa. Para esse estudo, foram utilizadas informações dos três principais casos de movimentos de massa que ocorreram no município em 1972, 1991 e 2000. A correlação estabelecida teve como base o período de 3 dias antecedentes aos eventos. O estudo apontou que, na maioria dos casos, os movimentos de massa ocorreram após chuvas em sequência de no mínimo 70 mm diárias, acumulando 200 mm em três dias.

Ahrendt (2005) aponta com base nos movimentos de massa mais significativos de Campos do Jordão que a ocorrência desses episódios está relacionada a uma distribuição homogênea das chuvas no período de novembro a janeiro e posteriormente a chuvas mais intensas. Ainda segundo essa autora, esse fato corrobora a hipótese estabelecida por ela que as rupturas que levam aos movimentos de massa ocorrem devido ao umedecimento progressivo do solo.

Além da pluviosidade, outro deflagrador dos movimentos de massa é a **ação antrópica**. Augusto Filho e Virgili (1998) apresentam as principais ações antrópicas deflagradoras dos movimentos de massa:

- Remoção da cobertura vegetal;
- Lançamento e concentração de águas servidas;
- Vazamentos na rede de abastecimento, esgoto e presença de fossas;
- Execução de cortes com geometria inadequada (altura e inclinação);
- Execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação);
- Lançamento de entulho e lixo nas encostas;
- Vibrações produzidas por tráfego pesado, explosões e etc.

### 3.3. Histórico dos movimentos de massa no Brasil

No Brasil há relatos de processos de escorregamentos da época do Império (1671) nas encostas de Salvador. Augusto Filho<sup>5</sup> (1994 apud AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998), Nogueira (2002) e Rosa Filho e Cortez (2010) apresentam no Quadro 7 alguns acidentes importantes decorrentes de escorregamentos no Brasil no período de 1928 a 2005.

Quadro 7 – Alguns acidentes importantes decorrentes de escorregamentos no Brasil no período de 1928 a 2005 (continua)

Local	Data	Perdas socioeconômicas
Santos, SP (Mont Serrat)	1928	60 mortes, destruição da Santa Casa de Santos
Vale do Paraíba (RJ/MG)	Dez/1948	250 mortes, destruição de centenas de casas
Santos, SP (Mont Serrat)	1956	43 mortes, destruição de 100 casas
Rio de Janeiro, RJ	Jan/1966	100 mortes
Serra das Araras, RJ	Jan/1967	1.200 mortes, destruição de dezenas de casas, rodovias avariadas, destruição de uma usina hidrelétrica
Caraguatatuba, SP	Mar/1967	120 mortes, destruição de 400 casas
Salvador, BA	Maio/1969	15 mortes
Salvador, BA	Abr/1971	104 mortes, milhares de desabrigados
Campos do Jordão, SP	Ago/1972	Mais de 10 mortes, destruição de 60 moradias
Estância Velha, RS	Jul/1973	10 mortes
Maranguape, CE	Abr/1974	12 mortes, destruição de dezenas de casas

<sup>5</sup> AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de risco a escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha Bela, SP**. Dissertação (Mestrado). 1994.

Quadro 7 – Alguns acidentes importantes decorrentes de escorregamentos no Brasil no período de 1928 a 2005 (continuação)

Local	Data	Perdas socioeconômicas
São Gabriel, SC	Mar/1974	15 mortes
Caruru, SC	Mar/1974	25 mortes
Santos, SP	Dez/1979	13 mortes
Rio de Janeiro, RJ	Dez/1982	6 mortes
São Paulo, SP	Jun/1983	8 mortes
Rio de Janeiro, RJ	Mar/1983	5 mortes
São Leopoldo, RS	Ago/1983	6 mortes
Rio de Janeiro, RJ	Out/1983	13 mortes
Salvador, BA	Abr/1984	17 mortes
Angra dos Reis, RJ	1985	5 mortes
Arame, MA	Fev/1985	20 mortes
Rio de Janeiro, RJ	Mar/1985	23 mortes
Salvador, BA	Abr/1985	35 mortes
Vitória, ES	1985	93 mortes
Rio de Janeiro, RJ	Mar/1986	12 mortes
Lavrínhas, SP	Dez/1988	11 mortes, destruição de casas e pontes
Cubatão, SP	Jan/1988	10 mortes
Petrópolis, RJ	Fev/1988	171 mortes, 1.100 moradias interditadas, 5.000 desabrigados
Rio de Janeiro, RJ	Fev/1988	Mais de 30 mortes, destruição de dezenas de moradias
Ubatuba, SP	Fev/1988	6 mortes
São Paulo, SP	Mar/1989	6 mortes
Rio de Janeiro, RJ	Jun/1989	9 mortes
Recife, PE	Jun/1989	8 mortes
Salvador, BA	Jun/1989	Cerca de 100 mortes, destruição de dezenas de moradias
São Paulo, SP	Out/1989	14 mortes
Recife, PE	Jun/1990	5 mortes
Recife, PE	Jul/1990	Cerca de 10 mortes
Blumenau, SC	Out/1990	Cerca de 10 mortes, destruição de várias moradias, pontes e vias
São Paulo, SP	Out/1990	Cerca de 10 mortes
Teresópolis, RJ	Mar/1991	6 mortes
São José, SC	Nov/1991	5 mortes
Belo Horizonte, MG	Jan/fev/1992	Mais de 10 mortes
Petrópolis, RJ	Jan/1992	6 mortes
Rio de Janeiro, RJ	Mar/1992	7 mortes
Corumbá, MS	Mar/1992	9 mortes
Salvador, BA	Mar/1992	11 mortes
Contagem, MG	Mar/1992	36 mortes, destruição de dezenas de moradias, centenas de desabrigados
Belo Horizonte, MG	Dez/1992	5 mortes
Petrópolis, RJ	Mar/1994	6 mortes
Camaragibe, PE	Mar/1994	6 mortes
Recife, PE	Jun/1994	8 mortes
Salvador, BA	Abr/1994	10 mortes

Quadro 7 – Alguns acidentes importantes decorrentes de escorregamentos no Brasil no período de 1928 a 2005 (conclusão)

Local	Data	Perdas socioeconômicas
Rio de Janeiro, RJ	Fev/1995	5 mortes
Salvador, BA	Jun/1995	58 mortes
Rio de Janeiro, RJ	Fev/1996	59 mortes
São Paulo, SP	Dez/1996	5 mortes
Salvador, BA	Mar/1997	9 mortes
Camacã, BA	Nov/1998	5 mortes
Salvador, BA	Maio/1999	8 mortes
Campos do Jordão, SP	Jan/2000	10 mortes
Rio de Janeiro, RJ	Jan/2000	13 mortes
São Paulo, SP	Fev/2000	13 mortes
Recife, PE	Jul/2000	6 mortes
Dom Joaquim, MG	Jan/2002	5 mortes
Estado do Rio de Janeiro	Jan/2003	35 mortes
Visconde do Rio Branco, MG	Jan/2003	1 morte
Estado de São Paulo	Jan/2004	27 mortes
São Bernardo do Campo, SP	Jan/2004	3 mortes
São Bernardo do Campo, SP	Jan/2005	9 mortes
<b>Total</b>		<b>Mais de 3500 mortes</b>

Fonte: adaptado de Augusto Filho<sup>5</sup> (1994 apud AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998), de Nogueira (2002) e de Rosa Filho e Cortez (2010).

De acordo com Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED UFSC, 2013b), 699 eventos de movimentos de massa no Brasil foram registrados de maneira oficial no período de 1991 a 2012. Esses eventos concentram-se nas regiões litorâneas, com destaque para a Região Sudeste e Sul do país (Figura 13). Tal fato ocorre devido aos condicionantes geológicos-geotécnicos nessas localidades. Nessas regiões ocorre o afloramento do embasamento cristalino. As rochas metamórficas e graníticas de idade pré-cambriana do escudo Atlântico, que representam esse tipo de embasamento, formam o relevo montanhoso e escarpado da borda atlântica, em especial a Serra do Mar.

De acordo com Wolle e Carvalho<sup>6</sup> (1989 apud CEPED UFSC, 2013b), a Serra do Mar é a região onde mais ocorrem desastres vinculados a movimentos de massa, devido à susceptibilidade dessa região a esse tipo de desastre. Santos<sup>4</sup> (2004 apud CEPED UFSC, 2013b) associa esses movimentos gravitacionais de massa aos condicionantes geológicos geotécnicos, alta declividade das encostas e

<sup>6</sup> WOLLE, C. M.; CARVALHO, C. S. Deslizamentos em encostas na Serra do Mar – Brasil. **Revista Solos e Rochas**, v.12, p.27-36, 1989.

características geológicas, e aos deflagradores, elevados índices pluviométricos e ação do ser humano sobre o meio físico.

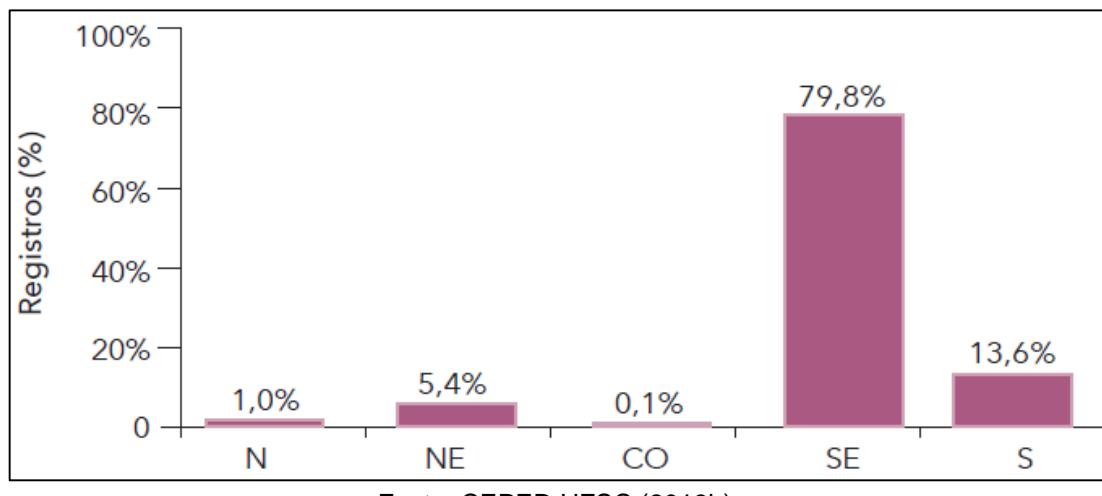
Figura 13 – Registros de movimentos de massa no Brasil no período de 1991 a 2012



Fonte: CEPED UFSC (2013b).

No período de 1991 a 2012 a Região Sudeste do Brasil apresentou o maior número de eventos relacionados a movimentos de massa, 79,8%. Na região Sul ocorreram 13,6% do total de movimentos de massa, seguido da região Nordeste (5,4%) e da região Norte (1%). A região que foi menos atingida pelos movimentos de massa foi a Centro-Oeste (0,1%) (CEPED UFSC, 2013b). A Figura 14 apresenta o gráfico contendo as porcentagens dos registros de movimentos de massa por região do Brasil no período de 1991 a 2012.

Figura 14 – Porcentagem de ocorrência de movimento de massa por região do Brasil no período de 1991 a 2012



Fonte: CEPED UFSC (2013b).

Observa-se na Tabela 1 que a Região Sudeste é a região mais atingida por movimentos de massa no Brasil e os 3 estados mais atingidos (Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro) pertencem a essa região.

Tabela 1 – Registro do número de mesorregiões, municípios e de ocorrências de movimentos de massa no Brasil no período de 1991 a 2012

Estado	Mesorregião	Municípios	Ocorrências
AC	1	1	1
AP	1	1	2
AM	1	1	1
PA	2	3	3
RO	0	0	0
RR	0	0	0
TO	0	0	0
<b>NORTE</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
AL	0	0	0
BA	3	5	8
CE	1	1	1
MA	2	2	2
PB	0	0	0
PE	3	13	26
PI	1	1	1
RN	0	0	0
SE	0	0	0
<b>NORDESTE</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>38</b>
ES	4	21	32
MG	10	140	208
RJ	6	51	153
SP	11	93	165
<b>SUDESTE</b>	<b>31</b>	<b>305</b>	<b>558</b>
GO e DF	0	0	0
MT	0	0	0
MS	1	1	1
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
PR	6	19	53
RS	2	6	6
SC	5	29	36
<b>SUL</b>	<b>13</b>	<b>54</b>	<b>95</b>
<b>NACIONAL</b>	<b>60</b>	<b>388</b>	<b>699</b>

Fonte: CEPED UFSC (2013b).

A Tabela 2 apresenta a frequência mensal dos movimentos de massa que ocorreram no Brasil no período de 1991 a 2012 por região. Observa-se que os meses com maior número de registros foram novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, com destaque para janeiro e fevereiro. Ressalta-se que no Brasil, esses meses são os mais chuvosos.

Tabela 2 – Frequência mensal dos movimentos de massa ocorridos no Brasil no período de 1991 a 2012

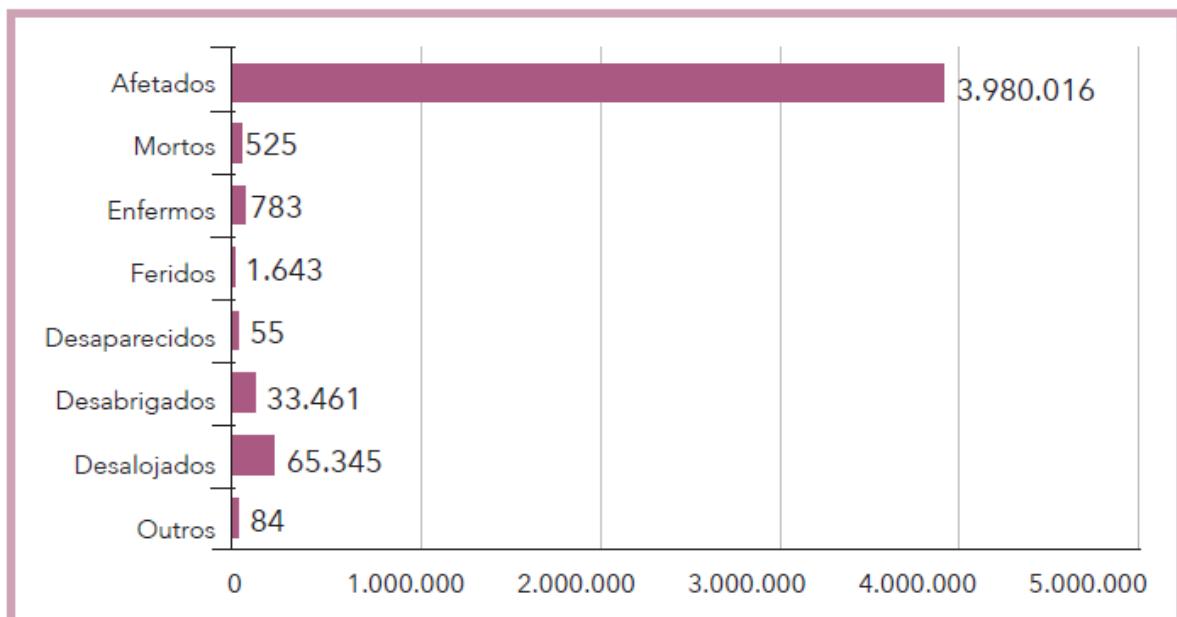
Movimento de massa	N	NE	CO	SE	S	BR
Janeiro	0	1	0	215	14	230
Fevereiro	1	4	0	95	25	125
Março	0	1	0	42	5	48
Abril	1	6	0	22	7	36
Maio	2	7	0	3	1	13
Junho	0	7	0	3	5	15
Julho	0	2	0	4	11	17
Agosto	0	3	0	5	7	15
Setembro	2	1	0	2	7	12
Outubro	0	3	0	11	8	22
Novembro	1	0	0	53	1	55
Dezembro	0	1	1	103	4	109

Fonte: CEPED UFSC (2013b).

De acordo com Tominaga, Santoro e Amaral (2009) e CEPED UFSC (2013b), um dos fatores da deflagração dos movimentos de massa na região tropical úmida brasileira são as chuvas intensas e duradouras. O encontro das frentes frias, provenientes do Círculo Polar Antártico, com as massas de ar quente tropicais, localizadas ao longo da costa sudeste do Brasil, formam essas chuvas intensas e duradouras.

No período de 1991 a 2012, os 699 registros de movimentos de massa do Brasil afetaram aproximadamente cinco milhões e meio de pessoas de alguma maneira, e causaram a morte de 535 pessoas. A Região Sudeste é a que possui maior número de pessoas afetadas seguida pela Região Nordeste e pela Região Sul (CEPED UFSC, 2013b). A Figura 15 apresenta os danos humanos causados por movimentos de massa na Região Sudeste.

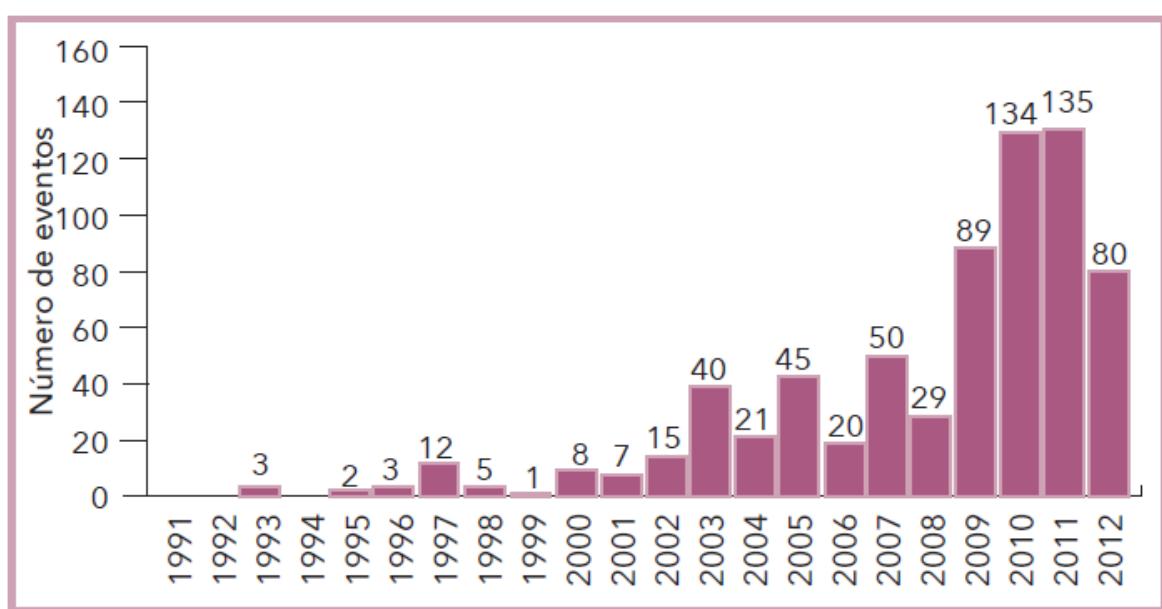
Figura 15 – Danos humanos por movimento de massa na Região Sudeste no período de 1991 a 2012



Fonte: CEPED UFSC (2013b).

A Figura 16 apresenta a frequência anual de movimentos de massa no período de 1991 a 2012 no Brasil, observa-se que há uma tendência de aumento no número de registros conforme os anos, que pode decorrer devido ao aumento do número de casos de movimentos de massa, ao aumento dos registros por parte das entidades ou governos responsáveis ou à combinação desses dois fatores.

Figura 16 – Frequência anual de movimentos de massa ocorridos no Brasil no período de 1991 a 2012



Fonte: CEPED UFSC (2013b).

O Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD, órgão da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, elaborou para os anos de 2011, 2012 e 2013 o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais que analisa os dados sobre desastres naturais no país e elabora o anuário, que contém o perfil dos desastres de cada ano.

O Anuário Brasileiro de Desastres Naturais 2013 (BRASIL, 2014a) apresenta os principais desastres ocorridos no Brasil nesse período e elabora o perfil dos desastres de acordo com cada categoria. O anuário apresenta o mapa das ocorrências de movimentos de massa (Figura 17) e um gráfico com a distribuição macrorregional desses eventos, ambos para o Brasil em 2013 (Figura 18).

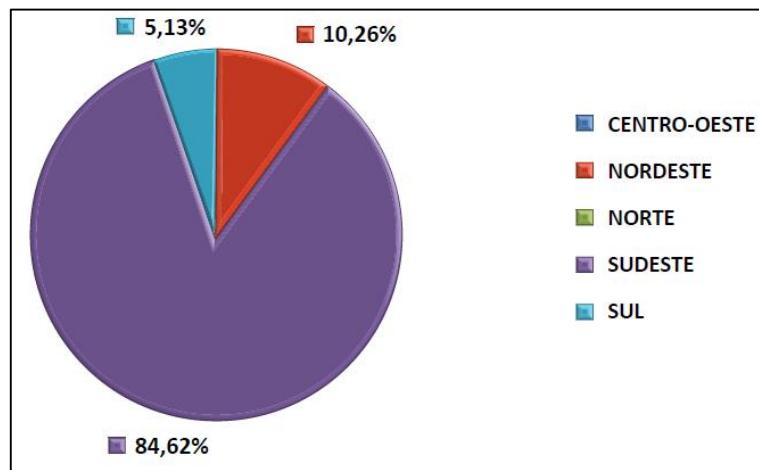
Pode-se observar que no período avaliado pelo inventário não houve registros de movimentos de massa nas regiões Centro-Oeste e Norte. Na Região Sudeste ocorreram 84,62% do total de movimentos de massa em 2013, mantendo a tendência do período de 2012, no qual 91,89% dos movimentos de massa ocorreram nessa região. Em 2013, foram registrados 40 desastres vinculados a movimentos de massa no Brasil, sendo que 22 deles ocorreram no estado de Minas Gerais (53%) e 9 no estado do Rio de Janeiro (21%). A Figura 19 apresenta o gráfico dos desastres vinculados a movimentos de massa por unidades federativas (UF).

Figura 17 – Mapa com as ocorrências de movimentos de massa no Brasil em 2013



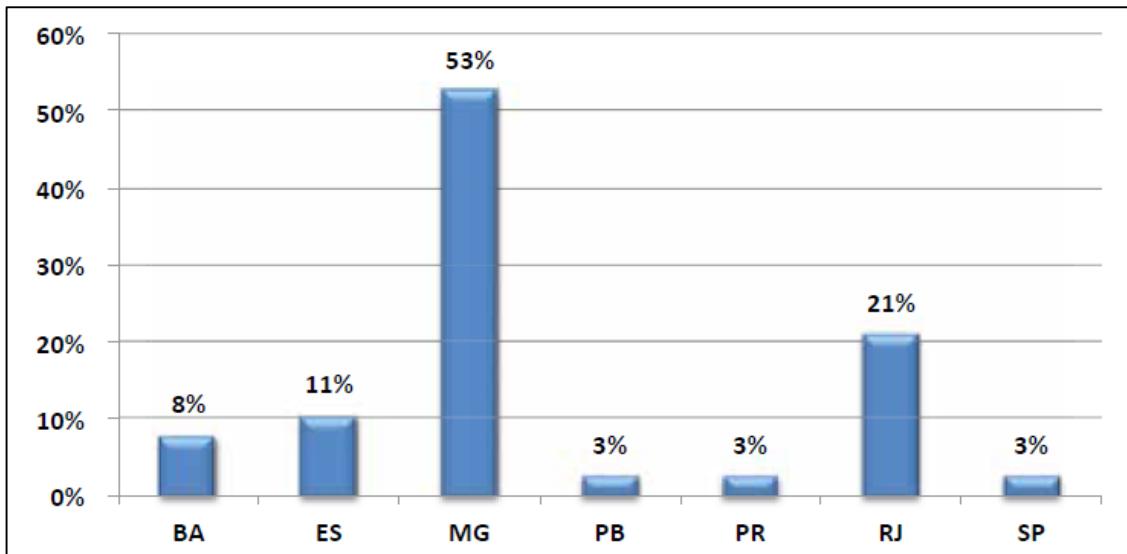
Fonte: Brasil (2014a).

Figura 18 – Distribuição macrorregional dos desastres vinculados aos movimentos de massa no Brasil em 2013



Fonte: Brasil (2014a).

Figura 19 – Distribuição por UF dos desastres vinculados aos movimentos de massa no Brasil em 2013

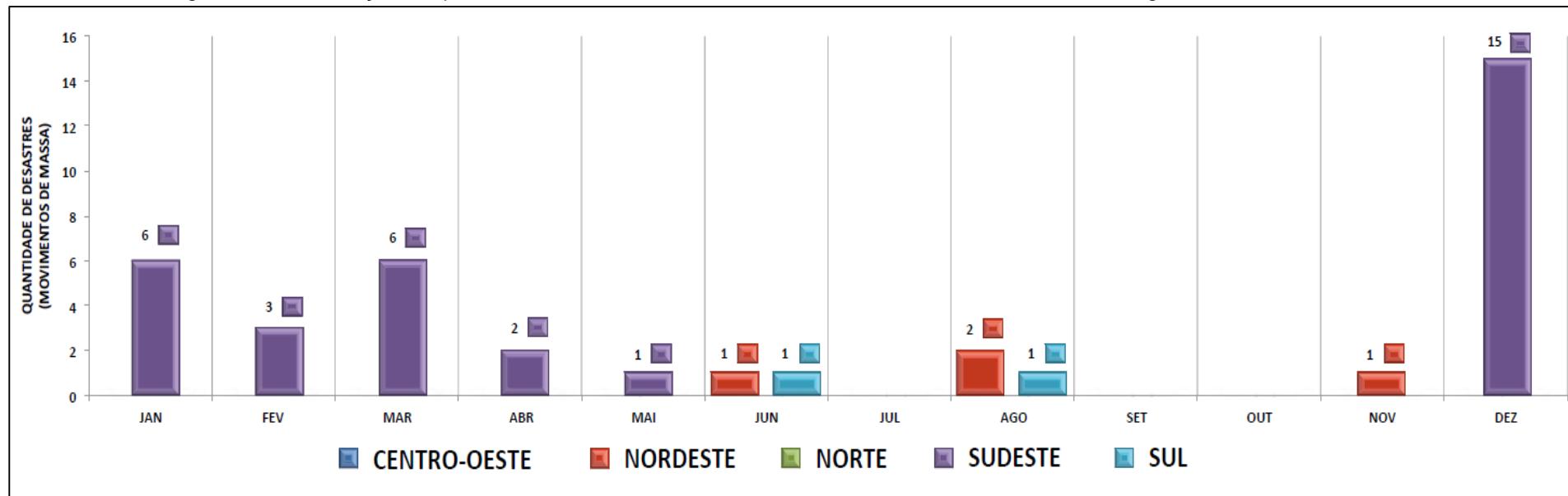


Fonte: Brasil (2014a).

Observa-se no gráfico apresentado na Figura 20 que 37,5% dos desastres relacionados aos movimentos de massa no Brasil ocorreram no mês de dezembro de 2013, seguido pelos meses janeiro, fevereiro e março.

De acordo com Brasil (2014a), os desastres vinculados a movimentos de massa que ocorreram em dezembro de 2013, localizaram-se, predominantemente, no estado de Minas Gerais. Nesse mesmo período, foram registrados valores anômalos de precipitação, na região de Minas Gerais, da ordem de 350 mm e 400 mm em áreas suscetíveis aos movimentos de massa.

Figura 20 – Distribuição temporal dos desastres vinculados aos movimentos de massa nas macrorregiões do Brasil em 2013



Fonte: Brasil (2014a).

A Região Sudeste foi a que mais sofreu danos humanos vinculados aos desastres por movimentos de massa no Brasil em 2013, representando 96,27% do total (224.659 de afetados). Essa também foi a única região que apresentou óbitos relacionados a esse tipo de desastre. A distribuição regional dos danos humanos relacionados a movimentos de massa no Brasil, no período de 2013, pode ser analisada na Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição regional dos danos humanos relacionados a movimentos de massa no Brasil em 2013

Macrorregião	Óbitos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Outros	Afetados
Centro-Oeste	0	0	0	0	0	0	0	0
Nordeste	0	55	30	4.058	1.366	0	1.032	6.541
Norte	0	0	0	0	0	0	0	0
Sudeste	41	78	58	2.663	5.453	0	216.366	224.659
Sul	0	0	0	0	24	0	2.132	2.156
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>133</b>	<b>88</b>	<b>6.721</b>	<b>6.843</b>	<b>0</b>	<b>219.530</b>	<b>233.356</b>

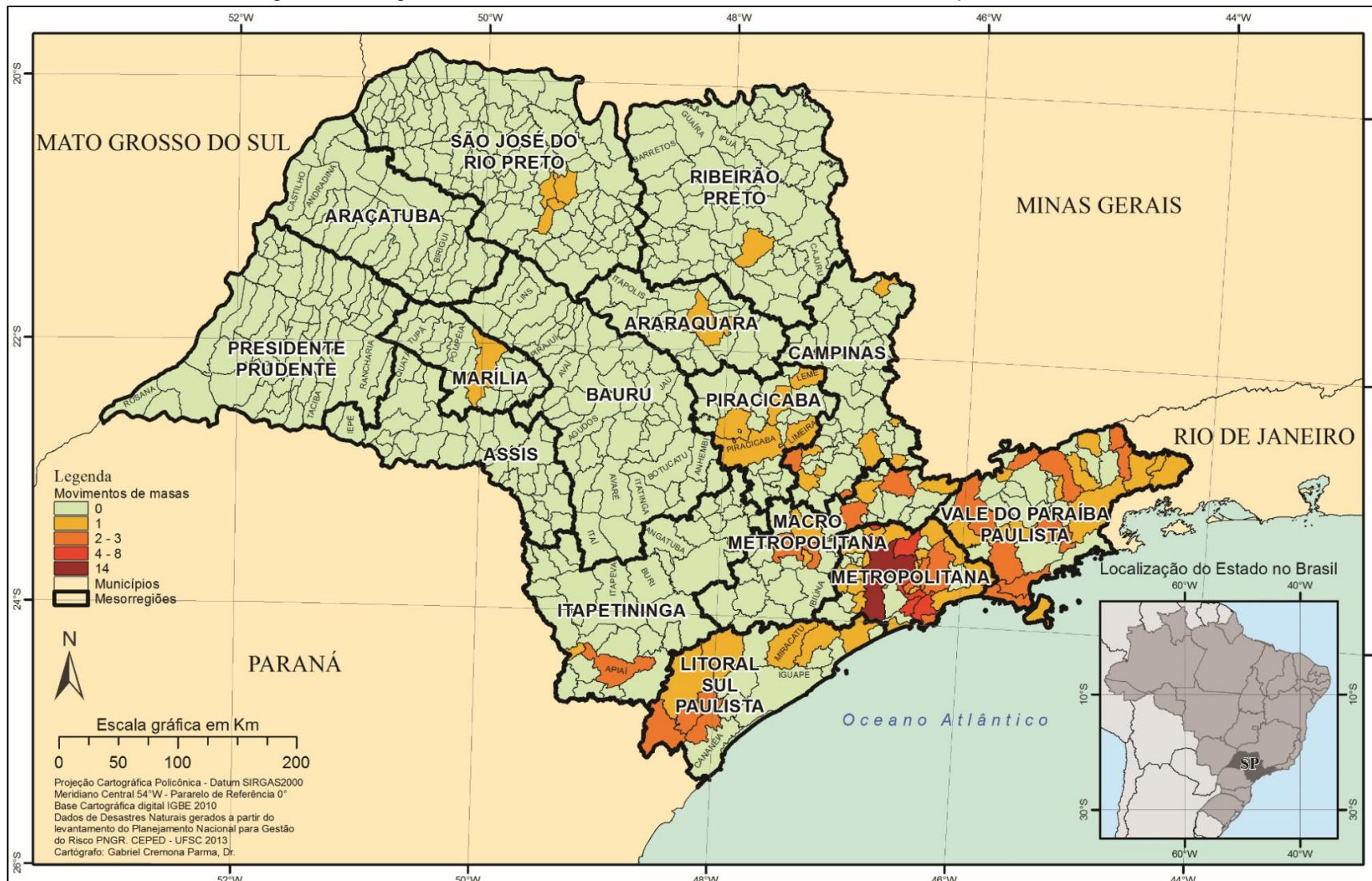
Fonte: Brasil (2014a).

### 3.3.1. Histórico dos movimentos de massa no estado de São Paulo

No período de 1991 a 2012, foram registrados oficialmente 165 movimentos de massa no estado de São Paulo, distribuídos em 93 municípios. As regiões mais afetadas por esse tipo de desastre foram regiões próximas ao litoral, como a Região Metropolitana de São Paulo, totalizando 79 registros no período estudado (Vale do Paraíba Paulista e o Litoral Sul). A distribuição espacial dos registros oficiais dos movimentos de massa no estado de São Paulo pode ser observada na Figura 21. Os municípios mais afetados foram São Paulo (14 registros), Mauá (8) e Cubatão (6). O município de Campos do Jordão apresentou 2 registros, um no ano de 2000 e outro em 2010 (CEPED UFSC, 2013a).

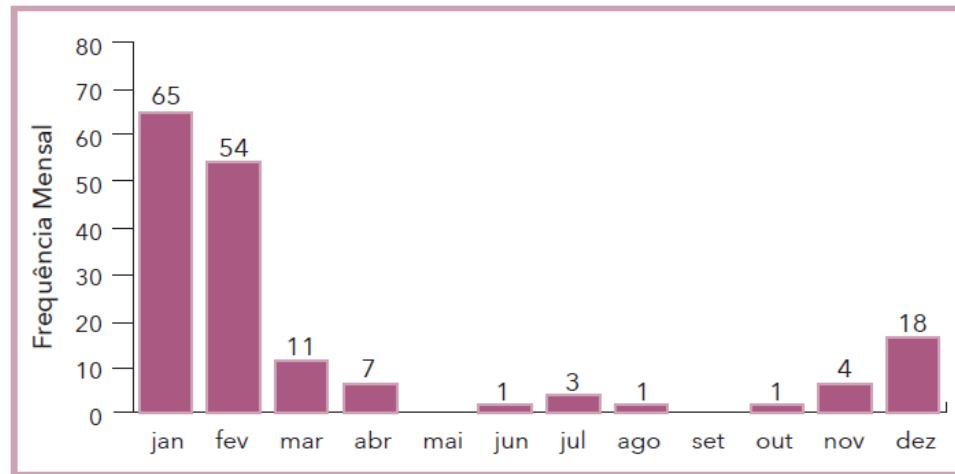
A Figura 22 apresenta a frequência mensal de movimentos de massa no estado de São Paulo no período de 1991 a 2012. Pode-se observar pelo gráfico que os maiores números de registros ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro. Esses meses correspondem aos meses com índices pluviométricos mais elevados, ou seja, com os meses mais chuvosos. Essa relação pode ser observada ao comparar a Figura 22 e a Figura 23.

Figura 21 – Registro de movimento de massa no Estado de São Paulo no período de 1991 a 2012



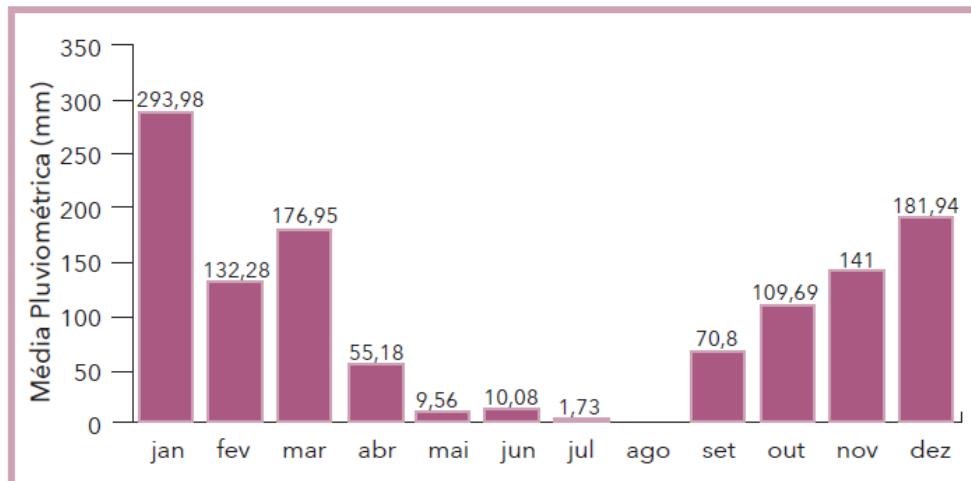
Fonte: CEPED UFSC (2013a).

Figura 22 – Frequência mensal de movimentos de massa no estado de São Paulo, no período de 1991 a 2012



Fonte: CEPED UFSC (2013a).

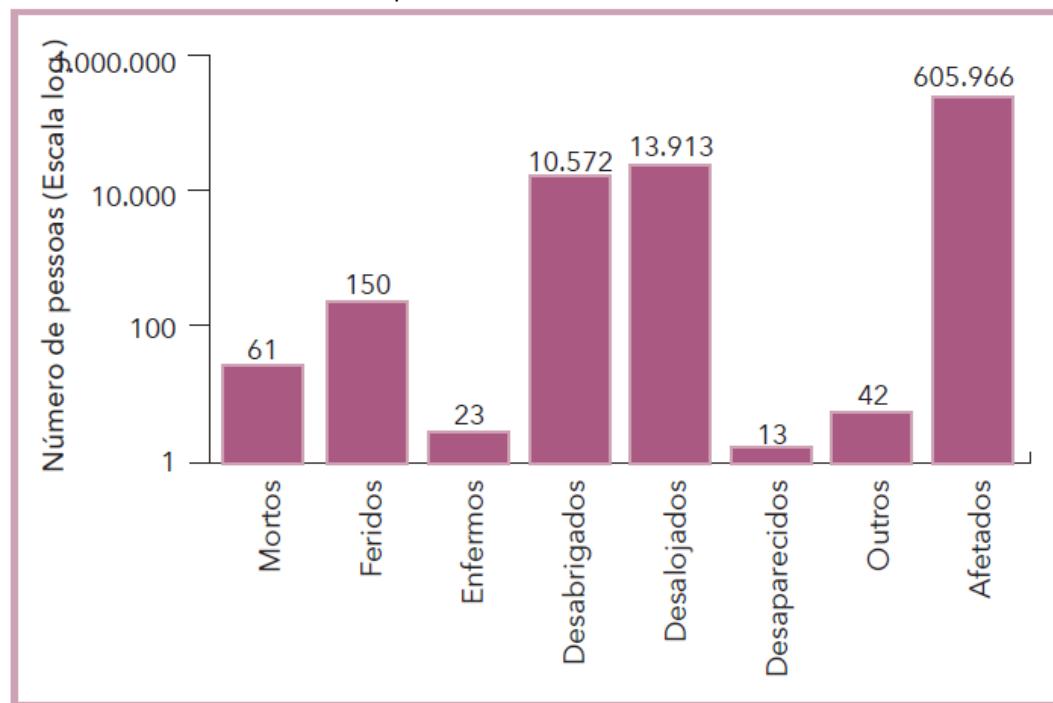
Figura 23 – Médias pluviométricas em 2010, com base nos dados das Estações Pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), no estado de São Paulo



Fonte: CEPED UFSC (2013a).

Os 165 registros oficiais de movimentos de massa no estado de São Paulo afetaram 605.966 pessoas, sendo que desse número 61 pessoas morreram, 150 foram feridas e 13.913 ficaram desalojadas. Os danos humanos ocasionados por movimentos de massa no estado de São Paulo, no período de 1991 a 2010, podem ser observados na Figura 24.

Figura 24 – Danos humanos ocasionados por movimentos de massa no estado de São Paulo, no período de 1991 a 2010



Fonte: CEPED UFSC (2013a).

O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID reúne diversos produtos da SEDEC, qualificando e dando transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas. No site do S2ID (<https://s2id.mi.gov.br/>) é possível obter informações sobre desastres por ano para cada estado do país. Os desastres são classificados de acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade).

A Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7 e a Tabela 8 apresentam os danos humanos relacionados a deslizamentos (Cobrade – 11321) no estado de São Paulo para os anos de 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017 (1º de janeiro a 10 de outubro), respectivamente.

Comparando os dados apresentados do período de 2013 a 2017, observa-se que o ano de 2013 apresentou o maior número de deslizamentos, somando 27 eventos distintos, que afetaram um total de 2.980 pessoas.

Tabela 4 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2013

Município	Óbitos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Outros	Afetados
Osasco	0	0	0	0	486	0	0	486
Pompéia	0	0	0	0	0	0	0	0
Osasco	0	0	0	0	486	0	0	486
Francisco Morato	13	1	0	0	1	0	0	15
Praia Grande	0	2	0	0	0	0	0	2
Santa Isabel	0	1	0	0	0	0	0	1
Santa Branca	0	0	0	0	0	0	0	0
São Vicente	0	1	0	0	0	0	1	2
Cubatão	1200	2	0	0	1	473	0	1676
Poá	7	1	0	0	0	0	0	8
Poá	0	0	0	0	7	0	0	7
São Pedro	0	1	0	0	0	0	0	1
Caraguatatuba	0	1	0	0	0	0	0	1
Suzano	0	1	0	0	0	0	0	1
Monteiro Lobato	0	0	0	0	0	0	0	0
Piquete	0	2	0	0	0	5	0	7
Santo Antônio do Pinhal	0	1	0	0	0	0	0	1
São Pedro	0	1	0	0	0	0	0	1
Rio Grande da Serra	9	1	0	0	0	0	0	10
São Paulo	0	1	0	0	0	0	0	1
Aparecida	5	1	0	0	0	0	0	6
São Paulo	96	1	0	0	0	0	0	97
Campos do Jordão	143	2	0	0	0	2	0	147
Santo Antônio do Pinhal	0	0	0	0	0	0	0	0
Cunha	18	1	0	0	0	0	0	19
São Bernardo do Campo	0	1	0	0	2	0	0	3
Santos	1	1	0	0	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>1.492</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>983</b>	<b>480</b>	<b>1</b>	<b>2.980</b>

Fonte: Brasil (2013).

Tabela 5 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2014

Município	Óbitos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Outros	Afetados
Apiaí	0	0	0	0	7	0	0	7
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>

Fonte: Brasil (2014b).

Tabela 6 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2015

Município	Óbitos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Outros	Afetados
Itapecerica da Serra	4	3	0	465	80	0	200	752
Taboão da Serra	0	0	0	12	20	0	0	32
Itapetininga	0	0	0	8	26	0	0	34
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>485</b>	<b>126</b>	<b>0</b>	<b>200</b>	<b>818</b>

Fonte: Brasil (2015).

Tabela 7 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2016

Município	Óbitos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Outros	Afetados
Jandira	0	0	0	0	46	0	25	71
Francisco Morato	8	3	0	21	1195	0	0	1227
Guapiara	0	0	0	20	40	0	0	60
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	<b>1281</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>1358</b>

Fonte: Brasil (2016).

Tabela 8 – Danos humanos relacionados a deslizamentos no estado de São Paulo em 2017 (1º de janeiro a 10 de outubro)

Município	Óbitos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Outros	Afetados
Campo Limpo Paulista	0	0	0	4	4	0	0	8
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>

Fonte: Brasil (2017b).

O município de Campos do Jordão localizado no estado de São Paulo é frequentemente afetado por movimentos de massa, em específico, escorregamentos. Segundo Rosa Filho e Cortez (2010), um estudo elaborado pelo IPT em 2000 apontou que Campos do Jordão era o município que mais possuía áreas de risco de desabamentos na faixa entre alto e muito alto, sendo que 7.000 pessoas e 1.500 casas estavam sujeitas a acidentes. O histórico de escorregamentos em Campos do Jordão é apresentado no item 5.2. Os movimentos de massa ocorrem em Campos do Jordão devido aos condicionantes, como o tipo de material, forma e declividade da encosta e vegetação, e aos deflagradores, precipitação e ação antrópica.

### 3.4. Gestão de Risco de Desastres

Para o estudo de gestão de riscos é necessário em primeiro lugar definir alguns conceitos fundamentais quanto a definição de acidente, evento e risco apresentado por Cerri e Amaral (1998) no Quadro 8.

Quadro 8 – Conceito dos termos acidente, evento e risco

Termo	Conceito
<b>Acidente</b>	Fato já ocorrido, onde foram registradas consequências sociais e econômicas (perdas e danos)
<b>Evento</b>	Fato já ocorrido, onde não foram registradas consequências sociais e econômicas relacionadas diretamente a ele
<b>Risco</b>	Possibilidade de ocorrência de um acidente

Fonte: (CERRI; AMARAL, 1998).

Portanto, a suscetibilidade de uma área com relação a um determinado fenômeno geológico está diretamente relacionada a possibilidade de ocorrência desse fenômeno (evento). Por outro lado, o risco está relacionado à possibilidade do fenômeno causar danos e perdas (acidente).

Deste modo:

$$S = P \quad (1)$$

Onde:

$S$  = suscetibilidade;

$P$  = possibilidade de ocorrência de um evento.

$$R = P \times C \quad (2)$$

Onde:

$R$  = risco;

$P$  = possibilidade de ocorrência de um evento;

$C$  = consequências sociais e/ou econômicas potenciais.

O IG (2014) utiliza em seu trabalho a base conceitual e a metodologia de avaliação de risco e desastre descrita por UN-ISDR (2009) e Tominaga, Santoro e Amaral (2009), que define:

- Risco ( $R$ ): é a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências negativas (UN-ISDR 2009), expresso pela fórmula:

$$R = P \times V \times D \quad (3)$$

(Risco = Perigo x Vulnerabilidade x Dano Potencial)

- Perigo ( $P$ ): fenômeno, substância, atividade humana ou condição que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, danos a propriedades, perda de bens e serviços,

distúrbios sociais e econômicos e danos ao meio ambiente. É função da suscetibilidade do terreno, do potencial de indução, do uso do solo e da probabilidade de ocorrência de evento chuvoso associado à deflagração de processos geológicos.

$$P=S*I*Ch \quad (4)$$

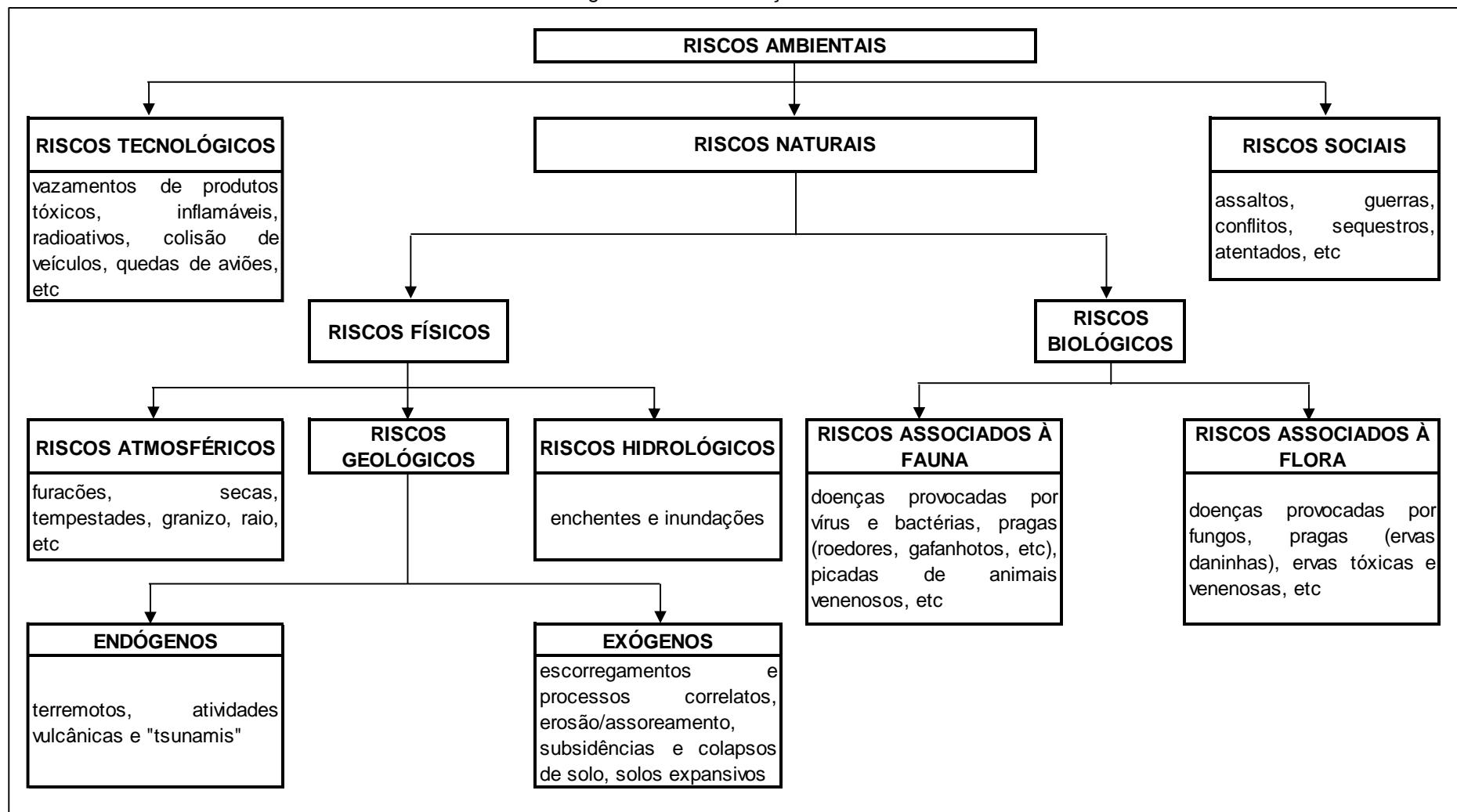
(Perigo=Suscetibilidade x Potencial de Indução x Evento Chuvoso)

- Vulnerabilidade (V): características e circunstâncias de uma comunidade, sistema ou bem que os tornam suscetíveis aos efeitos de um perigo. Compreende tanto aspectos físicos relacionados à resistência de construções e a proteção da infraestrutura, como aspectos humanos (econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais).
- Dano potencial (D): estimativa da extensão do dano resultante (grau de perda), expressa pelo número de pessoas ou pelo número de propriedades e bens em risco combinados com as respectivas vulnerabilidades e perigos específicos.

De acordo com Cerri e Amaral (1998), os riscos podem ser enquadrados como risco atual ou risco potencial. Os riscos atuais estão relacionados aos riscos instalados (ou efetivos) em áreas já ocupadas. Por outro lado, os riscos potenciais estão relacionados à possibilidade de ocorrência de processos geológicos em áreas desocupadas. Essa diferenciação auxilia no processo de gestão, pois permite atuar tanto nos riscos instalados, em áreas já ocupadas, quanto no planejamento do uso e ocupação do solo, permitindo identificar áreas com maior ou menor suscetibilidade à ocorrência de fenômenos que possam causar perdas e danos, evitando, portanto, a ocupação de áreas com maior risco.

Ademais, os riscos podem ser classificados de acordo com as situações potenciais de perdas e danos ao homem como apresentado na Figura 25.

Figura 25 – Classificação dos riscos



Fonte: adaptado de Cerri e Amaral (1998).

A gestão de riscos de desastres compreende um conjunto de ações com o objetivo de buscar soluções para os riscos de desastre, considerando os âmbitos políticos, econômicos, ambientais, culturais e sociais. De acordo com a Estratégia Internacional para a Redução de Riscos de Desastres – EIRD (2008), o objetivo dessa gestão é reduzir ou controlar permanentemente o risco de desastres na sociedade, concomitantemente com o desenvolvimento humano, econômico, ambiental e territorial sustentável, sendo, portanto, um processo complexo.

Nogueira (2002) apresenta o conceito de gestão de riscos urbanos que corresponde a uma parte da gestão do ambiente urbano. A gestão de riscos urbanos engloba “[...] o gerenciamento de riscos, as políticas públicas de habitação e desenvolvimentos urbano e de inclusão social e os mecanismos de regulação e aplicação dessas políticas”.

O gerenciamento de riscos é um “[...] conjunto de medidas de organização e operação institucional para o tratamento de situações de riscos existentes, no âmbito da competência e atribuição do órgão público que o executa” (NOGUEIRA, 2002).

De acordo com Cardona (1996):

[...] A sequência de tarefas administrativas levadas a cabo no gerenciamento de riscos corresponde ao esforço para prevenir a ocorrência, mitigar as possibilidades de perdas, preparar para as consequências, alertar sobre a presença, responder à emergência e recuperar-se dos efeitos dos desastres. Essas tarefas são executadas em três momentos: antes, durante e depois do evento.

O Quadro 9 apresenta as tarefas de gerenciamento de riscos executadas de acordo com os três momentos: antes, durante e depois do evento apresentadas por Cardona (1996).

Quadro 9 - Atividades de gerenciamento de riscos e respostas a desastres

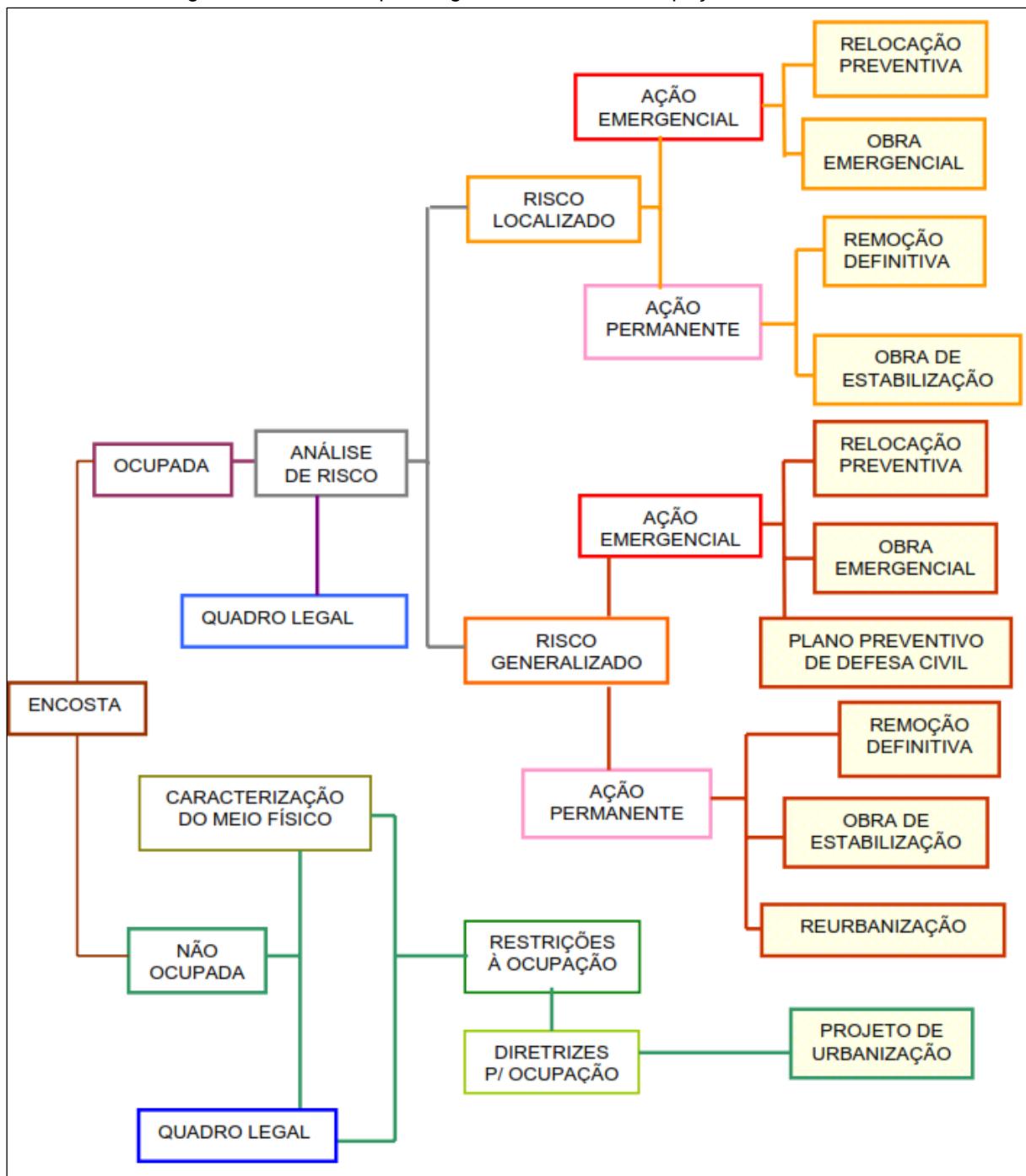
Antes do desastre	Durante o desastre	Depois do desastre
<b>Prevenção:</b> objetiva evitar que ocorra o evento		<b>Reabilitação:</b> período de transição que se inicia ao final da emergência e no qual se restabelecem os serviços vitais indispensáveis e os sistemas de abastecimento da comunidade afetada
<b>Mitigação:</b> pretende minimizar o impacto do mesmo, reconhecendo que muitas vezes não é possível evitar sua ocorrência	Atividades de resposta ao desastre: são aquelas que se desenvolvem no período de emergência ou imediatamente após de ocorrido o evento. Podem envolver ações de evacuação, busca e resgate, de assistência e alívio à população afetada e ações que se realizam durante o período em que a comunidade se encontra desorganizada e os serviços básicos de infraestrutura não funcionam.	
<b>Preparação:</b> estrutura a resposta		<b>Reconstrução:</b> caracteriza-se pelos esforços para reparar a infraestrutura danificada e restaurar o sistema de produção, revitalizar a economia, buscando alcançar ou superar o nível de desenvolvimento prévio ao desastre.

Fonte: Cardona (1996).

As atividades propostas por Cardona (1996) estão vinculadas “[...] a educação, a pesquisa, a tecnologia e o planejamento em todas as suas modalidades: física, setorial, territorial, socioeconômica, que têm por fim evitar ou reduzir os desastres e os riscos. [...]”. Para auxiliar e orientar técnicos das prefeituras, Cerri, Augusto Filho e Amenomori<sup>7</sup> (1990 apud NOGUEIRA, 2002) elaboraram um fluxograma que possui medidas para o gerenciamento da ocupação de encostas, permitindo que o problema seja enfrentado com a adoção das medidas mais adequadas. O fluxograma é apresentado na Figura 26.

<sup>7</sup> AUGUSTO FILHO, O.; CERRI, L.E.S.; AMENOMORI, C.J. Riscos geológicos: aspectos conceituais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1., 1990, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABGE, 1990. p.334-341.

Figura 26 – Medidas para o gerenciamento da ocupação de encostas



Fonte: modificado de CERRI; AUGUSTO FILHO; AMENOMORI<sup>7</sup> (1990 apud NOGUEIRA, 2002).

Nogueira (2002) apresenta uma tipologia de abordagens dominantes na gestão e no gerenciamento de riscos de escorregamentos no Brasil baseada na tipologia de

políticas de gestão e gerenciamento de áreas contaminadas elaborada por Sánchez<sup>8</sup> (2001 apud NOGUEIRA, 2002) no Quadro 10.

Quadro 10 – Tipologia de abordagens dominantes de gerenciamento (ou gestão) de riscos de escorregamentos no Brasil

Abordagem dominante	Características
<b>Negligente</b>	Manutenção de postura amplamente difundida de nada fazer e esperar que o problema se manifeste, por incapacidade de avaliar a consequência ou escassez de recursos técnicos ou financeiros para intervenções preventivas. Geralmente há superestimação ou subestimação do risco e avaliação equivocada das causas geradoras dos riscos. Postulado de que a única solução para a eliminação do risco é a eliminação das ocupações subnormais, sem alternativas intermediárias.
<b>Reativa</b>	Adoção de medidas pontuais no tempo e no espaço, acionadas por ocorrência ou por iminência de acidentes em períodos chuvosos, sem continuidade após a redução de criticidade da situação.
<b>Corretiva</b>	Execução de obras de recuperação de estabilidade de encostas e de remoção de moradias em risco iminente. Ação de defesa civil ou mesmo implantação de planos preventivos sob orientação de órgãos regionais e estaduais apenas nos períodos chuvosos.
<b>Preventiva</b>	Mapeamento e priorização de intervenções nas áreas de risco (obras, remoções e reurbanizações). Controle da ocupação. Legislação restritiva de uso do solo. Implantação de plano preventivo de defesa civil.
<b>Proativa</b>	Mapeamento e priorização de intervenções nas áreas de risco (obras, remoções, reurbanizações e programas de redução estrutural de vulnerabilidade das populações expostas a riscos). Controle e indução planejada da ocupação urbana. Integração do gerenciamento (ou gestão) de riscos à gestão ambiental urbana. Implantação de trabalho permanente com os núcleos de defesa civil.

Fonte: Adaptado de Nogueira (2002).

De acordo com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, a gestão de risco de desastre é dividida em 5 ações distintas e inter-relacionadas: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (BRASIL, 2012). A

Figura 27 apresenta a Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil.

<sup>8</sup> SÁNCHEZ, L.E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. São Paulo: EDUSP, 2001. 255p.

Figura 27 – Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil



Fonte: Brasil (2017a).

A seguir são apresentadas as cinco partes do ciclo de gestão de risco de desastres:

### 3.4.1. Prevenção

Segundo Brasil (2017a), a prevenção consiste em medidas e ações prioritárias, anteriores à ocorrência do desastre, que tenham como objetivo evitar ou reduzir novos desastres. De acordo com Castro (1999), a prevenção de desastre envolve 2 conjuntos de medidas: avaliação de riscos de desastres e redução de riscos de desastres.

A **avaliação de riscos de desastres** compreende 3 etapas:

- Estudo das ameaças de desastres;
- Estudo do grau de vulnerabilidade dos cenários dos desastres (sistemas receptores e corpos receptivos);
- Síntese conclusiva, objetivando a avaliação e a hierarquização dos riscos de desastres e a definição de áreas de maior risco.

Castro (1999) define os conceitos relacionados com a avaliação de riscos, sendo:

**Risco:** medida de danos e prejuízos potenciais, expressas em termos de:

- Probabilidade estatística de ocorrência;
- Intensidade ou grandeza das consequências possíveis.

Relação existente entre:

- A probabilidade estatística de que uma ameaça de evento adverso ou de acidente determinado se concretize com uma magnitude definida;
- O grau de vulnerabilidade do sistema receptor e seus efeitos.

**Ameaça:** estimativa de ocorrência e magnitude de um evento adverso ou acidente determinado, expressa em termos de:

- Probabilidade estatística de concretização do evento;
- Provável magnitude de sua manifestação.

**Vulnerabilidade:** condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, define os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos previstos. Relação existente entre a intensidade do dano (ID) e a magnitude da ameaça (MA), caso ela se concretize como evento adverso.

$$V = \frac{ID}{MA} \quad (\text{Equação 3})$$

Castro (1998) complementa a definição de ameaça como sendo um “[...] risco imediato de desastre; prenúncio ou indício de um evento desastroso; evento adverso provocador de desastre, quando ainda potencial [...]”.

De acordo com Castro (1999), a redução de riscos de desastres tem como objetivo:

- Minimizar a magnitude e a prevalência das ameaças de acidentes ou eventos adversos;
- Minimizar a vulnerabilidade dos cenários e das comunidades em risco aos efeitos desses eventos.

Castro (1999) apresenta que as medidas preventivas elaboradas durante o processo de avaliação de redução de risco de desastre podem ser classificadas como:

- **Medidas não estruturais:** são medidas que não englobam atividades construtivas, como o planejamento da ocupação e da utilização do espaço geográfico, o zoneamento urbano e a elaboração ou o aprimoramento da legislação sobre segurança contra desastres.
- **Medidas estruturais:** são medidas que possuem como objetivo aumentar o nível de segurança por meio de atividades construtivas. Exemplos de medidas estruturais são as obras de micro e macrodrenagem e de estabilização de taludes, de blocos de rochas e de matacões.

Para Johnson (2000) gestão de risco de desastre é dividida em cinco etapas sendo a primeira etapa o planejamento. Segundo esse autor, o planejamento consiste em atividades necessárias para analisar e documentar a possibilidade de um desastre e suas potenciais consequências e impactos sobre a vida, as propriedades e o meio ambiente.

### **3.4.2. Mitigação**

Essa etapa corresponde a medidas e atividades que tenham como objetivo reduzir ou evitar as consequências do risco de desastre (BRASIL, 2017a). Ainda segundo esse autor, são exemplos de medidas estruturais para mitigação de riscos a contenção de encostas e taludes, sistema de drenagem, bacias de detenção e retenção, proteção superficial dos taludes, dentre outros.

Para Johnson (2000), após a identificação de potenciais desastres, as ações de mitigação necessárias podem ser determinadas e priorizadas. Ainda segundo esse autor, a mitigação é baseada em atividades que podem de fato eliminar ou reduzir a probabilidade de um desastre, por meio de medidas estruturais ou não estruturais, como obras, legislação e zoneamento urbano.

### **3.4.3. Preparação**

De acordo com Castro (1999), a etapa de preparação objetiva otimizar as ações preventivas de respostas aos desastres e de recuperação e o funcionamento do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC.

Nessa fase, o governo, organizações e indivíduos desenvolvem planos para salvar vidas e minimizar os danos do desastre, como, por exemplo, compilar inventários de recursos governamentais, montar exercícios de treinamento, instalar sistemas de aviso, preparar forças predeterminadas de emergência, dentre outros

(JOHNSON, 2000; ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI, 2008).

#### **3.4.4. Resposta**

A fase de resposta consiste em atividades pós ocorrência de um desastre. Castro (1999) apresenta três atividades gerais da resposta:

- **Socorro às populações em risco**, que ocorre em três momentos:
  - Pré-impacto: intervalo de tempo que ocorre entre o prenúncio e o desenvolvimento do desastre;
  - Impacto: momento em que o evento adverso atua em sua plenitude;
  - Limitação de Danos: também chamada fase de rescaldo; corresponde à situação imediata ao impacto, quando os efeitos do evento adverso iniciam o processo de atenuação.
- **Assistência às populações afetadas** que depende das atividades de logística, assistência e de promoção de saúde.
- **Reabilitação dos cenários dos desastres** que consiste em atividades de avaliação de danos, desmontagem de estruturas danificadas, limpeza, descontaminação, desinfecção do meio, reabilitação dos serviços essenciais e etc.

#### **3.4.5. Recuperação**

A recuperação tem como objetivo geral implementar atividades necessárias para retornar os sistemas ao normal ou, inclusive, melhorá-los (JOHNSON, 2000). Segundo Castro (1999), a reconstrução objetiva restabelecer os serviços públicos essenciais, a economia da área, o bem-estar da população e o moral social.

A reconstrução para Castro (1999) se confunde com a prevenção, pois, a reconstrução tem como finalidade recuperar os ecossistemas, reduzir as vulnerabilidades dos cenários e das comunidades a futuros desastres, racionalizar o uso do solo e do espaço geográfico, relocar populações em áreas de menor risco, modernizar as instalações e reforçar as estruturas e as fundações e recuperar a infraestrutura urbana e rural.

Johnson (2000) e ESRI (2008) dividem a fase de recuperação em curto prazo e longo prazo. No período de curto prazo são realizadas atividades para restabelecer condições essenciais a vida como limpeza, abrigos temporários e acesso a comida e

água. Já a longo prazo, o objetivo é retornar a vida às condições normais ou melhoradas, por meio de atividades como, assistência legal e planejamento urbano, que podem se estender por anos pós desastre.

### 3.5. Sistemas de Informações Geográficas – SIG

Segundo Moreira (2007), o geoprocessamento pode ser definido como:

[...] a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de objetos ou fenômenos geograficamente ou extrair informações desses objetos e fenômenos, quando eles são observados por um sistema sensor.

Os SIGs são o conjunto de ferramentas utilizadas para realizar o geoprocessamento (MOREIRA, 2007). Augusto Filho (2015) complementa essa definição apontando que os SIGs são ferramentas computacionais que auxiliam nos processos de gerenciamento e análise de informações.

Antenucci et al. (1991) apresenta a definição de SIG dada pelo Comitê Federal de Coordenação Interagências dos Estados Unidos:

[...] sistema de hardware, software e procedimentos, projetado para apoiar a captura, gerenciamento, manipulação, análise e apresentação de dados, referenciados espacialmente, para solução de problemas complexos de planejamento e gerenciamento.

Cowen (1988) define que SIG é “um sistema que garante decisões envolvendo a integração de dados referenciados espacialmente em um ambiente físico”.

Silva (2003) elabora uma definição mais completa de SIG com base nas definições de diversos autores:

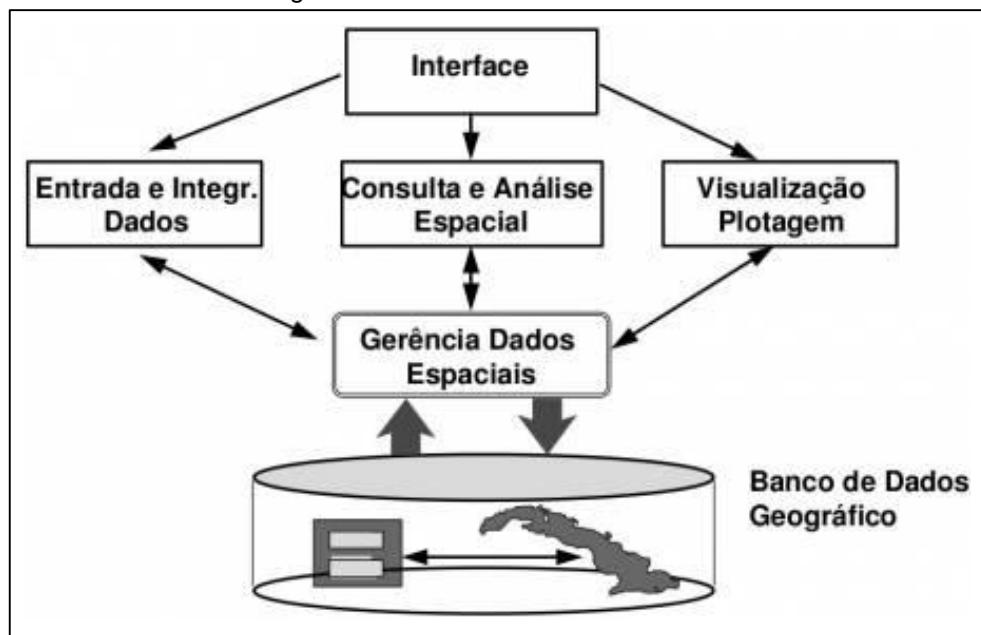
Os SIGs necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrada, estes dados precisam estar georreferenciados e com controle de erro; devem conter funções de análises destes dados que variem de álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão, etc.) até algébrica não cumulativa (operações lógicas).

Segundo Câmara<sup>9</sup> (1993 apud CELESTINO; DINIZ, 1998), o SIG tem três principais funções:

- Integrar informações espaciais de dados cartográficos, censitários e de cadastramento, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno, numa única base de dados;
- Cruzar informações por meio de algoritmos de manipulação para gerar mapeamentos derivados, e;
- Consultar; recuperar, visualizar e permitir saídas gráficas para o conteúdo da base de dados geocodificados.

Moreira (2007) descreve que o SIG é composto por cinco componentes independentes e interligados: interface, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem e banco de dados geográficos. A estrutura geral do SIG pode ser observada na Figura 28.

Figura 28 – Estrutura Geral de um SIG



Fonte: Câmara e Queiroz (2004).

A interface consiste em um conjunto de funções que atuam dando suporte a entrada e integração de dados (CÂMARA et al., 1996). Segundo Moreira (2007), a entrada é caracterizada pela aquisição de dados espaciais provenientes de diversas

<sup>9</sup> CÂMARA, G. Anatomia de um SIG. **FatorGIS**, v.1, n.4, p. 11-15, 1993.

fontes como, por exemplo, mapas, fotografia aéreas, imagens de satélites, dados de campo, dados digitalizados, dentre outros. Ainda segundo esse autor, a integração dos dados possui duas principais funções: conversão de formato e identificação do local do objeto nos dados originais. A consulta e análise de dados permite que a manipulação de dados e geração de novas informações por meio de softwares de tratamento de dados e algoritmos que realizam operações de pré-processamento, classificação e pós-tratamento (MOREIRA, 2007).

A visualização e plotagem consiste em ferramentas que permitem a visualização e plotagem dos dados, como, por exemplo, monitores, impressoras e *plotters* (MOREIRA, 2007). Os bancos de dados geográficos consistem em um conjunto de arquivos estruturados, que possuem uma referência geográfica em termos de pares de coordenadas geográficas. Os dados são armazenados nesse banco de dados por meio de duas classes de representação ou estruturas: matricial e vetorial (MOREIRA, 2007).

Os SIGs possuem diversas aplicações em todas as áreas do conhecimento (AUGUSTO FILHO, 2015). Exemplos de aplicações de SIG são:

- Geomarketing: mapeamento de clientes potenciais, análise espacial da demanda;
- Saúde pública: estudos epidemiológicos;
- Segurança pública: aspectos logísticos, mapeamento de crimes, planejamento de operações;
- Urbano: gestão de equipamentos urbanos, ações sociais, uso e ocupação do solo, gestão da infraestrutura viária;
- Gestão ambiental: mapeamento da situação das Áreas de Preservação Permanente – APPs, análise de riscos ambientais, zoneamento ecológico-econômico.

Para Johnson (2000) todas as etapas da gestão de risco de desastre necessitam de informações de diferentes fontes, que devem ser reunidas, organizadas e exibidas de forma lógica, para que seja possível determinar o tamanho e o escopo dos programas e das ações de gestão de riscos de desastre. Ainda segundo esse autor, durante um episódio de desastre é essencial que se tenha os

dados adequados, disponíveis e exibidos de forma lógica para o processo de resposta e tomada de decisões. O SIG providencia um mecanismo no qual é possível centralizar, manipular e visualizar informações para a gestão de risco de desastre.

Abbas et al. (2009) apontam que o SIG pode ser usado para promover a integração administrativa e o suporte na tomada de decisão na operação de resposta à desastre durante e após o evento.

Johnson (2000) e ESRI (2008) apresentam diversos usos do SIG para cada etapa da gestão de risco de desastre, apresentados a seguir:

- Prevenção

O SIG possibilita mapear e analisar todos os tipos de riscos e visualizar seus potenciais impactos que integrado com outras informações como, por exemplo, infraestrutura, população, topografia, dentre outros, permite a compreensão e a modelagem dos riscos de desastres e de seus impactos. Esse processo de prevenção é essencial para as outras etapas da gestão de risco de desastre, pois conhecendo potenciais consequências dos desastres é possível formular sobre as ações necessárias de mitigação, preparação, resposta e recuperação. O SIG auxilia e potencializa o planejamento nos processos de:

- Identificar e mapear os desastres;
- Identificar, modelar e mapear os impactos e as áreas afetadas pelos desastres.

- Mitigação

A base de dados do SIG e os produtos elaborados na etapa de prevenção permitem a tomada de decisão quanto às ações e medidas necessárias para a mitigação dos desastres, pois foram identificadas as áreas que serão afetadas pelo desastre, assim como seus impactos.

- Preparação

Na etapa de preparação, o SIG pode auxiliar por meio das seguintes ações:

- Seleção de locais para abrigos, considerando a localização e a extensão dos desastres;

- Seleção e modelação de rotas e evacuação, considerando o horário do dia e a capacidade das vias versus população, direção do fluxo, dentre outros;
- Identificação e mapeamento das instalações chaves, como hospitais e suporte de alimentos, água, equipamentos, dentre outros;
- Treinamento e exercícios de teste de preparação, por meio da identificação da localização e impactos do desastre e da modelagem do desastre;
- Fornecimento de um sistema de comando e controle de informações que permite o entendimento da situação e que oferece suporte para o gerenciamento de desastres.

- Resposta

O SIG auxilia nessa etapa por meio das seguintes atuações:

- Providenciando avisos e notificações sobre os desastres, baseadas na localização e nas áreas afetadas;
- Determinação de abrigos e da melhor rota de acesso;
- Manutenção da operação dos abrigos por meio do inventário de suprimentos, capacidade dos abrigos, dentre outros;
- Identificação dos locais e das capacidades dos recursos de segurança pública;
- Compartilhamento de informação e status com as agências regionais, estaduais e federais;
- Auxiliando na gestão de operação e de pessoas, providenciando recursos necessários;
- Manutenção do status e do progresso do desastre;
- Auxiliando na avaliação de danos;
- Elaboração de mapas e relatórios.

- Recuperação

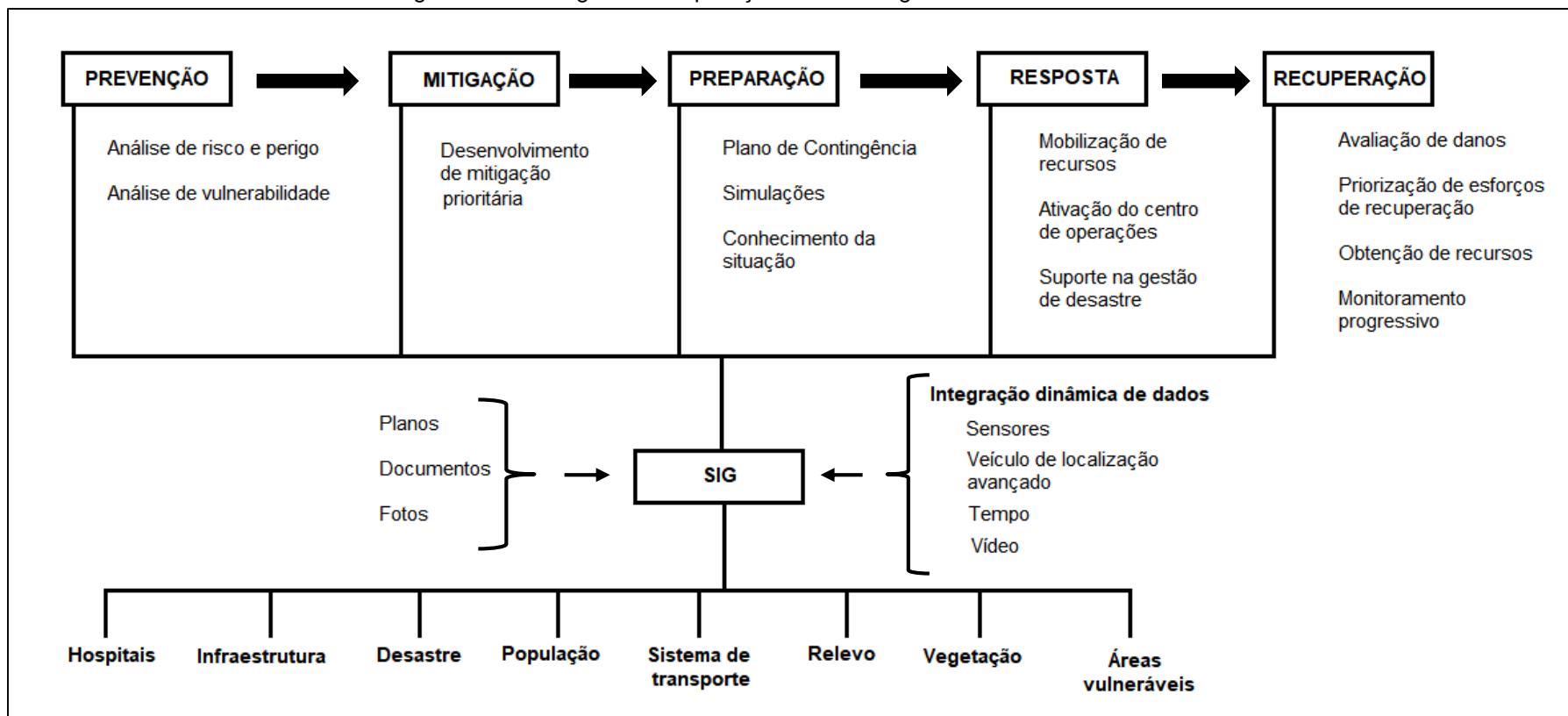
O SIG auxilia tanto na recuperação de curto e longo prazo, pois auxilia nas seguintes questões:

- Identificação de danos;

- Identificação de áreas prioritárias para recuperação;
- Identificação e localização de suprimentos necessários para a reconstrução;
- Identificação das melhores locações para assistência pública;
- Identificação de rotas alternativas para a continuidade da operação;
- Monitoramento progressivo das áreas de reconstrução;
- Publicação de mapas para compartilhamento de informações para a sociedade e para as organizações governamentais.

A Figura 29 apresenta o fluxograma da aplicação do SIG nas cinco etapas da gestão de risco de desastres.

Figura 29 – Fluxograma da aplicação do SIG na gestão de risco de desastres



Fonte: adaptado de ESRI (2008).

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Como estudo de caso, optou-se por avaliar a gestão dos movimentos de massa do município de Campos do Jordão (SP), pois esse tipo de desastre afeta cotidianamente o município causando danos sociais, ambientais e econômicos, como pode ser constatado pelo histórico de movimentos de massa do município.

Esse estudo foi realizado com base em informações disponibilizadas por órgãos públicos municipais, estaduais e federais. Para acesso e utilização de algumas informações, foi solicitado à Prefeitura da Estância de Campos do Jordão autorização para o uso dessas informações nesse trabalho. O pedido e a concessão da autorização são apresentados no Anexo 1.

Ademais, foi elaborado um questionário encaminhado para o Secretário Municipal de Informação e Defesa do Cidadão de Campos do Jordão, Wander Firmino Vieira, contendo as seguintes perguntas:

1. O município possui Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC? Se sim, de qual ano? É possível disponibilizá-lo?
2. Existe algum documento que apresenta ações de preparação a desastres, que tem como objetivo salvar vidas e minimizar os danos do desastre como, por exemplo, compilar inventários de recursos governamentais, montar exercícios de treinamento, instalar sistemas de aviso, preparar forças predeterminadas de emergência, dentre outros? Se sim, é possível disponibilizá-lo?
3. Existe algum documento que apresenta atividades pós ocorrência de um desastre, como socorro à população em risco, assistência à população afetada e reabilitação das áreas atingidas? Se sim, é possível disponibilizá-lo?
4. Existe algum documento que apresenta atividades de recuperação das áreas atingidas por desastre? Se sim, é possível disponibilizá-lo?
5. A defesa civil ou o município possui um sistema de geoprocessamento integrado, que contém um banco de dados com informações físicas, socioeconômicas, e das áreas de risco do município? Se sim, esse sistema é utilizado pela defesa civil, pelo município e pela população?

Campos do Jordão foi caracterizado de acordo com aspectos ambientais e sociais, para isso foram apresentados dados de localização, demográficos, hidrográficos, climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de vegetação, de uso e ocupação do solo e de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa.

Foram elaborados mapas utilizando o software gratuito QGIS 2.18 Las Palmas, com o objetivo de auxiliarem na caracterização da área de estudo. Para a elaboração desses mapas foram utilizados *shapefiles* disponibilizados por:

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE:
  - Setor Censitário (2010);
  - Malhas digitais do Estado de Minas Gerais (2015);
  - Malhas digitais do Estado de São Paulo (2015);
  - Malhas digitais dos municípios (2015);
  - Mesorregião do Estado de São Paulo (2015);
  - Microrregião do Estado de São Paulo (2015).
- GEOFABRIK:
  - Sistema viário do Brasil (2017).
- Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – IGC-SP:
  - Limites das 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo (2011).
- Prefeitura municipal de Campos do Jordão:
  - Cursos d’água (2017);
  - Uso e ocupação do solo (2017).
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM:
  - Mapa Geológico do Estado de São Paulo (2006);
  - Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações – Município de Campos do Jordão-SP (2014).
- Instituto Agronômico de Campinas – IAC:
  - Mapa pedológico do Estado de São Paulo (1999).
- Instituto Florestal – IF:
  - Inventário Florestal (2010).
- Fundação florestal:
  - Unidades de Conservação Estaduais - Proteção Integral (2016);
  - Unidades de Conservação Estaduais - Uso Sustentável (2016).

- Ministério do Meio Ambiente – MMA:
  - Limites das Unidades de Conservação Federais existentes no estado de São Paulo (2016).

Cabe ressaltar que nesse trabalho, não foram criados novos *shapefiles*, sendo apenas utilizados os *shapefiles* elaborados por terceiros.

Foi elaborado uma base cartográfica contendo esses *shapefiles* e foram gerados os *layouts* por meio do *software* gratuito QGIS 2.18 Las Palmas, que permitiu manusear e apresentar as informações das tabelas de atributos dos *shapefiles* de maneira didática, clara e que corroborasse com a compreensão e caracterização do município de Campos do Jordão.

Os mapas elaborados foram: localização, hidrográfico, geológico, geomorfológico, pedológico, fitofisionomia, unidades de conservação, uso e ocupação do solo e suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Todos esses mapas contêm as seguintes informações:

- Sistema de Coordenada: WGS 1984 UTM Zone 23S
- Projeção: Transverse Mercator
- Datum: WGS 1984
- Meridiano Central: - 45°
- Unidades: Metros
- Escala: 1:170.000

Quanto aos aspectos ligados aos movimentos de massa, utilizou-se a classificação apresentada pelo IG (2014):

- Escorregamentos com velocidade média a alta e superfície de ruptura rasa: quedas, corridas, escorregamentos planares rasos e quedas de taludes marginais de canais fluviais;
- Escorregamentos com velocidade média a baixa e superfície de ruptura profunda: rastejo e escorregamentos translacionais/rotacionais profundos.

Nessa pesquisa, o histórico de movimentos de massa em Campos do Jordão foi elaborado com base em classificações prévias, obtidas em outros trabalhos.

A avaliação da gestão de desastres naturais causados por movimentos de massa no município foi realizada por meio da análise dos seguintes estudos, planos e leis:

- Plano diretor – 2003
- Plano Municipal de Redução de Risco – 2006
- Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens – 2014
- Plano de Contingência de Campos do Jordão – 2014 a 2020 – atualizado em abril 2017
- Plano Municipal de Drenagem - 2017

Por intermédio dessa descrição, foi possível avaliar e sistematizar a utilização do SIG por esses instrumentos e, ademais, se os planos e estudo atuavam na prevenção, na mitigação, na preparação, na resposta ou na recuperação de desastres naturais causados por movimentos de massa no município.

Posteriormente, foram apresentados diversos usos do SIG nas cinco etapas de gestão de desastres naturais, que podem ser adotadas na gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa.

## 5. ESTUDO DE CASO

### 5.1. Caracterização do município de Campos do Jordão

#### 5.1.1. Localização

O município de Campos do Jordão está localizado no estado de São Paulo, na Serra da Mantiqueira. O município integra a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (SÃO PAULO, 2012), a Mesorregião Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte e a Microrregião de Campos do Jordão.

Os municípios limítrofes são Piranguçu (MG), Wenceslau Braz (MG), Delfin Moreira (MG), Guaratinguetá (SP), Pindamonhangaba (SP), Santo Antônio do Pinhal (SP) e São Bento do Sapucaí (SP) (Figura 30).

#### 5.1.2. Aspectos demográficos

De acordo com o IBGE (2010a), a população de Campos do Jordão no ano de 2010 era de 47.789 habitantes, sendo que 47.491 habitantes (99,38%) residem na área urbana e 298 habitantes (0,62%) na área rural.

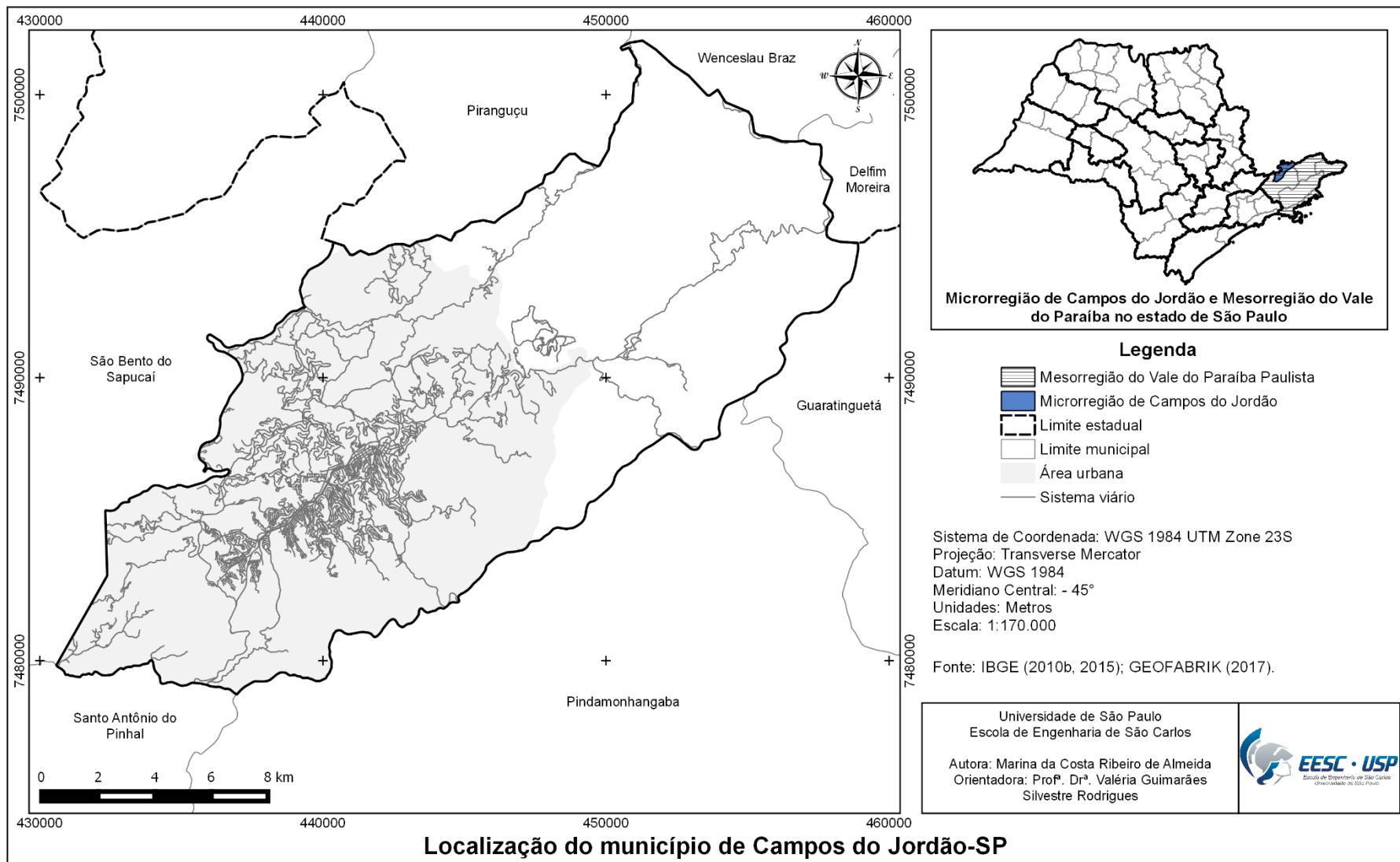
O turismo é uma das principais atividades econômicas do município. A população flutuante devido ao turismo é maior durante a época da seca, que ocorre no inverno (maio, junho e julho). O Quadro 11 apresenta a população flutuante média mensal no município de Campos do Jordão, de acordo com o Comitê das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira – CBH-SM (2015). A partir das informações apresentadas no Quadro 11, observa-se que a população flutuante total no ano é de 3.836.732 pessoas e a média mensal é 319.728 pessoas. A média mensal representa aproximadamente 6,5 vezes a população total do município. Portanto, é importante considerar e incorporar a população flutuante no processo de gestão do município.

Quadro 11 – População flutuante do município de Campos do Jordão-SP

Janeiro a março	Abril e maio	Junho e julho	Agosto a dezembro
718.830	657.248	842.545	1.618.109

Fonte: adaptado de CBH-SM (2015).

Figura 30 – Mapa de localização do município de Campos do Jordão-SP



Fonte: autoria própria com base em IBGE (2010b, 2015); GEOFABRIK (2017).

### **5.1.3. Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI e hidrografia**

Campos do Jordão compõe a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Serra da Mantiqueira – UGRHI-1 em conjunto com Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí (Figura 31). A UGRHI-1 possui área de drenagem de 675 km<sup>2</sup> e população de 64.339 habitantes. A UGRHI da Serra da Mantiqueira é composta pelas bacias hidrográficas dos rios Sapucaí-Guaçu, Sapucaí-Mirim e seus afluentes (CBH-SM, 2015).

A bacia do rio Sapucaí-Guaçu possui uma área de drenagem de 289,27 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a 42,79% da UGRHI-1. Aproximadamente, 90% da área dessa bacia está inserida no município de Campos do Jordão e os outros 10% em São Bento do Sapucaí (CBH-SM, 2015).

A bacia do rio Sapucaí-Mirim apresenta 386,85 Km<sup>2</sup>, ou seja, 57,22% da área da UGRHI-1. A área dessa bacia é composta pelo município de Santo Antônio do Pinhal, por 90% do território de São Bento do Sapucaí e por 10% do território de Campos do Jordão (CBH-SM, 2015).

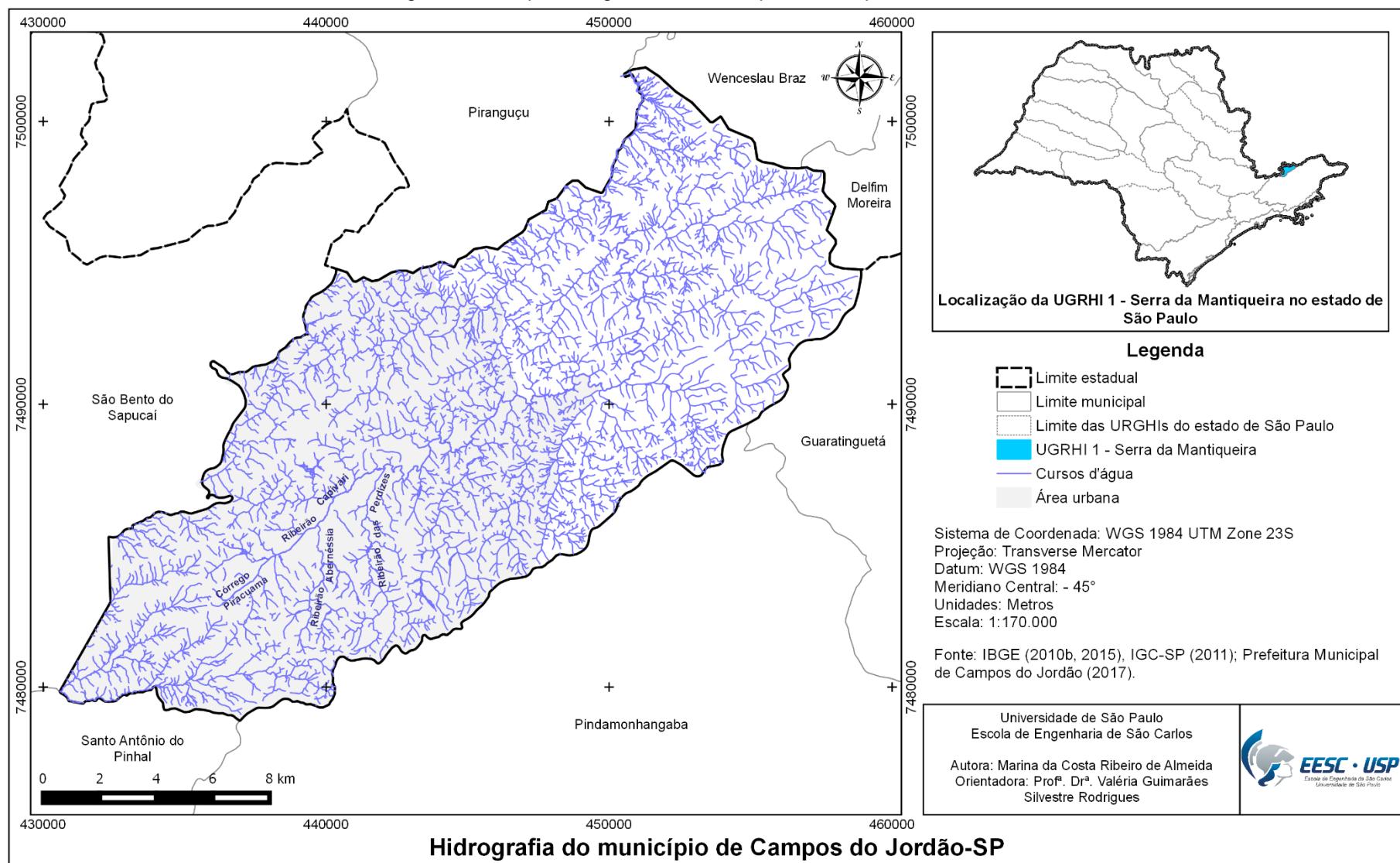
O principal curso d’água do município de Campos do Jordão é o ribeirão Capivari que possui como afluentes: os ribeirões Abernéssia, do Imbiry, das Perdizes, do Fojo e os córregos Piracuama, da Síria, Mato Grosso e do Homem Morto. Posteriormente, o ribeirão Capivari passa a ser denominado rio Sapucaí-Guaçu, tendo como afluentes: os ribeirões da Ferradura, Canhambora, Campo do Meio, Galharada, do Coxim, dos Marmelos e do Paiol. Outros cursos d’água do município, nas vertentes voltadas para o rio Sapucaí-Mirim, são os ribeirões dos Barrados, Paiol Velho, dos Melos e do Lajeado (CBH-SM, 2015; PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO, 2017). A Figura 32 apresenta a hidrografia de Campos do Jordão.

Figura 31 – Unidades hidrográficas principais e sua localização em relação aos municípios da UGRHI-1



Fonte: CBH-SM, 2017.

Figura 32 – Mapa hidrográfico do município de Campos do Jordão-SP



Fonte: autoria própria com base em IBGE (2010b, 2015); IGC-SP (2011); Prefeitura Municipal de Campos do Jordão (2017).

#### 5.1.4. Clima

De acordo com o Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO<sup>10</sup> (2014 apud IG, 2014), o clima de Campos do Jordão é classificado, com base na classificação climática de Köppen, como Cwb, que consiste em uma região na qual a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C e durante pelo menos quatro meses é superior a 10°C.

Em 2013 e 2014, a temperatura média anual do município foi de 15,4°C. A precipitação anual média de Campos do Jordão no ano de 2013 foi de 1943 mm e no ano de 2014 foi 886,2 mm (CIIAGRO, 2013; 2014).

Segundo IG (2014), os períodos mais críticos para as ocorrências de escorregamentos em Campos do Jordão ocorrem nos períodos de excedentes hídricos, isto é, quando há excesso de água no solo. Esses períodos ocorrem durante o verão, entre os meses de novembro e março.

A Tabela 9 e a Tabela 10 apresentam os valores de temperatura, evapotranspiração e precipitação do município de Campos do Jordão para os anos de 2013 e 2014, respectivamente. Os dados referentes ao ano de 2015 disponibilizados pelo CIIAGRO são inconsistentes, pois apresentam informações apenas para os meses de janeiro, março, abril e dezembro. Portanto, os dados mais recentes são dos anos de 2013 e 2014.

---

<sup>10</sup> CIIAGRO - CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. **Zoneamento Climático de Campos do Jordão**. 2014.

Tabela 9 – Valores da temperatura máxima e mínima absoluta, da temperatura máxima e mínima mensal e da temperatura média, em °C, e da evapotranspiração e precipitação, em mm, para cada mês no município de Campos do Jordão-SP no ano de 2013.

Mês	Temperatura máxima absoluta (°C)	Temperatura mínima absoluta (°C)	Temperatura máxima mensal (°C)	Temperatura mínima mensal (°C)	Temperatura média (°C)	Evapotranspiração (mm)	Precipitação (mm)	Dias com chuva no mês
Jan	6,7	7,7	22,1	13,3	17,7	94	542,7	29
Fev	28,5	9,7	24,4	13,2	18,8	85	226,9	18
Mar	27,2	9,1	23,0	13,4	18,2	82	204,7	23
Abr	25,3	2,1	21,0	8,6	14,8	54	101,6	11
Mai	23,9	0,4	18,9	6,3	12,6	39	87,4	10
Jun	25,8	4,8	17,4	9,1	13,3	36	22,2	15
Jul	22,3	1,8	16,6	6,6	11,6	34	81,7	9
Ago	30,0	0,0	19,2	6,9	13,1	43	8,2	5
Set	26,4	1,6	21,0	8,7	14,9	61	50,4	8
Out	26,1	4,6	20,2	10,3	15,2	74	109,9	14
Nov	27,5	8,2	21,9	12,0	17,0	86	223,8	16
Dez	26,9	8,4	23,1	12,7	17,9	96	283,8	22

Fonte: CIIAGRO, 2013.

Tabela 10 – Valores da temperatura máxima e mínima absoluta, da temperatura máxima e mínima mensal e da temperatura média, em °C, e da evapotranspiração e precipitação, em mm, para cada mês no município de Campos do Jordão-SP no ano de 2014

Mês	Temperatura máxima absoluta (°C)	Temperatura mínima absoluta (°C)	Temperatura máxima mensal (°C)	Temperatura mínima mensal (°C)	Temperatura média (°C)	Evapotranspiração (mm)	Precipitação (mm)	Dias com chuva no mês
Jan	29,4	6,7	26,0	11,1	18,6	99	92,4	15
Fev	29,1	8,3	26,0	11,5	18,8	85	67,6	13
Mar	28,2	7,5	24,0	11,7	17,9	81	52,1	14
Abr	27,3	0,3	22,3	9,2	15,7	57	102,1	11
Mai	24,3	0,7	20,1	5,6	12,9	40	23,7	6
Jun	23,4	0,9	20,1	4,6	12,4	34	33,1	7
Jul	22,9	-0,9	18,1	3,6	10,9	32	62,4	7
Ago	25,6	-3,9	21,9	3,3	12,6	44	20,4	6
Set	27,1	-1,0	23,1	6,7	14,9	61	50,9	10
Out	30,6	-1,2	23,8	7,5	15,7	76	45,6	7
Nov	26,2	5,5	22,6	11,0	16,8	85	142,8	14
Dez	28,2	8,9	23,4	12,0	17,7	95	193,1	19

Fonte: CIIAGRO, 2014.

### 5.1.5. Geologia

As formações geológicas presentes no município de Campos do Jordão são: Granito Serra do Alto da Pedra; Granito Campos do Jordão; Granito Serra Preta; Pico do Itapeva; Varginha-Guaxupé, unidade paragnáissica migmatítica superior, e; Varginha-Guaxupé, unidade paragnáissica migmatítica intermediária, segundo CPRM (2006) (Figura 33).

De acordo com Prefeitura Municipal de Campos do Jordão (2017):

Entre as formações geológicas presentes na área do município, estão as **Suites Graníticas Campos do Jordão, Serra do Alto da Pedra e Serra Preta**. Nessas áreas, o embasamento cristalino é constituído por grande quantidade de rochas granítóides. São identificadas várias suítes, dependendo de sua estruturação interna e da relação temporal ou geográfica com as grandes estruturas que compartmentam a região.

A formação **Pico de Itapeva** ocorre à sudeste da escarpa da Serra da Mantiqueira, onde se encontra espesso pacote de metassedimentos, cujos contatos da faixa de exposição são tectônicos, tanto na borda noroeste como na borda sudeste. A primeira apresenta rochas metamórficas com composição granada-biotita-muscovita, localmente feldspáticos, rochas metabásicas e granitos porfiríticos intrusivos; já na segunda, nota-se uma zona de cisalhamento reversa, com forte componente transcorrente, que deforma o pacote epimetamórfico, tornando difícil a sua distinção dos gnaisses locais (JULIANI<sup>11</sup>, 1990 apud PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO, 2017).

[...]

O **Complexo Varginha-Guaxupé, unidade paragnáissica migmatítica superior**, consiste em metassedimentos migmatíticos com anatexia (processo de fusão de rochas pré-existentes) decrescente em direção ao topo. Trata-se de rochas compostas por cordierita, granada, sillimanita e biotita gnaissé, que crescem para o topo a mica xisto com leucossoma a muscovita restrito. Reconhece-se ainda, sobrejacente à unidade metapelítico-aluminosa basal,

---

<sup>11</sup> JULIANI, C. Proterozoic storm-dominated sedimentation in the Pico do Itapeva formation (São Paulo state, Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Instituto de Geociências, v. 62, n.1, p. 105, 1990.

sequência metapsamítica com metacarbonato e gnaisse calcissilicático. Ocorrem intercalações de gnaisse básico-intermediário e metabásicas, nebulito gnáissico-granítico e ortognaisses intrusivos (CAMPOS NETO<sup>12</sup>, 1991 apud PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO, 2017).

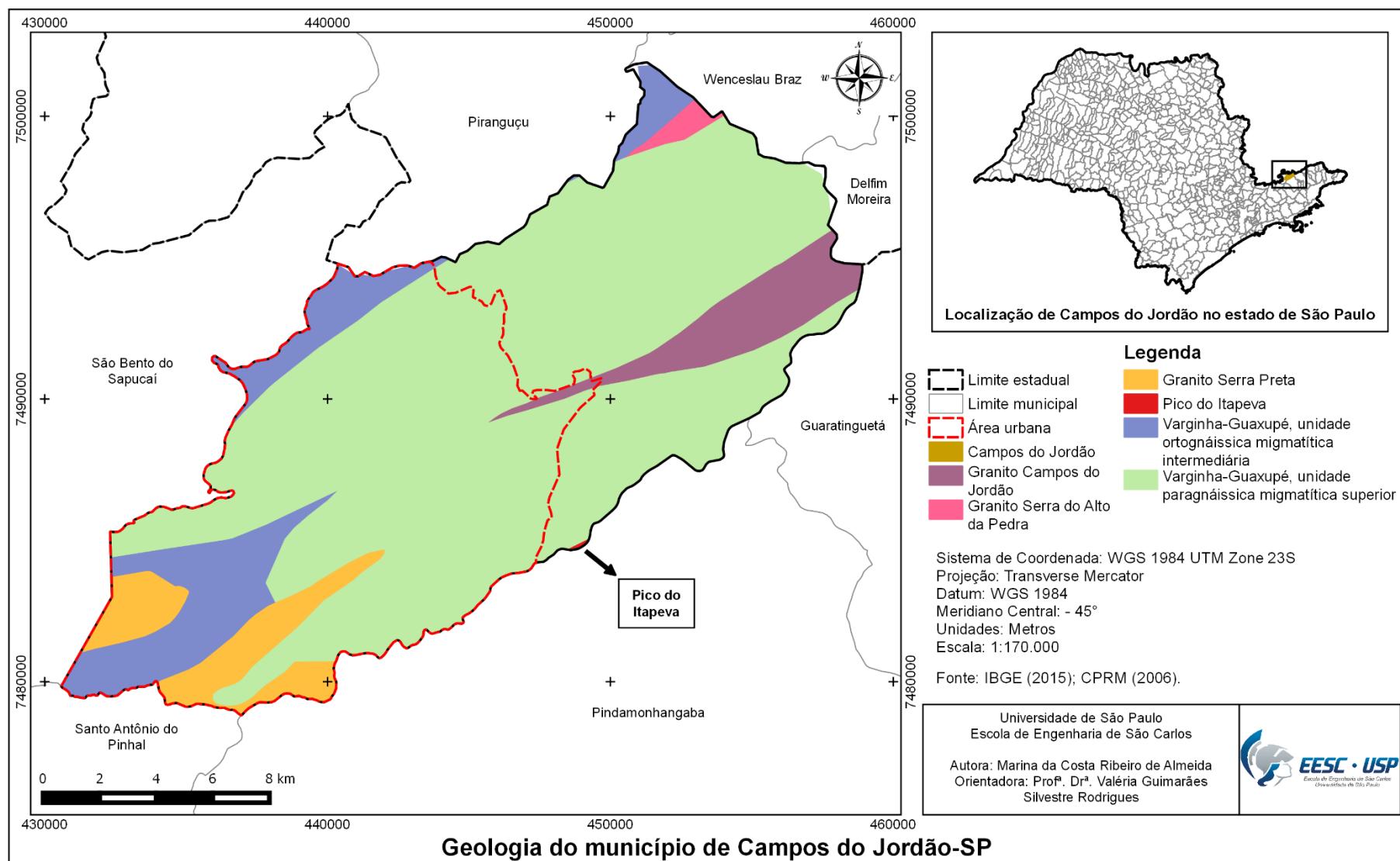
[...]

O **Complexo Varginha-Guaxupé, unidade ortognaissica migmatítica intermediária**, caracteriza-se pela composição granítica, granodiorítica, sienítica e monzonítica, em contato com corpos de granito gnáissico anatético metaluminoso, gerado por fusão parcial de estratos desenvolvidos abaixo da crosta terrestre. Abrangem migmatito estromático a mesossoma gnáissico de composição diorito-tonalítica, leucossomas e melanossomas ferro-magnesianos. O granito gnáissico contém enclaves de gnaisse diorito–monzodiorítico, xenólitos de gnaisse calcissilicático e lentes de sillimanita–cordierita metapelito. Além disso, ocorrem corpos de granitóides peraluminosos.

---

<sup>12</sup> CAMPOS NETO, M.C. **Orogenic Systems from Southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano - PanAfrican Cycle and Orogenic Collage in Southeastern**. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (eds.), Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, 31º International Geological Congress, 335-365. 2000.

Figura 33 – Mapa geológico do município de Campos do Jordão-SP



Fonte: autoria própria com base em IBGE (2015); CPRM (2006).

### **5.1.6. Geomorfologia**

O município de Campos do Jordão possui altitude média, em relação ao nível do mar, de 1.600 m e localiza-se no reverso da Serra da Mantiqueira, na subzona Planalto de Campos do Jordão (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO, 2017).

As formações geomorfológicas presentes na área do município de Campos do Jordão são: Domínio montanhoso; Domínio de morros e serras baixas, e; Escarpas serranas (CPRM, 2006).

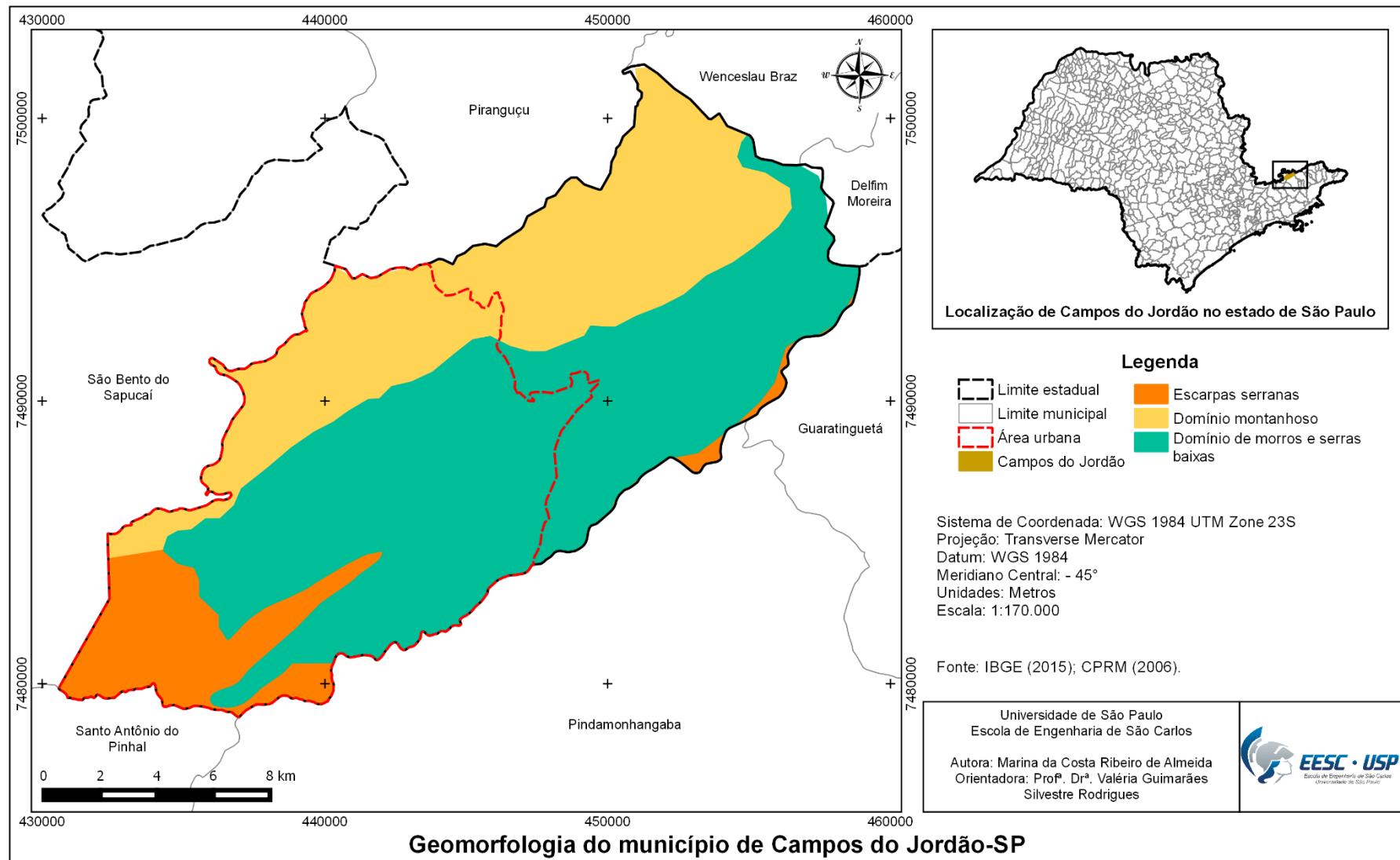
O relevo é acidentado, com predominância de “vertentes retilíneas a côncavas, escarpadas e topes de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus” (SILVA, 2008).

A declividade e a amplitude do topo do domínio montanhoso são, respectivamente, 25 a 45° e 300 a 2.000 m. O domínio de morros e serras baixas possui declividade de 15 a 35° e amplitude do topo de 80 a 200 m (CPRM, 2006).

As escarpas são um tipo de relevo montanhoso, que apresentam vertentes íngremes e dissecadas, com geometria retilíneo-côncava. As escarpas serranas são faixas de transição entre dois padrões de relevo e possuem declividade de 25 a 60° e amplitude do topo de 300 a 2.000 m (CPRM, 2006; SILVA, 2008; PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO, 2017).

A Figura 34 apresenta o mapa geomorfológico de Campos do Jordão.

Figura 34 – Mapa geomorfológico do município de Campos do Jordão-SP



Fonte: autoria própria com base em IBGE (2015); CPRM (2006).

### 5.1.7. Pedologia

De acordo com o mapa pedológico do estado de São Paulo, elaborado pelo IAC (1999), os tipos de solos presentes no município de Campos do Jordão são: latossolos, cambissolos e argissolos, como pode ser observado na Figura 35. Observa-se que cambissolo é o principal tipo de solo presente no município.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006) define latossolos, cambissolos e argissolos como:

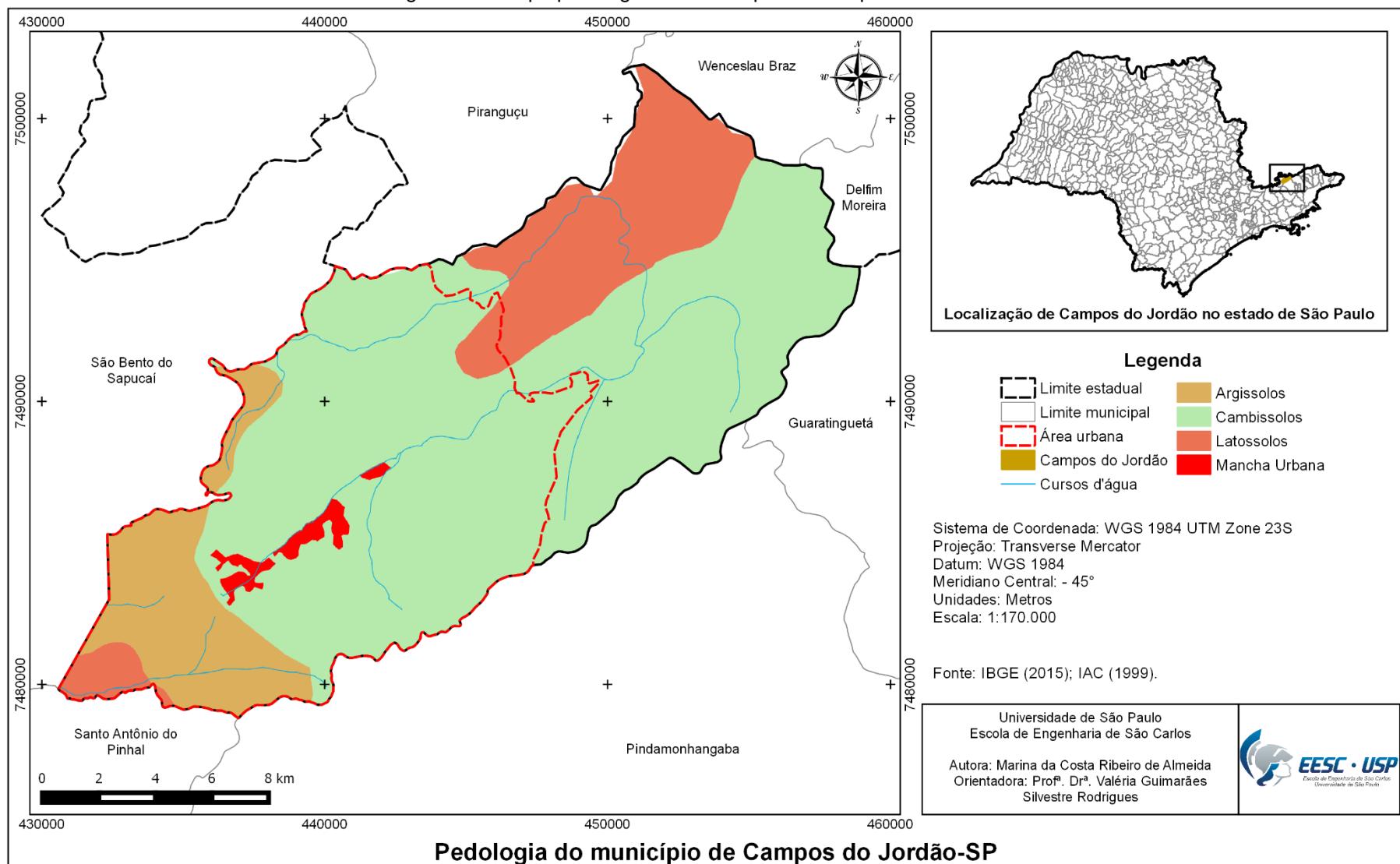
**Latossolos:** solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresentar mais que 150 cm de espessura;

**Cambissolos:** solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Plintita e petroplintita, horizonte glei e horizonte várzea, se presentes, não satisfazem os requisitos para Plintossolos, Gleissolos e Vertissolos, respectivamente;

**Argissolos:** solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo, ainda, os seguintes requisitos:

- a) Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz os critérios para Plintossolo;
- b) Horizonte glei, se presente, não satisfaz os critérios para Gleissolo.

Figura 35 – Mapa pedológico do município de Campos do Jordão-SP



Fonte: autoria própria com base em IBGE (2015); IAC (1999).

### 5.1.8. Vegetação

O IF (2001) elaborou o Inventário Florestal do Estado de São Paulo, classificando a sua cobertura vegetal. Para o município de Campos do Jordão, a cobertura vegetal é composta por 9.117,58 ha de mata, que corresponde a 31,66% do território do município, e 3.943,87 ha de capoeira, correspondente a 13,69%. A cobertura vegetal de mata e capoeira totalizam 13.061,45 (45,35%). Ademais, Campos do Jordão possui 10.829,87 ha (37,60%) de reflorestamento.

De acordo com IF (2001), a definição de mata e capoeira é:

**Mata:** floresta densa, sempre verde e diversificada, com árvores de até 20 metros de altura. Encontrada em trechos contínuos ao longo do litoral e em pontos esparsos no interior;

**Capoeira:** vegetação secundária resultante da exploração ou alteração de uma mata primitiva. Normalmente de porte menor e menos diversificada que a floresta original. Em locais onde a alteração é mais intensa, apresenta inicialmente espécies pioneiras como a imbaúba.

Fitofisionomia é o aspecto da vegetação de um determinado local. De acordo com o Inventário Florestal 2010, elaborado pelo IF (2009) as fitofisionomias presentes em Campos do Jordão são: floresta ombrófila densa, vegetação secundária da floresta ombrófila densa, floresta ombrófila mista, vegetação secundária da floresta ombrófila mista e floresta estacional semidecidual, como podem ser observadas na Figura 36. O IF (2001), caracteriza as fitofisionomias como:

**Floresta ombrófila densa:** é uma formação com vegetação característica de regiões tropicais com temperaturas elevadas (média 25°C) e com alta precipitação pluviométrica bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), sem período biologicamente seco. Esta legenda abrangeu, na sua região de ocorrência, duas categorias de fitofisionomias da antiga legenda de caráter regional: mata e capoeira. Desta forma a "mata" passou a ser Floresta Ombrófila Densa, dividida nas seguintes categorias em função de gradientes altitudinais:

- Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas: 0 a 40 metros;
- Floresta Ombrófila Densa Submontana: 40 a 500 metro;
- Floresta Ombrófila Densa Montana: 500 a 1500 metros;

- Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana: 1500 a 2000 metros.

De igual forma, a fitofisionomia "capoeira", passou a ser **Vegetação Secundária da Floresta Ombrófila Densa**, dividida também nas mesmas categorias em função dos gradientes altitudinais:

- Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas: 0 a 40 metros;
- Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Submontana: 40 a 500 metros;
- Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Montana: 500 a 1500 metros;
- Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana: > 1500 metros.

**Floresta ombrófila mista:** conhecida como "mata de araucária ou pinheiral" sendo encontrada em regiões da Serra da Mantiqueira e na Serra do Mar, sendo dividida nas seguintes categorias em função de gradientes altitudinais:

- Floresta Ombrófila Mista Montana: 1200 a 2000 metros;
- Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana: > 1200 metros.

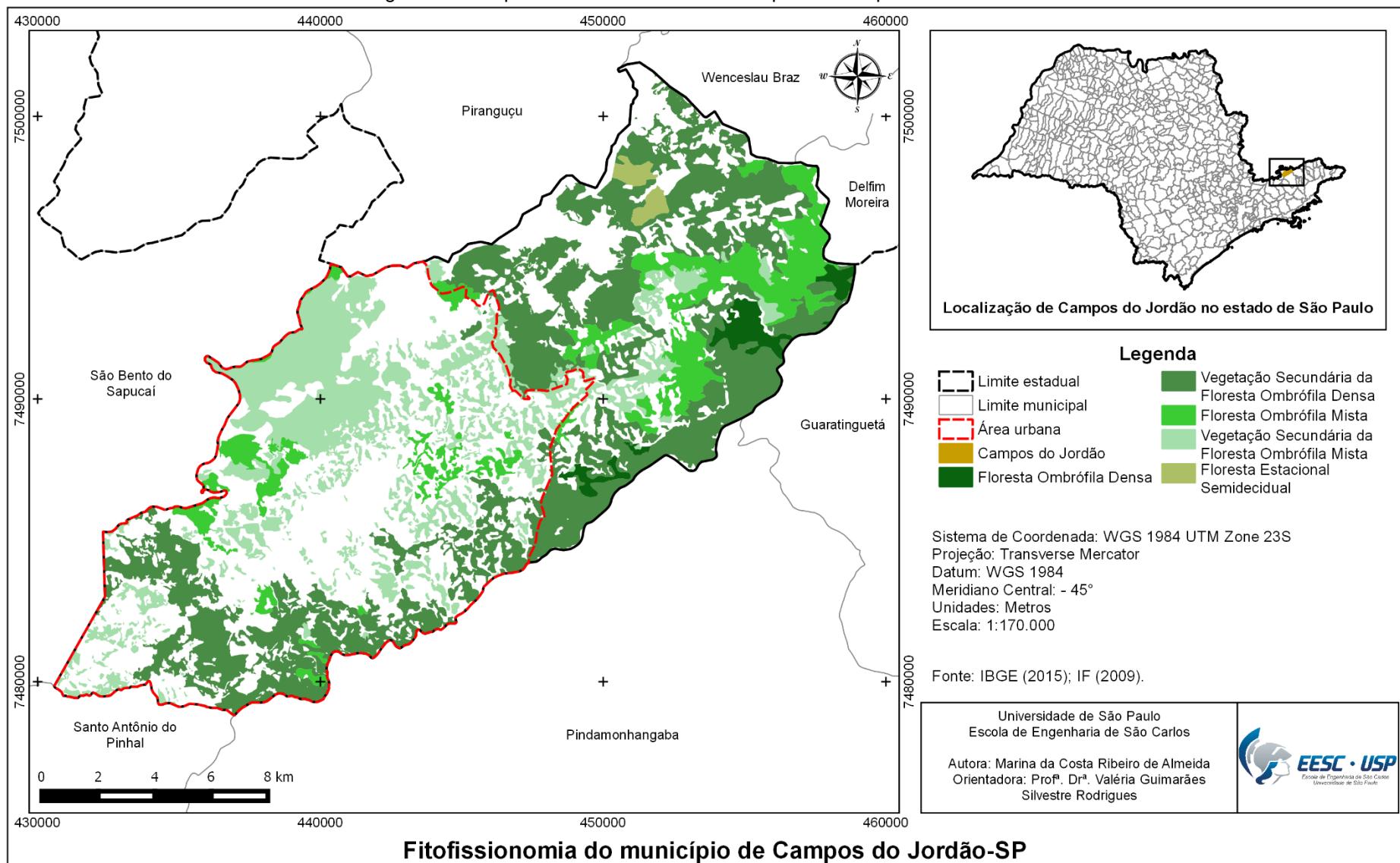
De igual forma, a fitofisionomia "capoeira" passou a ser **vegetação secundária de Floresta Ombrófila Mista**, dividida também nas mesmas categorias em função dos gradientes altitudinais:

- Vegetação Secundária da Floresta Ombrófila Mista Montana: 1200 a 2000 metros;
- Vegetação Secundária da Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana: > 1200 metros.

**Floresta estacional semidecidual:** este tipo de vegetação se caracteriza pela dupla estacionalidade climática: uma tropical com período de intensas chuvas de verão, seguidas por estiagens acentuadas; outra subtropical sem período seco, e com seca fisiológica provocada pelo inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C. Esta legenda, da mesma forma que a anterior abrangeu, na sua região de ocorrência, duas categorias de fitofisionomias da legenda regional: mata e capoeira. Desta forma a

"mata" passou a ser denominada Floresta Estacional Semidecidual e a "capoeira", Vegetação Secundária da Floresta Estacional Semidecidual.

Figura 36 – Mapa da fitofisionomia do município de Campos do Jordão-SP



### 5.1.9. Unidades de Conservação – UCs

As UCs são áreas que possuem características naturais relevantes e que tem como objetivo a conservação. As unidades podem ser divididas em dois grupos: uso sustentável e proteção integral (BRASIL, 2000).

De acordo com o MMA (2017), o município de Campos do Jordão possui quatro UCs em seu território que podem ser observadas na Figura 37. Essas UCs apresentam as seguintes características:

#### Área de Proteção Ambiental – APA Campos do Jordão

- **Categoria:** Área de Proteção Ambiental;
- **Grupo:** Uso Sustentável;
- **Ato legal:** Lei ordinária nº 4.105, de 26/06/1984;
- **Área:** 287,2260 km<sup>2</sup>;
- **Bioma:** Mata Atlântica;
- **Municípios abrangidos:** 5 do estado de São Paulo e 3 de Minas Gerais.

#### APA Serra da Mantiqueira

- **Categoria:** Área de Proteção Ambiental;
- **Grupo:** Uso Sustentável;
- **Ato legal:** Decreto nº 91.304, de 03/06/1985;
- **Área:** 4.375,2016 km<sup>2</sup>;
- **Municípios abrangidos:** 13 do estado de São Paulo, 21 de Minas Gerais e 3 do Rio de Janeiro.

#### Parque Estadual – PE Campos do Jordão

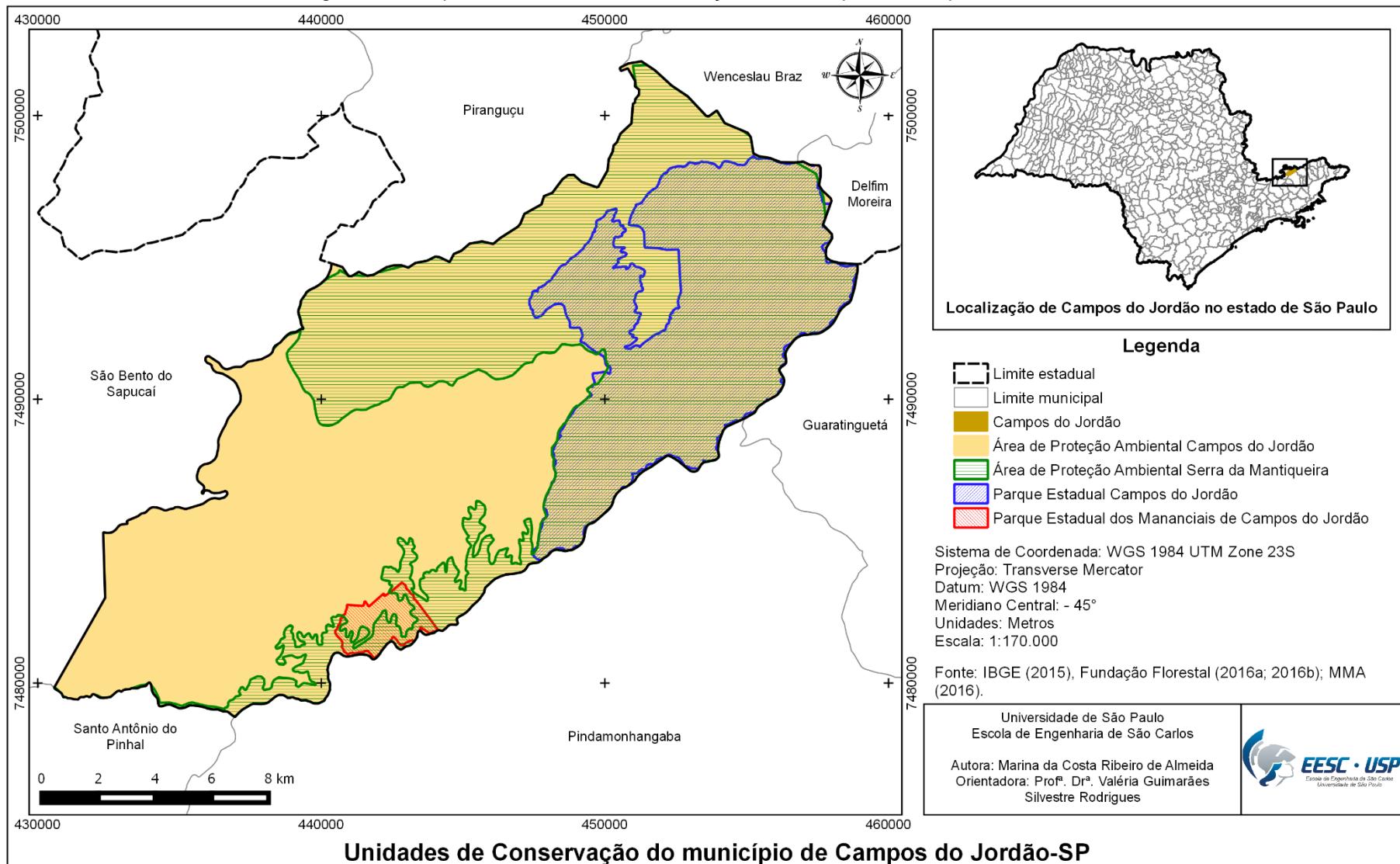
- **Categoria:** Parque;
- **Grupo:** Proteção Integral;
- **Ato legal:** Decreto nº 11.908, de 27/03/1941;
- **Área:** 81,3643 km<sup>2</sup>;
- **Bioma:** Mata Atlântica;
- **Municípios abrangidos:** 3 do estado de São Paulo e 1 de Minas Gerais.

#### PE dos Mananciais de Campos do Jordão

- **Categoria:** Parque;
- **Grupo:** Proteção Integral;
- **Ato legal:** Decreto nº 37.539, de 27/09/1993;
- **Área:** 5,1704 km<sup>2</sup>;

- **Bioma:** Mata Atlântica;
- **Municípios abrangidos:** 2 do estado de São Paulo.

Figura 37 – Mapa das unidades de conservação do município de Campos do Jordão-SP



Fonte: autoria própria com base em IBGE (2015); Fundação Florestal (2016a; 2016b), MMA (2016).

### 5.1.10. Uso e Ocupação

A Figura 38 apresenta o mapa do uso e ocupação do solo de Campos do Jordão. O município possui os seguintes usos: área urbanizada, campo natural com perturbação antrópica, eucalipto, pasto, pinus, reflorestamento com espécies nativas, vegetação secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração.

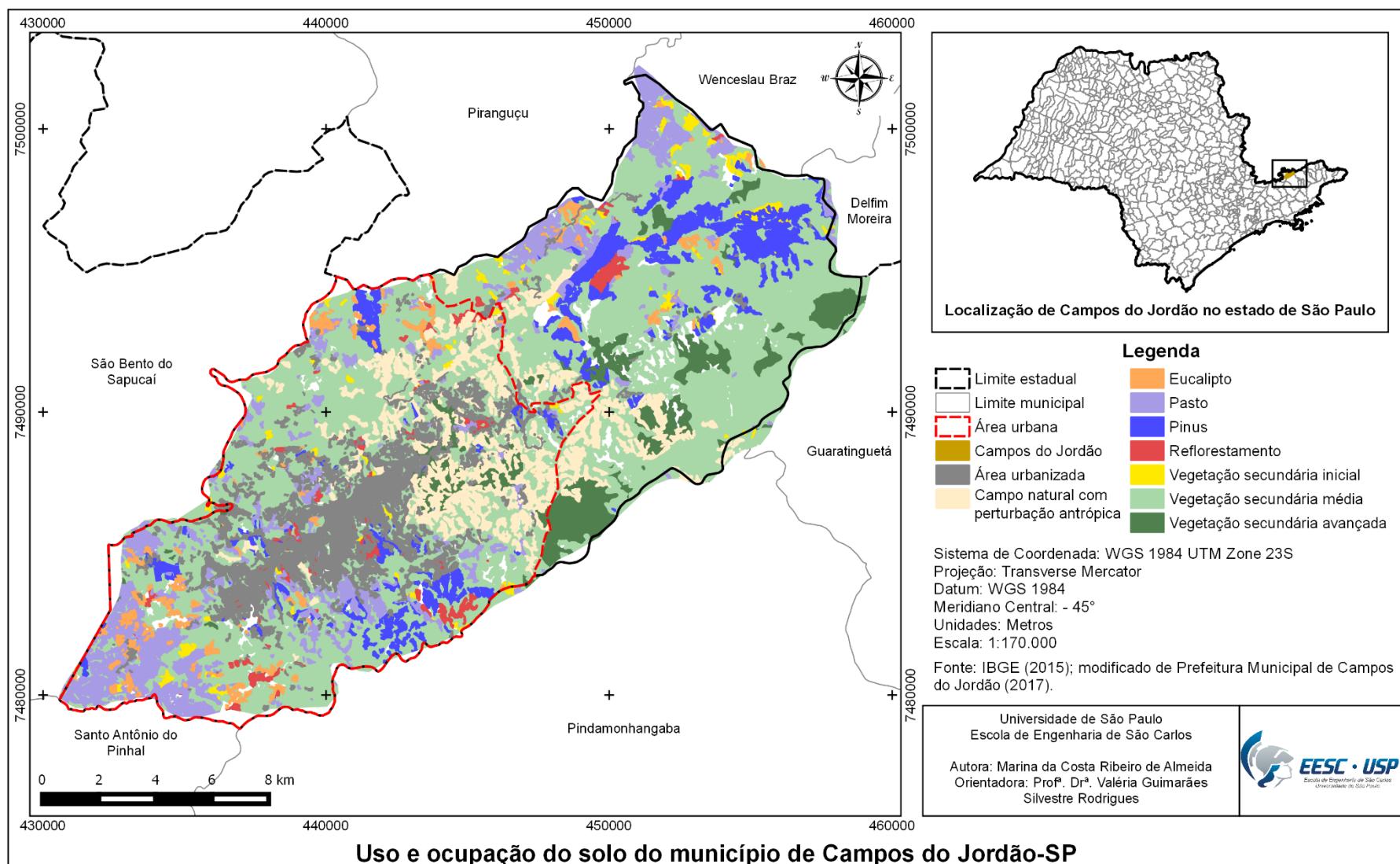
O Quadro 12 apresenta as tipologias do uso e ocupação do solo do município e as respectivas áreas ocupadas em hectares e porcentagens em relação à área do total de Campos do Jordão (29.052 hectares).

Quadro 12 – Uso e ocupação do solo de Campos do Jordão

Uso e ocupação do solo	Área ocupada (hectare)	Porcentagem sobre área total do município (%)
Área urbanizada	2496,71	8,67
Campo natural com perturbação antrópica	2142,84	7,44
Eucalipto	544,62	1,89
Pasto	2388,00	8,29
Pinus	1786,91	6,21
Reflorestamento	456,36	1,59
Secundária inicial	361,58	1,26
Secundária média	3784,57	13,15
Secundária avançada	1861,41	6,47

Fonte: adaptado de Prefeitura Municipal de Campos do Jordão (2017).

Figura 38 – Mapa de uso e ocupação do Solo do município de Campos do Jordão-SP



Fonte: autoria própria com base em IBGE (2015); modificado de Prefeitura Municipal de Campos do Jordão (2017).

### 5.1.11. Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa

A área do município de Campos do Jordão foi classificada de acordo com a suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa pelo CPRM (2014). Essa classificação é dividida em alta, média e baixa e suas características dominantes assim como suas respectivas áreas podem ser observadas no Quadro 13.

A Figura 39 apresenta o mapa da suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa em Campos do Jordão, classificados em alta, média e baixa suscetibilidade. É importante ressaltar que 30,7% da área urbanizada/edificada é classificada como alta e média suscetibilidade à movimentos de massa.

A gestão do município deve considerar essas informações, inclusive ao determinar o vetor de crescimento da área urbana.

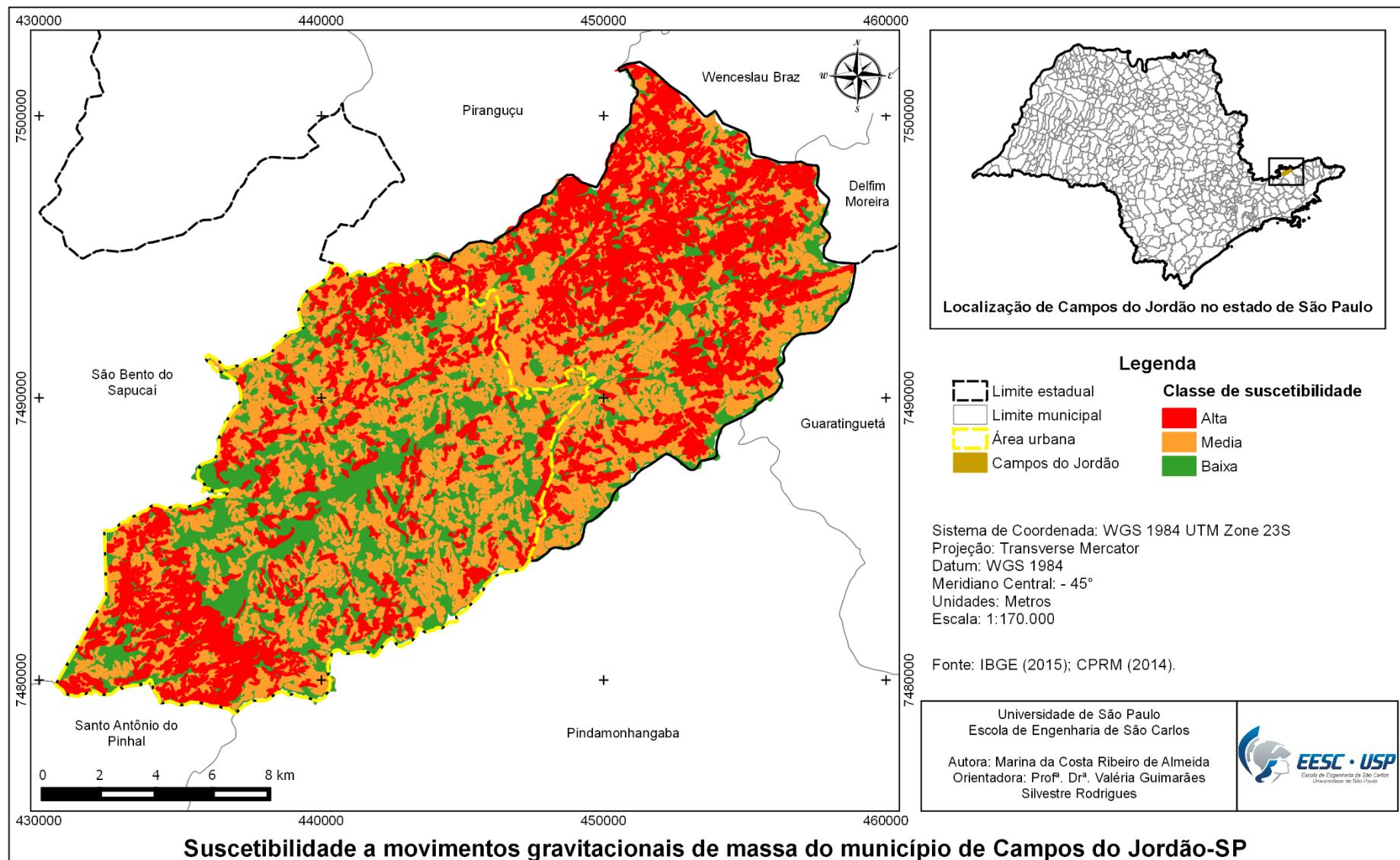
Quadro 13 – Classificação de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa no município de Campos do Jordão-SP

Classe de suscetibilidade	Características dominantes	Área		Área	
		Km <sup>2</sup>	%*	Km <sup>2</sup>	%**
Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: morros altos, morros baixos e serras;</li> <li>Forma das encostas: retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceiras de drenagem abruptos;</li> <li>Amplitudes: 60 a 560 m;</li> <li>Declividades: &gt; 25°;</li> <li>Litologia: Migmatitos oftalmíticos e policíclicos;</li> <li>Densidade de lineamentos/estruturas: alta;</li> <li>Solos: pouco evoluídos e rasos; e</li> <li>Processos: deslizamento, queda de rocha e rastejo.</li> </ul>	79,1	27,5	2,3	7,5
Média	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: morros baixos e morros altos;</li> <li>Forma das encostas: convexas a retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceira de drenagem;</li> <li>Amplitudes: 50 a 420 m;</li> <li>Declividades: 10 a 30°;</li> <li>Litologia: Migmatitos oftalmíticos e policíclicos;</li> <li>Densidade de lineamentos/estruturas: média;</li> <li>Solos: evoluídos e moderadamente profundos; e</li> <li>Processos: deslizamento, queda de rocha e rastejo.</li> </ul>	110,6	38,4	7,1	23,2
Baixa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: planícies e terraços fluviais, morros baixos e morros altos;</li> <li>Forma das encostas: convexas suavizadas e topos amplos;</li> <li>Amplitudes: &lt; 220 m;</li> <li>Declividades: &lt; 15°;</li> <li>Litologia: Migmatitos oftalmíticos e policíclicos;</li> <li>Densidade de lineamentos/estruturas: baixa;</li> <li>Solos: aluviais; evoluídos e profundos nos morros baixos e morros altos; e</li> <li>Processos: deslizamento e rastejo.</li> </ul>	98,0	34,1	21,2	69,3

(\*) Porcentagem em relação à área do município. (\*\*) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

Fonte: adaptado de CPRM (2014).

Figura 39 – Mapa de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa do município de Campos do Jordão-SP



Fonte: autoria própria com base em IBGE (2015); CPRM (2014).

## 5.2. Histórico de movimentos gravitacionais de massa em Campos do Jordão

O relatório técnico do mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens realizado em 2014 no município de Campos do Jordão pelo Instituto Geológico da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do estado de São Paulo (IG) apresenta o histórico do município dos acidentes em áreas de risco com base na literatura técnica, no banco de dados da Defesa Civil Estadual e da Defesa Civil Municipal e no banco de notícias de jornais (IG, 2014).

Dentro da literatura técnica o IG (2014) considerou três fontes para elaborar o histórico de movimentos de massa no município:

- “Assessoria Técnica para a estabilização de encostas, recuperação de infraestrutura e reurbanização das áreas de risco atingidas por escorregamentos na área urbana do Município de Campos do Jordão – SP” elaborado pelo IPT em 2002;
- “Plano Municipal de Redução de Riscos de Campos do Jordão (PMRR) ” elaborado pela JBA Engenharia e Consultoria LTDA, 2006;
- “Atualização do mapeamento das áreas de risco de escorregamentos na zona urbana do Município de Campos do Jordão – SP” elaborado pelo IPT em 2009.

Esses três relatórios apresentaram diversos movimentos de massa que ocorreram em Campos do Jordão no período de 1972 a 2002, como pode ser observado no Quadro 14.

O banco de dados da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC registrou 38 ocorrências no período de 1999 a 2013, sendo que 15 ocorrências se referiam a deslizamentos conforme apresentado no Quadro 15.

Dentre esses eventos, destacam-se os três principais deslizamentos que ocorreram nos anos de 1972, 1991 e 2000. O primeiro evento ocorreu no ano de 1972 no bairro da Vila Albertina e foi caracterizado como uma corrida de lama a qual soterrou 60 casas e matou 17 pessoas. A Figura 40, Figura 41, Figura 42 e Figura 43 apresentam fotos do movimento de massa ocorrido em 1972.

Figura 40 – Vista aérea da área afetada pelo movimento de massa em 1972 no município de Campos do Jordão-SP. Nessa foto pode ser observado o anfiteatro, a área fonte do material turfoso e o vale afetado



Fonte: Amaral e Fuck (1973).

Figura 41 – Vista aérea do vale e do represamento da água do córrego Piracuama pelo movimento de massa em 1972 no município de Campos do Jordão-SP



Fonte: Amaral e Fuck (1973).

Figura 42 – Vista aérea da área afetada pelo movimento de massa em 1972 no município de Campos do Jordão-SP



Fonte: Amaral e Fuck (1973).

Figura 43 – Aspecto do anfiteatro após o movimento de massa em 1972 no município de Campos do Jordão-SP



Fonte: Amaral e Fuck (1973).

Em 1991 ocorreram deslizamentos em encostas após três dias de chuvas, que geraram um acúmulo de 200 mm e provocaram o desabamento de 149 “barracos” (IPT<sup>13</sup>, 2002 apud IG, 2014). Em 2000 ocorreram deslizamentos em vários locais do município após cinco dias de chuva que geraram um acúmulo de 453,2 mm, 8 mortes e 1840 desabrigados (CEDEC<sup>14</sup>, 2013 apud IG, 2014). A Figura 44 e a

Figura 45 apresentam fotos da área afetada pelo movimento de massa em 2000. A Figura 46 apresenta uma foto tirada em outubro de 2017 da área afetada pelos movimentos de massa do ano 2000, é possível observar nessa imagem a cicatriz deixada pelos escorregamentos e que as áreas mais afetadas não foram reocupadas pela população.

Figura 44 – Favela Britador após o movimento de massa em janeiro de 2000 no município de Campos do Jordão-SP



Fonte: Rosa Filho (2006).

<sup>13</sup> IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Assessoria Técnica para a estabilização de encostas, recuperação de infraestrutura e reurbanização das áreas de risco atingidas por escorregamentos na área urbana do Município de Campos do Jordão – SP.** São Paulo: IPT, Relatório Técnico nº. 64.399 Final. 2002.

<sup>14</sup> CEDEC - COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL. **Banco de Dados de Atendimentos Emergenciais da Operação Verão no período 2000-2013.** São Paulo, Não publicado. 2013.



Figura 45 – Vista aérea da área afetada pelo movimento de massa em janeiro de 2000 no município de Campos do Jordão-SP



Fonte: Rosa Filho (2006).

Figura 46 – Foto tirada em 25 de outubro de 2017 da área afetada pelo movimento de massa em 2000 no município de Campos do Jordão-SP



Fonte: Rosa Filho (2006).

Os principais bairros atingidos por deslizamentos no período de 1999 a 2013, segundo CEDEC<sup>14</sup> (2013 apud IG, 2014) foram: Bairro Floresta Negra, Biquinha, Jardim Brancas Nuvens, Jardim Monte Carlo, Vila Albertina, Vila Britador, Vila Nadir, Vila Paulista Popular, Vila Santo Antonio, Vila Sodipe e Recanto Feliz.

Os jornais consultados no período de 1999 a 2013 pelo IG (2014) para o levantamento de informações foram “Jornal Vale Paraibano” e jornal “O Vale”. O levantamento apontou 97 registros de eventos, sento 51 sobre deslizamentos.

Quadro 14 – Acidentes em áreas de risco em Campos do Jordão conforme registrado em estudos técnicos (continua)

Localização	Data do evento	Evento e dano	Pluviometria	Informações adicionais
Vila Albertina	18/08/1972	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deslizamento de encostas;</li> <li>- Magnitude 3;</li> <li>-17 óbitos; 60 moradias soterradas</li> </ul>	Início da chuva às 08:15 de 18/08/1972	Deslizamento de cerca de 70.000 m <sup>3</sup> de lama altamente aquosa e rica em matéria orgânica de origem vegetal, na Vila Albertina. O material se liquefez devido à carga de um pequeno aterro, talvez auxiliada pela vibração provocada pelo trabalho do trator que transportava a terra (AMARAL; FUCK, 1973).
Bairro Britador, Vila Santo Antônio, Vila Popular Paulista	15/01/1991	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deslizamento de encostas;</li> <li>- Magnitude 4;</li> <li>-149 desabamentos de barracos</li> </ul>	200 mm (76,8 mm no dia 14, 77,3 mm no dia 15 e 60,4 mm de chuva no dia 16, totalizando um acumulado de 3 dias superior a 200 mm de chuva contínua)	O tipo de evento ocorrido está associado a uma chuva de longa duração e alta intensidade.

Quadro 14 – Acidentes em áreas de risco em Campos do Jordão conforme registrado em estudos técnicos (continuação)

Localização	Data do evento	Evento e dano	Pluviometria	Informações adicionais
<b>Bairro Santo Antônio, Bairro Andorinha, Bairro Britador</b>	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 4;	Início da chuva em 31/12/1999. Duração de 5 dias, atingindo um acumulado de 453,2 mm	O fator antrópico associado às intervenções do tipo corte e aterro foi o principal condicionante para a ocorrência generalizada de acidentes de escorregamentos. A associação entre terrenos de alta declividade natural e assentamentos espontâneos de baixa renda tem sido o fator predisponente decisivo na ocorrência de acidentes de escorregamentos. O baixo grau de urbanização dessas áreas também deve ser considerado na questão da ocorrência de escorregamentos, principalmente no que tange à ausência ou deficiência dos sistemas de drenagem superficial.
<b>Britador</b> - Setor 1A compreende a pedreira do Britador e o terreno leste adjacente	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	A ocupação desse setor é escassa, fruto do impacto destrutivo dos escorregamentos ocorridos em 2000, e das ações de remoção realizadas posteriormente. Durante o evento chuvoso de 2000 ocorreram diversos escorregamentos de grande porte resultando no desmoronamento de diversas moradias. Um grande número de moradias foi condenado em laudos técnicos indicando risco iminente. O setor 1A apresenta <b>grau muito alto de risco</b> de ocorrência de acidentes de escorregamento.
<b>Britador</b> - Setor 1B compreende a área de grotão na porção oeste do Bairro Britador	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Durante o evento de 2000 houve um grande escorregamento envolvendo praticamente toda a área do setor. O setor 1B apresenta <b>grau muito alto de risco</b> de acidentes de escorregamento.
<b>Britador</b> - Setor 1C está localizado entre a pedreira do Britador e o grotão do setor 1B	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Durante o evento de 2000 o setor sofreu acidentes pontuais associados a taludes de corte e aterro, e hoje, a maioria da área encontra-se desocupada. O Setor 1C apresenta grau de risco muito alto de acidentes de escorregamentos.
<b>Britador</b> - Setores 2B, 2C e 2D localizados entre as ruas Geraldo Félix Pereira e José Bráz	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Podem ser observadas ao longo da Rua Geraldo Félix Pereira, ruínas de casas removidas após as instabilizações ocorridas durante o evento de 2000.
<b>Britador</b> - Setores 2F e 2I compreendidos entre as ruas Geraldo Félix Pereira, Curió e Tico-tico	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Os primeiros problemas já podem ser observados no cruzamento entre a Rua Geraldo Félix Pereira e a Rua Gaivota quando, no evento de 2000, um muro de contenção sofreu queda e até hoje não foi remediado. Durante o evento de 2000 foram registrados diversos casos de escorregamentos pontuais envolvendo as moradias locais. A área está classificada como de <b>alto risco</b> de ocorrência de escorregamentos

Quadro 14 – Acidentes em áreas de risco em Campos do Jordão conforme registrado em estudos técnicos (continuação)

Localização	Data do evento	Evento e dano	Pluviometria	Informações adicionais
<b>Santo Antônio</b> - Os setores 1E e 1F, no bairro da Vila Santo Antônio, compreendem trecho de área localizada entre as ruas Beija Flor e Gaivota, separado pela Rua Curió	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	No trecho de maior declividade natural do setor (entre as ruas Beija Flor, Curió e Tico-tico, no final da Rua do Pinho), o escoamento desordenado e a concentração das águas pluviais advindas de montante, durante o evento chuvoso de 2000, causaram a instabilização de extensa área, com o aparecimento de trinças e degraus de abatimento nos terrenos e nas antigas residências, que tiveram que ser demolidas. Esses setores encontram-se com a maior parte da área desabitada, e deve ser assim mantida até a definição de um projeto específico de reabilitação do local. Os setores 1E e 1F sofreram sérias consequências decorrentes do evento chuvoso de 2000. O setor apresenta <b>risco muito alto</b> de possibilidade de ocorrência de acidentes de escorregamentos.
<b>Santo Antônio</b> - Setor 1G compreendido por anfiteatro de drenagem localizado entre a Av. Ademar de Barros e rua Canário	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Esta área está desocupada desde o evento chuvoso de 2000. O escorregamento ocorrido atingiu extensa área e mobilizou um grande volume de material de todo o setor. Esse material depositou-se nos terrenos de sopé das encostas soterrando moradias dos setores à jusante. O setor apresenta <b>grau muito alto de risco</b> de ocorrência de escorregamentos
<b>Santo Antônio</b> - Setor 2J localizado entre as ruas Tucano, Azulão e escadaria Canário	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Durante o evento de 2000 a área foi atingida por focos localizados de escorregamentos associados aos taludes de corte e aterro. O setor 2J apresenta <b>alto grau de risco</b> de escorregamentos.
<b>Santo Antônio</b> - Setores 2L e 2M compreendidos entre a Av. Ademar de Barros, Rua Canário e escada para Rua Araponga	Diversos anos	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Esta área apresenta ocupação densa e foi palco de diversos escorregamentos planares rasos associados a taludes de corte e aterro. O setor apresenta um <b>alto grau de risco</b> de escorregamentos.
<b>Santo Antônio</b> - Setor 3C e 3E	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	No evento de 2000, o setor 3C sofreu instabilizações esparsas e focos de escorregamentos pontuais em taludes de corte e aterro e, portanto, apresenta <b>risco moderado</b> de ocorrência de escorregamentos.
<b>Santo Antônio</b> - Setor 3D	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	O setor foi palco de alguns acidentes pontuais de escorregamentos durante o evento chuvoso de 2000.
<b>Santo Antônio</b> - Setores 3F e 3H compreendidos entre as ruas Azulão e Av. Treze de Junho	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Durante o evento de 2000 a área não foi palco de acidentes de escorregamentos e é classificada como de <b>baixo grau de risco</b> .
<b>Santo Antônio</b> - Setor 3G	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Durante o evento de 2000 a área foi atingida por escorregamentos localizados nos taludes de corte e aterro.
<b>Andorinhas</b> - Os setores 3I, 3J e 3L, localizados na porção extremo leste da área, entre as ruas Adalto Camarg Neves, Geraldo Félix Pereira e José Bráz	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	A área desses setores foi palco de escorregamentos durante o evento de 2000. Apresenta <b>grau de risco moderado</b> de acidentes de escorregamentos, associados principalmente a instabilizações pontuais em taludes de corte e aterro.

Quadro 14 – Acidentes em áreas de risco em Campos do Jordão conforme registrado em estudos técnicos (continuação)

Localização	Data do evento	Evento e dano	Pluviometria	Informações adicionais
<b>Andorinhas</b> - O setor 2A compreende o terreno localizado entre as ruas Geraldo Felix Pereira e Adalto Camargo Neves	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	O evento de 2000 registrou diversos focos de escorregamentos, o que levou o poder público a remover parte das residências de meia encosta, em situação de risco iminente.
<b>Andorinhas</b> - Setor de encosta (2N) localizado na porção nordeste da área, no trecho inicial da Avenida Ademar de Barros	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Durante o evento chuvoso de 2000, o setor 2N foi palco de diversos focos de escorregamentos associados aos taludes. O setor apresenta <b>alto grau de risco</b> de ocorrência de acidentes de escorregamentos.
<b>Vila Albertina</b> - Setor 1A possui área delimitada pela Rua F, Travessa Sereno, Rua Santa Clara e limite de vertente da drenagem da Saudade.	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Esse setor encontra-se em área de muito alto risco de ocorrência de acidentes de escorregamento e apresentou muitos casos de escorregamentos durante o evento chuvoso de 2000.
<b>Vila Albertina</b> - Setor 1E apresenta área configurada pelos limites de um anfiteatro de drenagem	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Não se apresenta ocupado por moradias e sofreu intenso movimento de massa durante o evento chuvoso de 2000.
<b>Vila Albertina</b> - Setor 2A corresponde a Área delimitada pelas travessas Garoa, Sereno e Samambaia e Rua Granizo	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Durante o evento chuvoso de 2000, foram registrados focos de escorregamentos ao longo de todo o setor.
<b>Vila Albertina</b> - Setor 2B localizado entre a travessa Samambaia, Rua Pernalonga e Rua F	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Durante o evento de 2000 houve registro de acidentes no interior do setor.
<b>Vila Albertina</b> - Setor 2C possui área delimitada pela Rua F, Rua A e anfiteatro de drenagem do setor 1D	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Esta área sofreu, com o evento chuvoso de 2000, escorregamentos de médio porte que colocaram em risco a população local. Apesar da retirada das moradias em risco iminente, o local ainda apresenta alto índice de possibilidade de ocorrência de novos escorregamentos e de atingimento por materiais provindos de montante.
<b>Vila Albertina</b> - Setor 2F possui área compreendida entre a Avenida Genko Sakane, Rua Santa Clara e calha de drenagem	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Durante o evento de 2000, foram registradas ocorrências de escorregamentos de caráter localizado, associados a taludes de corte.
<b>Vila Paulista Popular, Monte Carlo</b> - Setores 2A e 2B estão localizados entre as ruas João Inácio Bicudo e Amâncio Mazaropi	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Ambos os setores apresentam <b>alto grau de risco</b> de ocorrência de acidentes de escorregamentos. Os acidentes mais comuns nessas áreas estão relacionados a escorregamentos pontuais de taludes de corte e aterro. No entanto, conforme se aproximam do anfiteatro de drenagem estes conferem maior amplitude, colocando em risco vidas humanas. Vide registro do acidente ocorrido durante evento chuvoso de 2000.
<b>Vila Paulista Popular, Monte Carlo</b> - Setor 2C localizado na porção centro-oeste da área em estudo	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Foram registrados durante o evento chuvoso de 2000 grandes escorregamentos ao longo de toda a porção de meia encosta, mobilizando grande volume de material.

Quadro 14 – Acidentes em áreas de risco em Campos do Jordão conforme registrado em estudos técnicos (conclusão)

Localização	Data do evento	Evento e dano	Pluviometria	Informações adicionais
<b>Vila Paulista Popular, Monte Carlo</b> - Setor 2D localizado na porção centro-oeste da área em estudo	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	O setor apresenta alto risco de acidentes de escorregamentos e de atingimento das moradias da porção basal da encosta. Durante o evento chuvoso de 2000, foram registrados diversos focos de escorregamentos ao longo de todo o setor.
<b>Vila Paulista Popular, Monte Carlo</b> - Setor 1A está em área correspondente a um anfiteatro restrito de drenagem localizado entre as ruas João Inácio Bicudo e Amancio Mazaropi	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	As declividades reinantes são altas, superiores a 30° e representam os flancos íngremes desse anfiteatro conferindo ao setor um risco muito alto de ocorrência de acidentes de escorregamentos como foi documentado durante o evento chuvoso de 2000.
<b>Vila Nadir</b> - Setor 2C compreende os terrenos delimitados pela Rua José Cássio Macedo Soares, Rua José Lopes da Silva e Rua João Tranchesí	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	No evento de janeiro de 2000, as instabilizações de encosta envolveram desde pequenas rupturas pontuais em taludes de corte e aterro, até grandes escorregamentos planares na forma de violentas avalanches mobilizando com alto poder destrutivo grandes volumes de solo e detritos diversos, do topo à base da encosta. As rupturas de grande extensão foram responsáveis pela destruição total de diversas moradias. O Setor 2C foi a área mais atingida por escorregamentos no bairro de Vila Nadir.
<b>Vila Nadir</b> - Setor 3B, situado entre a Rua José Cássio Macedo Soares e Rua Francisco C. Pinto	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	No evento de 2000, as rupturas nos taludes de corte mobilizaram grandes volumes de solo e causaram a queda de muitas árvores de porte médio. Esse material causou a obstrução da pista e o desvio de grande volume de água para as encostas situadas a jusante. Esse fato contribuiu sobremaneira para a ocorrência dos graves acidentes causados pelas rupturas de grande porte no setor 2C.
<b>Vila Nadir</b> - Setores 3I e 3H compreendem porções de encosta do trecho superior do anfiteatro de drenagem da Vila Nadir com ocupação densa e consolidada	2000	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	No evento de 2000 esses setores foram palco de algumas ocorrências desse tipo, sem, contudo, provocar graves acidentes como aqueles havidos em outras porções de encosta do bairro. Esses setores apresentam <b>grau moderado de risco</b> de escorregamentos.
<b>Vila Sodipe</b> - Setor 1A, situado entre as ruas José Cássio de Macedo Soares e Antônio Luz	Diversos anos	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	A área do setor 1A apresenta encostas com declividades acentuadas e intervenções intensas no meio físico, tanto nos terrenos superiores abaixo da Rua José Cássio de Macedo Soares, quanto principalmente nos terrenos de sopé de encosta da Rua Antônio Luz, onde as moradias encontram-se logo abaixo de taludes de cortes íngremes e altos, e que frequentemente sofrem problemas de escorregamentos. Os acidentes mais comuns relacionam-se com a ocorrência de escorregamentos nos taludes de corte e rupturas de porções de aterro lançado.
<b>Vila Abernéssia</b>	2002	- Deslizamento de encostas; - Magnitude 3	Sem informação	Trata-se de um processo de instabilização de encostas condicionado pela presença de uma camada de argila orgânica em anfiteatro restrito de drenagem. O processo de instabilização teve origem a partir da execução de obras de escavação que modificaram a condição de estabilidade original. A exposição e consequente desconfinamento da camada de argila orgânica saturada, situada logo abaixo da cobertura superficial de aterro, causou a instabilização do terreno, provocando trincas de tração, degraus de abatimento e rupturas remontantes na porção superior adjacente e esforços compressivos na porção de base.

Fonte: Adaptado de IG (2014).

Quadro 15 –Registros de ocorrências de acidentes em Campos do Jordão no período de 2000 a 2013

Data da ocorrência	Localização	Tipo de evento	Dano
01/12/2000	Estrada Monteiro Lobato, km 119 e 125	<b>Deslizamento</b>	Sem informação
10/02/2002	Bairro Horto Florestal; Vila Santo Antônio	<b>Deslizamento</b>	30 desabrigados
07/04/2002	Capivari; Jaguaribe; Recanto Feliz; Vila Britânia	<b>Deslizamento</b> , alagamento	10 desabrigados
04/02/2003	Vários bairros	Transbordamento de rio; alagamento; <b>deslizamento</b>	Sem informação
23/02/2004	Bela Vista; Monte Claro; Rodovia Floriano Rodrigues Pinheiro	<b>Deslizamento</b>	22 desabrigados
26/12/2004	Rua Paulo Alves dos Santos nº 106	<b>Deslizamento</b>	8 desalojados
06/03/2006	Vila Paulista Popular	<b>Deslizamento</b>	3 óbitos
21/03/2006	Viela projetada conhecida como "Cachoeirinha"	<b>Deslizamento</b>	4 desalojados
03/01/2007	Vila Santo Antônio (Rua Pavão, nº 15)	<b>Deslizamento</b>	5 desabrigados
29/01/2008	Bairro Alto do Manancial; Vila Albertina (Rua Ana Maria da Costa nº 173); Vila Santo Antônio (Rua Beija-flor nº 470); Rodovia Monteiro Lobato (SP-50)	<b>Deslizamento</b>	5 desalojados
18/02/2009	Jaguaribe (Avenida Januário Miraglia, s/nº)	<b>Deslizamento</b>	4 desalojados
20/03/2010	Fracalanza (Rua Enéas da Rocha Ribeiro, nº 504)	<b>Deslizamento</b>	Sem informação
31/01/2012	Jardim Monte Carlo (Rua Monte Carlo s/n)	<b>Deslizamento</b>	Sem informação
10/01/2013	Bairro Floresta Negra (Rua Olivia Correa de Oliveira, n 238 e 228); Vila Nadir (Rua José Cássio Macedo Soares); Vila Sodipe (Rua Santos Sanches)	<b>Deslizamento</b>	Sem informação
11/01/2013	Bairro Floresta Negra; Biquinha; Britador; Jardim Brancas Nuvens; Jardim Monte Carlo; Jardim Santa Cruz; Vila Albertina; Vila Nadir; Vila Santo Antônio	Enchente; <b>deslizamento</b>	2 desabrigados; 143 desalojados

Fonte: Adaptado de CEDEC<sup>14</sup> (2013 apud IG, 2014).

### 5.3. Gestão de desastres causados por deslizamentos no município de Campos do Jordão

Como apresentado na Revisão Bibliográfica, a gestão de risco de desastre é dividida em 5 etapas distintas e inter-relacionadas: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (BRASIL, 2012).

Essas etapas podem ser agrupadas, dependendo da metodologia e da definição adotada. Esse trabalho utilizou a mesma divisão apresentada na Figura 47.

Figura 47 – Gestão Integrada em Proteção e Defesa Civil



Fonte: Brasil (2017a).

#### 5.3.1. Planos e estudo

Os itens a seguir apresentam os principais planos e estudos do município de Campos do Jordão aplicáveis à gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa gravitacionais.

### 5.3.1.1. **Plano Diretor - 2003**

A Lei nº 2.737/03 de 2 de maio de 2003 aprovou o Plano Diretor Estratégico e instituiu o Sistema de Planejamento do Município de Campos do Jordão (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO, 2003). O plano diretor apresenta seus objetivos específicos, dentre eles, pode-se citar a preservação das condições ambientais, a garantia de uma drenagem adequada, a conservação do solo e a recuperação das encostas. Dentre os objetivos gerais e estratégicos do plano, é elencada a implantação de um Sistema de Geoprocessamento Integrado, que reúne dados físicos e socioeconômicos do município.

Apesar de apresentar os objetivos, o plano diretor não apresenta as ações estratégicas e nem os indicadores necessários para a avaliação do progresso visando atingir os objetivos estabelecidos.

O Título VIII do plano diretor apresenta as questões do macrozoneamento e da estrutura urbana. O uso do solo, assim como seus índices de ocupação e construção, é subordinado às restrições da legislação da APA e dos artigos 21 e 42 do Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/2001 (BRASIL, 2001). Ademais, a determinação do uso do solo e de seus índices de ocupação e construção tem como critério a categorização de risco contra erosão e deslizamento apresentada na Carta Geotécnica elaborada pelo IPT.

A Política Setorial de Meio Ambiente e Proteção dos Recursos Naturais é apresentada no Título IX (Das Políticas Setoriais) que tem como objetivo a preservação, a proteção e a recuperação do ecossistema, do clima, de paisagens notáveis, de recursos hídricos e áreas frágeis que requerem controles adicionais de uso e ocupação do solo. O plano diretor define a Secretaria de Meio Ambiente, a Secretaria da Agricultura e a Secretaria de Planejamento como responsáveis por essa política setorial. Dentre as funções dessa política pode-se citar:

- Elaboração de Carta Geológica do município;
- Instituição e atualização periódica de mapas oficiais e normas específicas de controle de uso e preservação do meio ambiente, como, por exemplo, mapa de áreas de declividade acentuada, de recursos hídricos, de vegetação nativa, dentre outros, e de normas de controle de uso e preservação do meio ambiente;
- Instituição de programas específicos de recuperação de áreas degradadas por desmatamento, mineração ou deslizamento, e;

- Instituição de programas específicos de defesa civil, especificamente em relação à prevenção e atendimento às consequências de chuvas excessivas, enchentes, deslizamentos, incêndios, invasões e catástrofes em geral.

#### **5.3.1.2. Plano Municipal de Redução de Risco – 2006**

O Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) foi elaborado em 2006 e teve como objetivo reunir informações técnicas e de gestão para auxiliar o poder público na implantação de ações estruturais e não estruturais, tendo em vista a redução e o controle de situações de riscos de movimentos de massa e solapamentos de margens de córregos (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO, 2006).

O PMRR apresenta modelos técnicos e projetos de baixo custo e impacto nas áreas de drenagem, contenção, acesso e edificações, que possuem como objetivo minimizar o risco na ocupação de encostas. Quanto à estabilização de erosão são apresentadas Palificada de Parede Simples e Palificada de Parede Dupla. Já em relação à drenagem são apresentados modelos técnicos com materiais de madeira e pedra sendo eles, Canaleta em Tábuas, Escada Hidráulica, Dissipadores de Energia em Madeira e Calha em Vigas de Madeira.

Além das proposições técnicas, o PMRR atuou também na capacitação da equipe de técnicos da prefeitura fornecendo orientações sobre o mapeamento de risco, sobre a política municipal de habitação e sobre os modelos técnicos elaborados. O objetivo dessa ação era fornecer ferramentas para os profissionais locais para implantar o gerenciamento das áreas de risco e reconhecer a existência do problema.

A viabilidade econômica das ações na área da habitação e de ocupação de risco é uma preocupação do PMRR, para isso o plano apresenta opções de programas de financiamento federal, estadual e internacional assim como seus objetivos e suas exigências específicas. Ademais, o plano apresenta o dimensionamento da demanda de investimento financeiro diagnosticada.

O PMRR analisou os diversos modelos urbanísticos para habitação popular e sugeriu intervenções específicas para cada região no município com relação à realocação e modelos urbanos para áreas ocupadas irregularmente.

No plano de gestão, o PMRR apresenta a necessidade da manutenção do cadastro atualizado em relação aos setores de risco, apontando que esse deve ser elaborado em uma base de SIG com periodicidade tri anual.

Outro instrumento de gestão apresentado pelo PMRR é o congelamento, isto é, o impedimento e o controle rigoroso de novas construções em áreas de ocupação irregular. Também é apontada a necessidade da atualização anual do Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC, da elaboração de projetos específicos de modelos habitacionais, de levantamentos topográficos, sondagens, capacitação de equipes, educação ambiental, projetos de urbanização de áreas desocupadas, dentre outros.

### **5.3.1.3. Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens - 2014**

De acordo com IG (2014) o objetivo do trabalho foi:

[...] elaborar o mapeamento de riscos de escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens do município de Campos do Jordão, SP, nas escalas regional (1:50.000) e local (1:3.000), com o auxílio de levantamentos de campo executados em 2013 e 2014.

No processo de avaliação de riscos de desastres causados por deslizamentos, o IG realizou em Campos do Jordão o mapeamento das áreas de risco, delimitando 175 setores e classificando-os de acordo com o grau de risco (R1 – Risco baixo, R2 – Risco médio, R3 – Risco alto e R4 – Risco muito alto) e com o processo associado ao risco. O Quadro 16 apresenta a sistematização do número de setores e moradias que apresentam risco de escorregamento, inundaçāo, erosão e solapamento de margem de drenagem. E o Quadro 17 apresenta o número de setores, o número de moradias, equipamentos e vias associados ao grau de risco de escorregamentos em encostas no município de Campos do Jordão.

Quadro 16 – Sistematização do número de setores e moradias que apresentam risco de escorregamento, inundaçāo, erosão e solapamento de margem de drenagem no município de Campos do Jordão-SP

	<b>Escorregamento</b>	<b>Inundaçāo</b>	<b>Erosão</b>	<b>Solapamento de margem de drenagem</b>	<b>Total</b>
<b>Setores</b>	122 (70%)	51 (29%)	1 (0,5%)	1 (0,5%)	175 (100%)
<b>Moradias</b>	3.535 (88,7%)	389 (9,8%)	10 (0,2%)	51 (1,3%)	3.985 (100%)

Fonte: Adaptado de IG (2014).

Observa-se que 70% dos setores e 88,7% das moradias são afetas por movimento de massa, sendo, portanto, o tipo de desastre que mais afeta o município. Por isso, é essencial a gestão de risco desse fenômeno.

Quadro 17 – Número de setores, número de moradias, equipamentos e vias associados ao grau de risco de escorregamentos em encostas no município de Campos do Jordão

<b>R1 – Risco Baixo</b>	<b>15 setores;</b> 465 moradias.
<b>R2 – Risco Médio</b>	<b>50 setores;</b> 981 moradias.
<b>R3 – Risco Alto</b>	<b>33 setores;</b> 801 moradias; 1 grande equipamento (escola pública); 32 estabelecimentos comerciais.
<b>R4 – Risco Muito Alto</b>	<b>24 setores;</b> 1288 moradias.
<b>Total</b>	<b>122 setores (70 %);</b> 3535 moradias; 1 grande equipamento (escola pública); 32 estabelecimentos comerciais.

Fonte: Adaptado de IG (2014).

O mapeamento realizado pelo IG (2014) aponta que as características geomorfológicas, como, por exemplo, a altura dos taludes de corte e a alta declividade das encostas naturais, foram os fatores principais no processo de delimitação e classificação dos setores de risco do município. Outras características também influenciaram e tiveram maior relevância em alguns setores, como as características da ocupação e das interferências antrópicas, em especial nos locais onde ocorreram ocupações não planejadas, desordenadas, com o emprego de moradias precárias e ausência ou insuficiência de drenagem para a captação e condução de águas pluviais.

#### **5.3.1.4. Plano de Contingência de Campos do Jordão – 2014 a 2020 – atualizado em abril 2017**

O Plano de Contingência tem como objetivo estabelecer os procedimentos a serem adotados na etapa de resposta às emergências e desastres relacionados aos movimentos de massa, enxurradas e inundações no município. O plano teve como base as avaliações e o mapeamento elaborados pelo IG (2014).

No plano são estabelecidos cenários de risco e setorização para implantação de possíveis postos de comando, rotas de fuga e abrigos, com base no IG (2014). São apresentadas as seguintes informações para cada setor de risco levantado: número

de moradias, número de pessoas, nome dos abrigos, assim como sua área e capacidade, posto de comando e as rotas de fuga.

A estrutura de operações de resposta é definida pelo plano dividindo os órgãos pela sua atuação em caso de emergências e desastres:

- Socorro: Secretaria de Saúde, Pronto Atendimento Municipal;
- Salvamento: Corpo de Bombeiros de Campos do Jordão;
- Atendimento Pré-hospitalar: Pronto Atendimento Municipal;
- Evacuação e Transporte: Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil, Secretaria Municipal de Obras e Secretaria Municipal de Educação, e;
- Assistência às vítimas: Secretaria Municipal de Assistência Social.

A Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil é responsável pela coordenação da resposta em caso de emergências e desastres.

#### **5.3.1.5. Plano Municipal de Drenagem - 2017**

O Plano Municipal de Drenagem – PMD de Campos do Jordão (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO, 2017) apresenta estudo detalhado sobre o sistema de drenagem do município assim como indica obras necessárias para a adequação do sistema, objetivando prevenir ou controlar eventos de enchentes, inundações e deslizamentos de encostas. O PMD utilizou o SIG em diversas etapas do projeto. No processo de diagnóstico ambiental do município, o SIG foi utilizado para a análise das seguintes informações: localização, pedologia, geologia, geomorfologia, uso e ocupação, hidrografia, vegetação e hipsometria. Ademais, no estudo hidrológico o SIG foi aplicado para a definição de parâmetros utilizados nas simulações hidrográficas e no estudo hidráulico foi utilizado para a geração de Modelos Digitais de Terreno – MDT.

O foco principal do PMD é a problemática das enchentes e inundações, contudo são apresentadas medidas não estruturais que são importantes e podem ser utilizadas na gestão dos movimentos de massa.

Dentre as medidas não estruturais propostas têm-se a inclusão, no Plano Diretor Municipal, da delimitação física e usos permitidos das APPs. As APPs auxiliam

na preservação dos recursos hídricos e na estabilidade geológica. Outras medidas dizem respeito às propriedades e seus usos, sendo elas: transferência do direito de construir; outorga onerosa do direito de construir; lei de uso e ocupação do solo.

O PMD apresenta também medidas não estruturais no âmbito dos meios de comunicação, ampliando a interação entre os executores e os usuários do sistema de drenagem por meio do acesso às informações do sistema de gestão e do canal de atendimento ao público.

Outra medida é a criação de um banco de dados do sistema de drenagem que consiste na compilação e sistematização de informações coletados pelos canais de atendimento, dados da defesa civil e de estudos existentes, auxiliando no processo de diagnóstico e tomada de decisão.

Por último, recomenda-se a criação do Departamento ou Divisão responsável pelos serviços de drenagem de águas pluviais.

O PMD sugere que no sistema de alerta sejam incorporadas as chuvas com características iguais ou superiores às apresentadas no Quadro 18.

Quadro 18 – Precipitações críticas de Campos do Jordão-SP

Tempo de retorno (anos)	Duração (min)	Intensidade (mm/min)	Precipitação total (mm)	Risco associado ao evento
100	150	0,60	90,64	Deslizamentos, alagamentos e inundações
100	20	2,04	40,83	Alagamentos e inundações
50	150	0,56	83,70	Deslizamentos e alagamentos
10	10	2,02	20,25	Alagamentos
10	30	1,24	37,23	Alagamentos
10	300	0,27	82,00	Deslizamentos

Fonte: Prefeitura Municipal de Campos do Jordão (2017).

### **5.3.2. Avaliação e sistematização dos planos e estudo nas etapas de gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa**

Após serem avaliados, os planos e estudo foram enquadrados nas cinco etapas da gestão de desastres naturais conforme é apresentado no Quadro 19.

Quadro 19 – Classificação dos planos e estudo nas etapas de gestão de desastres causados por movimentos de massa no município de Campos do Jordão-SP

	Prevenção	Mitigação	Preparação	Resposta	Recuperação
<b>Plano Diretor (2003)</b>	X				
<b>Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR (2006)</b>	X	X			
<b>Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens (2014)</b>	X				
<b>Plano de Contingência de Campos do Jordão – 2014 a 2020 – atualizado em abril 2017</b>			X	X	
<b>Plano Municipal de Drenagem – PMD (2017)</b>	X	X			

Observa-se que o Plano Diretor, o PMRR, o mapeamento do IG (2014) e o PMD são enquadrados na etapa de prevenção da gestão de risco devido ao seu caráter de avaliação e redução de risco, apontando as principais ações e medidas a serem elaboradas e implantadas no município. Esses instrumentos são de suma importância, pois auxiliam o governo a implantar as ações e medidas propostas e tomar decisão prevenindo escorregamentos no município, por meio da redução de risco, principalmente quanto aos deflagradores desse tipo de desastre.

O PMRR e o PMD são os únicos que atuam na etapa de mitigação de gestão de risco de desastres ao proporem medidas estruturais e não estruturais para reduzir ou evitar os impactos dos desastres. O único plano que atua nas etapas de preparação e resposta é o Plano de Contingência, sendo essencial no processo de gestão de risco de desastres no município.

Nenhum dos planos e estudo analisados atuam na etapa de recuperação. Contudo, isso não significa que a recuperação de áreas impactadas pelos movimentos de massa não ocorra no município. A recuperação é realizada conforme há a ocorrência de movimentos de massa e dos impactos e dados gerados por eles. Por muitos anos, os governos, de uma maneira geral, apenas atuaram na etapa de recuperação, não investindo tempo e recursos para as outras etapas que eliminam ou reduzem os movimentos de massa e/ou seus impactos. Portanto, é positivo que os planos e estudo analisados atuem principalmente nas etapas de prevenção e mitigação.

Sintetizando, dos cinco instrumentos analisados, quatro atuam na etapa de prevenção, dois na mitigação e um na preparação e resposta da gestão de risco de desastres.

Para além da elaboração de planos e estudos, é essencial que as ações, os projetos e os programas definidos por eles sejam colocados em prática, como, por exemplo, as medidas estruturais e não estruturais apresentadas pelo PMRR e pelo PMD. Os planos e estudos têm como objetivo auxiliar a gestão municipal e melhorar as condições de vida da população, portanto, não devem ser elaborados apenas pela obrigatoriedade legal ou para simples obtenção de recursos para o município.

Ademais, o município deve utilizar as informações, os dados, os estudos e os planos de forma integrada, auxiliando na tomada de decisões e permitindo que o município atue na gestão de risco de desastres de maneira sistêmica, coesa e planejada.

Um fator importante é que o município elabore programas, projetos ou planos para as diretrizes e sugestões apontadas pelo Plano Diretor, pelo PMRR, pelo Plano de Contingência e pelo PMD, mas para os quais não foram apresentados prazos, ações e responsáveis, como, por exemplo, a criação de um banco de dados georreferenciado e um SIG para o município.

Além disso, é essencial que os planos existentes sejam revisados, atualizados e novas propostas sejam adicionadas. Por exemplo, o Plano Diretor deveria ser revisado, no mínimo, a cada 10 anos, podendo apresentar áreas para ocupação que não sejam classificadas como áreas de alta e média suscetibilidade a movimentos de massa, incorporar as sugestões apresentadas pelo PMD e transformar suas atuais diretrizes em ações. O PMRR poderia ser atualizado, apresentando novas medidas estruturais e não estruturais para reduzir os riscos de desastres com novas tecnologias e/ou técnicas bem-sucedidas utilizadas em outras cidades, novos programas de capacitação para gestores e técnicos e atualização das fontes de financiamento. O Plano de Contingência, que foi atualizado em 2017, poderia conter um cronograma de treinamento que simule casos de desastres causados por movimentos de massa para gestores, técnicos e para a sociedade civil por meio do posto de comando e seus respectivos setores.

Outra questão importante seria o estabelecimento de indicadores e metas, contendo prazos e responsáveis, com o propósito de avaliar os objetivos, as ações, os projetos, os programas e os planos que atuam nas cinco etapas da gestão de risco

de desastres causados por movimentos de massa. Os indicadores possibilitariam avaliar se há a necessidade de aumentar os recursos, alterar uma medida por outra mais eficaz ou acrescentar sugestões e melhorias apresentadas por técnicos e pela sociedade civil.

Todas as informações, dados, estudos, relatórios, leis, normas, documentos, planos, projetos, dentre outros devem ser de fácil acesso e disponibilizados para gestores, técnicos e sociedade como um todo. Recomenda-se que eles sejam reunidos em um mesmo local, tanto físico como virtualmente, facilitando o acesso à informação. Portanto, sugere-se que esses documentos sejam inseridos no site da prefeitura municipal e disponibilizados para consulta e *download*. É essencial que essa medida seja elaborada de acordo com as necessidades dos usuários e em conjunto com gestores, técnicos e sociedade civil, para que seja de fato utilizada. Essas ações têm como objetivo a democratização da informação, que auxilia na participação social, na gestão municipal e na elaboração de novos estudos e conhecimentos, três aspectos essenciais para o desenvolvimento do município.

### **5.3.3. Avaliação e sistematização do uso do SIG pelos principais instrumentos aplicáveis à gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa**

Nesse item são apresentadas as avaliações e a sistematização do uso do SIG pelos principais instrumentos aplicáveis na gestão de desastres causados por movimentos de massa no município de Campos do Jordão.

O SIG foi utilizado no processo de caracterização do município tanto pelo mapeamento realizado pelo IG (2014) como pelo PMD. Ademais, foi utilizado pelo IG (2014) na elaboração do mapeamento nas escalas regional e local. O mapeamento elaborado pode e deve ser utilizado para dar suporte para instrumentos de planejamento como planos diretores e zoneamento ambiental regional, como indicado pelo Plano Diretor e PMRR.

O Plano Diretor aponta que a implantação de um Sistema de Geoprocessamento Integrado, que reúna dados físicos e socioeconômicos do município, é extremamente importante, sendo elencada nos objetivos gerais e estratégicos do plano. Soma-se a essa avaliação, a ação permanente proposta pelo PMRR da criação de um cadastro de setores de risco em uma base de SIG e a medida

não estrutural apontada pelo PMD que consiste na criação de um banco de dados do sistema de drenagem para auxiliar no diagnóstico e na tomada de decisão.

O Plano de Contingência se baseou no mapeamento elaborado pelo IG (2014), contudo não apresenta em seu conteúdo se o SIG foi utilizado para o estabelecimento de abrigos, postos de comando e rotas de fugas.

Portanto, todos os planos e estudo analisados utilizam direta ou indiretamente o SIG ou recomendam sua utilização pelo município de Campos do Jordão.

De acordo com as respostas do questionário enviado para o Secretário Municipal de Informação e Defesa do Cidadão, o município possui um sistema georreferenciado com base nas ocorrências atendidas, índices pluviométricos e índices do leito do rio que corta Campos do Jordão, que se encontra no site de estações pluviométricas do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN.

#### **5.3.4. Utilização do SIG na gestão de risco de desastres naturais**

Nesse item são apresentados usos do SIG na gestão de desastres naturais que podem ser incorporados no Sistema de Geoprocessamento Integrado, apontado pelo Plano Diretor de Campos do Jordão, e na gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa.

A base de dados do SIG deve conter um conjunto de informações para auxiliar na gestão e no processo de tomada de decisão relativos ao planejamento urbano, à gestão do município e aos desastres naturais, causados por movimentos de massa.

Tendo como objetivo a gestão de risco de desastres naturais, o SIG pode ser utilizado nas etapas da gestão de riscos com os seguintes propósitos:

- Prevenção
  - Análise de perigo;
  - Simulação e modelação;
  - Análise de vulnerabilidade;
  - Avaliação e mapeamento de risco.
- Mitigação

- Planejamento das áreas nas quais são necessárias a aplicação de medidas estruturais para eliminar ou reduzir a probabilidade de um desastre;
- Elaboração de mapas de zoneamentos urbano;
- Elaboração de mapas que sistematizem as informações apresentadas na legislação e nas diretrizes.
- Preparação
  - Inventário de recursos;
  - Planejamento da logística;
  - Planejamento da evacuação;
  - Planejamento da comunicação;
  - Monitoramento;
  - Identificação de cenários;
  - Alerta de perigo.
- Resposta
  - Análise da situação;
  - Mapas críticos;
  - Evacuação e abrigos;
  - Avaliação de danos.
- Recuperação
  - Planejamento urbano;
  - Infraestrutura;
  - Segurança social;
  - Transporte;
  - Água;
  - Comunicação.

Para que o SIG consiga atuar na gestão de riscos, é necessária uma base de dados que contenha as seguintes informações:

- Equipamentos públicos: escolas, hospitais, unidades básicas de saúde, centros de referência, prefeitura e secretarias, defesa civil, praças e etc;

- Hidrogeologia, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, unidades de conservação, hidrografia, bacias hidrográficas, etc;
- População, densidade demográfica, setores censitários, divisão territorial (bairros), residências, sistema viário, tipos de pavimentação, uso e ocupação, zoneamento urbano, dados pluviométricos;
- Drenagem urbana: infraestrutura de micro e macrodrenagem, escoamento preferencial das águas pluviais e proposição de medidas estruturais pelo PMD;
- Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens;
- Suscetibilidade a movimentos gravitacionais;
- Dados de monitoramento e visitas de campo, que visam verificar os indícios de possíveis ocorrências de movimentos de massa, como fissuras e rachaduras nas edificações.

Essas informações auxiliam tanto no processo de planejamento e de tomada de decisões quanto na gestão de risco, permitindo a elaboração e a atualização das seguintes informações e mapas:

- Mapa com as áreas suscetíveis a movimentos de massa, que auxilia na priorização das áreas a serem desocupadas ou áreas prioritárias para receberem medidas estruturais para reduzir a ocorrência de movimentos de massa;
- Mapa com a localização de áreas seguras de ocorrências de movimento de massa, nas quais a população possa se abrigar;
- Mapa de rotas em casos de emergência, que identifica as menores, melhores e mais seguras rotas para as áreas de abrigos;
- Mapa de áreas atingidas por movimentos de massa, que permite a alocação de recursos, escolha da melhor rota de acesso para resgate e ajuda na priorização das áreas mais afetadas e na elaboração da logística de distribuição de recursos e suprimentos.

A plataforma SIG dessa forma auxilia nos processos de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação de desastres naturais causados por movimentos

de massa, além de auxiliar no planejamento e tomada de decisão. Portanto, recomenda-se que a prefeitura do município de Campos do Jordão crie um banco de dados georreferenciados e um SIG, pois são ferramentas que auxiliam e potencializam a gestão municipal.

Para aumentar a efetividade e o alcance dessas ferramentas é importante que ela seja disponibilizada para toda sociedade, tanto pelo uso de softwares gratuitos, como o Quantum GIS (QGIS), quanto pelo uso de plataformas na web, como os exemplos do DataGEO – Sistema Ambiental Paulista (Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo – IDEA-SP) e o SIGA-CEIVAP - Sistema de Informações Geográficas e Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Com a aplicação dessas ações, é possível fomentar a participação social, auxiliar na educação ambiental e no acesso e na democratização da informação.

## 6. CONCLUSÕES

Com base no estudo de caso realizado no município de Campos do Jordão, pode-se concluir que o município é frequentemente afetado por movimentos de massa que atingem principalmente a população urbana do município (99,38% da população total), sendo que os três principais movimentos de massa ocorreram em 1972, 1991 e 2000.

Logo, 7,5% (2,3 km<sup>2</sup>) da área urbana do município é classificada como alta suscetibilidade a movimentos de massa e 23,2% (7,1 km<sup>2</sup>) como média, portanto, 30,7% (9,4 km<sup>2</sup>) da área urbana do município de Campos do Jordão é classificada como média e alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa.

Os principais planos e estudo aplicáveis à gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa, são:

- Plano Diretor – 2003;
- Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) – 2006;
- Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens – 2014;
- Plano de Contingência de Campos do Jordão – 2014 a 2020 – atualizado em abril 2017
- Plano Municipal de Drenagem (PMD) – 2017.

Após a análise dos planos e estudo, concluiu-se que eles atuam nas etapas de prevenção, mitigação, preparação e resposta da gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa, representando quatro das cinco etapas. Na prevenção atuam o Plano Diretor, o PMRR, o mapeamento do IG (2014) e o PMD. O PMRR e o PMD atuam na etapa de mitigação e o Plano de Contingência atua nas etapas de preparação e resposta. É importante ressaltar que nenhum dos planos analisados teve sua atuação classificada na etapa de recuperação. Contudo, esse cenário é positivo, pois as etapas mais importantes para evitar ou mitigar os movimentos de massa e/ou seus impactos são a prevenção e a mitigação.

Tendo em vista esse cenário, é importante que o município de Campos do Jordão coloque em prática os planos e projetos elaborados, utilize os documentos de forma integrada, elabore programas, projetos ou planos para as diretrizes e sugestões apontadas pelos documentos existentes, revise, atualize e adicione novas propostas

para a gestão de risco de desastre, crie indicadores e metas para avaliação dos planos e crie um banco de dados físico e virtual que contenha a documentação existente. Essas medidas auxiliam a tomada de decisões e a atuação municipal na gestão de risco de desastres causados por movimentos de massa de forma coesa e planejada.

Quanto ao uso do SIG por esses planos e estudo, concluiu-se que o SIG foi utilizado separadamente pelo mapeamento realizado pelo IG em 2014 e pelo PMD em 2017 no processo de caracterização do município e da elaboração do mapeamento das áreas de risco. Ademais, o PMD aponta a criação de um banco de dados do sistema de drenagem, o Plano Diretor, um Sistema de Geoprocessamento Integrado e o PMRR, o uso de uma base de SIG para o cadastro de setores de risco.

Portanto, conclui-se que os principais planos e estudo de Campos do Jordão utilizam o SIG direta ou indiretamente na gestão de risco de desastres e três deles apontam a necessidade do uso do SIG para auxiliar no diagnóstico e no processo de tomada de decisão. Após essa avaliação, foram levantados os usos do SIG nas cinco etapas da gestão de desastres naturais, com foco nos movimentos de massa, evidenciando que a utilização do SIG auxilia no planejamento e na tomada de decisão da gestão de desastres e no planejamento do município como um todo.

Além disso, é essencial que a sociedade tenha acesso a base de dados, contendo leis, normas, planos, estudos, documentos, relatórios e projetos, e ao SIG do município, seja por meio de softwares gratuitos ou pela web, fomentando assim a participação social e o acesso e a democratização da informação.

## 7. REFERÊNCIAS

ABBAS, S. H.; SRIVASTAVA, R. K.; TIWARI, R. P.; BALA RAMUDU, P. GIS-based disaster management – A case study for Allahabad Sadar sub-district (India). **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 20, n.1, p.33-51, 2009.

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

ALCÂNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries. **Geomorphology** 47. 2002. p.107-124.

AMARAL, S. E.; FUCK, G. F. **Sobre o deslizamento de lama turfosa ocorrido em Campos do Jordão, SP, em agosto de 1972**. Boletim IG, Instituto de Geociências, USP, v.4, p.21-37, 1973.

ANTENUCCI, J. C.; Brown, K.; Croswell, P. L.; Kevany, M. J.; Archer, H. **Geographic information systems: a guide to the technology**. New York: Chapman and Hall, 1991.

AUGUSTO FILHO, O. Aplicação de SIG em Geotecnica Ambiental. In: ZUQUETTE, L. V. **Geotecnica Ambiental**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2015. p.341-366.

AUGUSTO FILHO, O. Escorregamentos em encostas naturais e ocupadas: análise e controle. In: BITAR, O. Y. **Curso de Geologia aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, 1995. p.77-100.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.243-269.

BGS – BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. **How does BGS classify landslides?** 2017. Disponível em: <[http://www.bgs.ac.uk/landslides/How\\_does\\_BGS\\_classify\\_landslides.html](http://www.bgs.ac.uk/landslides/How_does_BGS_classify_landslides.html)>. Acesso em: 11 de outubro de 2017.

BGS – BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. Landslides. **UK Geohazard Note**. 2012.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. **Política Nacional de Proteção e Defesa Civil**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES. **Relatório Gerencial – Danos Informados**. Data Inicial: 01/01/2013 Data Final: 31/12/2013 UF: SP. 2013. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. CENTRO NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RISCOS E DESASTRES. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013**. Brasília: CENAD; 2014a.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES. **Relatório Gerencial – Danos Informados**. Data Inicial: 01/01/2014 Data Final: 31/12/2014 UF: SP. 2014b. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES. **Relatório Gerencial – Danos Informados**. Data Inicial: 01/01/2015 Data Final: 31/12/2015 UF: SP. 2015. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES. **Relatório Gerencial – Danos Informados.** Data Inicial: 01/01/2016 Data Final: 31/12/2016 UF: SP. 2016. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES. **Relatório Gerencial – Danos Informados.** Data Inicial: 01/01/2017 Data Final: 10/10/2017 UF: SP. 2017b. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. DEPARTAMENTO DE PREVENÇÃO E PREPARAÇÃO. **Módulo de Formação: Noções Básicas em Proteção e Defesa Civil e em Gestão de Riscos. Livro Base.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017a. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/documents/3958478/0/l+-+Gestao+de+Risco+-+Livro+Base.pdf/7f00f4ac-14ba-4813-b3d3-561a703d62a7>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de sistemas de informação geográfica.** Campinas, SP: Unicamp, IV Escola de Computação, 1996. p.193.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2004.

CARDONA, O. D. **El manejo de riesgos y los preparativos para desastres: compromiso institucional para mejorar la calidad de vida.** In: MASKREY, A. (Ed.). Desastres: modelo para armar. Colección de piezas de un rompecabezas social. 1996, cap.9.

CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa.** São Paulo: Melhoramentos.1969.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de planejamento em defesa civil.** Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 1999.

CASTRO, A. L. C. de. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres.** 2º edição, revisada, ampliada. Brasília: MPO/Departamento de Defesa Civil, 1998.

CASTRO, J. M. G. **Pluviosidade e Movimentos de Massa nas Encostas de Ouro Preto.** 2006. Tese (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Geotécnica. Núcleo de Geotecnica, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. 2006.

CBH-SM – COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Serra da Mantiqueira – UGRHI-1.** Volume 1 – Introdução e Diagnóstico. 2015.

CBH-SM – COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA. **Institucional - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** 2017. Disponível em: <<http://www.comitesm.sp.gov.br/institucional.php?k=ugrhi>>. Acesso em: 06 de setembro de 2017.

CELESTINO, T. B.; DINIZ, N.C. **Informática.** In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.227-241.

CEPED UFSC. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012.** Volume São Paulo. 2<sup>a</sup> edição rev. ampl. Florianópolis. 2013a.

CEPED UFSC. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012.** Volume Brasil. 2<sup>a</sup> edição rev. ampl. Florianópolis. 2013b.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.301-310.

CIIAGRO – CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. **Resenha: Campos do Jordão no período de 01/01/2013 até 01/12/2013.** CIIAGRO Online. Resenha Agrometeorológica. Listas por local. 2013. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>>. Acesso em: 18 de agosto de 2017.

CIIAGRO – CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. **Resenha: Campos do Jordão no período de 01/01/2014 até 01/12/2014.** CIIAGRO Online. Resenha Agrometeorológica. Listas por local. 2014. Disponível em:

<<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>>. Acesso em: 18 de agosto de 2017.

COWEN, D. J. **GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences.** Photog. Eng. and Rem. Sen. v.54, n.11, p.1551-1554, 1988.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000.** 2006. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 17 de agosto de 2017.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Serviço Geológico do Brasil. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações – Município de Campos do Jordão-SP.** 2014.

CRED - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Data: A Balanced Perspective. **Cred Crunch.** Issue, nº 48. 2017.

DIAS, M. A. F. S. (Ed.). **As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos.** Nota técnica. São José dos Campos, INPE, 2009. 67p.

DOURADO, F.; FERNANDES, N. F. Os escorregamentos da enseada do Bananal e do Morro da Carioca em Angra dos Reis na Baía de Ilha Grande-RJ. In: RODRIGUES, M. A. C.; PEREIRA, S. D.; BERGAMASCHI, S. **Interações Homem - Meio nas zonas costeiras Brasil/Portugal.** Rio de Janeiro: Corbá, 2013. p.139-146.

EIRD – ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA A REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES. **La Gestión del Riesgo de Desastres Hoy – Contextos globales, herramientas locales.** 2008.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª edição. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. p.306.

EM-DAT. EMERGENCY DISASTERS DATA BASE. The International Disaster Database. **Brazil Disaster & Risk Profile. Internationally Reported Losses 1990 – 2014.** 2015. Disponível em: <<http://www.preventionweb.net/countries/bra/data/>>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

EM-DAT. EMERGENCY DISASTERS DATA BASE. The International Disaster Database. **Classification.** 2016b. Disponível em: <<http://www.emdat.be/explanatory-notes>>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.

EM-DAT. The International Disaster Database. **The EM-DAT Glossary.** 2016a. Disponível em: <<http://www.emdat.be/glossary/9#letterd>>. Acesso em: 17 de outubro de 2016.

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. Environmental Systems Research Institute. **Geographic Information Systems providing the Platform for Comprehensive Emergency Management.** ESRI White Paper. 2008.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: Uma abordagem Geológica-Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.123-194.

FREITAS, C. M.; CARVALHO, M. L. de; XIMENES, E. F.; ARRAES, E. F.; GOMES, J. O. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência – lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, n.6, p.1577-1586, 2012.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Unidades de Conservação Estaduais - Proteção Integral.** 2016a. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 05 de setembro de 2017.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Unidades de Conservação Estaduais - Uso Sustentável.** 2016b. Disponível em: <[http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Arcgis\\_Server\\_Medio\\_Biotico/5/1453115568793/wms](http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/Arcgis_Server_Medio_Biotico/5/1453115568793/wms)>. Acesso em: 05 de setembro de 2017.

GEOFABRIK. **Openstreetmap Data in Layered GIS Format - Brazil.** 2017. Disponível em: <<http://download.geofabrik.de/south-america/brazil.html>>. Acesso em: 17 de agosto de 2017.

HIGHLAND, L. M. BOBROWSKY, P. **The landslide handbook – A guide to understanding landslides.** Reston, Virginia, U.S. Geological Survey, 2008. Circular 1325, 129p.

HUNGR, O.; LEROUEIL, S.; PICARELLI, L. The Varnes classification of landslide types, an update. **Landslides** 11, 2014. p. 167-194.

IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Solos do Estado de São Paulo.**

**Mapa pedológico do Estado de São Paulo, na escala 1:500.000.** Apresenta a descrição dos solos identificados no mapa de solos (Brasil, 1960), o qual representou o primeiro levantamento pedológico efetuado. A legenda foi estabelecida levando em conta a publicação do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SBCS) (EMBRAPA, 1999). 1999. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 17 de agosto de 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico.** 2010a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Shapefile do Setor Censitário 2010.** 2010b. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_de\\_setores\\_censitarios\\_divisoes\\_intramunicipais/censo\\_2010/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios_divisoes_intramunicipais/censo_2010/)>. Acesso em: 17 de agosto de 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Shapefile das malhas digitais do Estado de Minas Gerais e de São Paulo, dos municípios, mesorregião e microrregião do Estado de São Paulo.** 2015. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2015/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/)>. Acesso em: 17 de agosto de 2017.

IDE, F. S. **Escorregamento, meteorologia e precipitação: uma proposta de método de investigação para a prevenção e monitoramento de riscos, aplicado em Campinas/SP.** 2005. Dissertação (mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp151195.pdf>>. Acesso em: 18 de outubro de 2017.

IF – INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal 2010.** Apresenta a distribuição dos remanescentes de vegetação natural existentes no estado de São Paulo, classificados por fitofisionomia. Mapeamento realizado com imagens de satélite 2008 e 2009, escala de interpretação 1:25.000. 2009. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 17 de agosto de 2017.

IF – INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal do Estado de São Paulo.** 2001.

IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. **Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens.** Termo de Cooperação Técnica IG-CEDEC nº01/2013. Relatório Técnico do município de Campos do Jordão. São Paulo. 2014.

IGC-SP – INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Limites das 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo em escala 1:1.000.000.** 2011.

INFANTI JÚNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.131-152.

JOHNSON, R. **GIS Technology for Disasters and Emergency Management.** ESRI White Paper. 2000.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, 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, 2006. p.109.

MACHADO, R. R.; ZACARIAS, G. M. Análise de Riscos de Deslizamento. **Revista Ordem Pública**, v.9, n.1, jan./jun. 2016. Disponível em: <<https://rop.emnuvens.com.br/rop/article/view/111>>. Acesso em: 15 de novembro de 2016.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos.** Caderno Didático nº1. INPE/CRS, Santa Maria, 2008.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cadastro Nacional de UC's – Consulta por UC.** 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protégidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-por-uc>>. Acesso em: 06 de setembro de 2017.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Limites das Unidades de Conservação Federais existentes no estado de São Paulo.** 2016. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 05 de setembro de 2017.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamentos Remoto e Metodologias de Aplicação.** Universidade de Viçosa: Editora UFV, 2007. 3<sup>a</sup> edição.

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de Riscos Ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para**

**áreas de ocupação subnormal.** 2002. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2002.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO. Lei Nº 2737, de 2 de maio de 2003. **Plano Diretor Estratégico de Campos do Jordão.** Dispõe sobre aprovação do Plano Diretor Estratégico de Campos do Jordão.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO. **Plano de Drenagem do Município de Campos do Jordão.** 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DO JORDÃO. **Plano Municipal de Redução de Risco.** 2006.

QUEIROZ, R. C. **Geologia e geotecnica básica para engenharia civil.** São Paulo: Blucher, 2016.

REIS, F. A. G. V. **Curso de geologia ambiental via internet. Curso de geologia ambiental via internet. Geodinâmica externa. Movimentos de Massa. Rolamento de blocos.** São Paulo: UNESP. 2001g. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09g.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

REIS, F. A. G. V. **Curso de geologia ambiental via internet. Curso de geologia ambiental via internet. Geodinâmica externa. Movimentos de Massa. Desplacamento de blocos.** São Paulo: UNESP. 2001h. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09h.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

REIS, F. A. G. V. **Curso de geologia ambiental via internet. Geodinâmica externa. Movimentos de Massa. Rastejo (creep).** São Paulo: UNESP. 2001a. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09a.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

REIS, F. A. G. V. **Curso de geologia ambiental via internet. Geodinâmica externa. Movimentos de Massa. Escorregamentos planares (translacionais).** São Paulo: UNESP. 2001b. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

REIS, F. A. G. V. **Curso de geologia ambiental via internet. Geodinâmica externa. Movimentos de Massa. Escorregamentos circulares (rotacionais).** São

Paulo: UNESP. 2001c. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

**REIS, F. A. G. V. *Curso de geologia ambiental via internet. Geodinâmica externa. Movimentos de Massa. Escorregamentos em cunha.*** São Paulo: UNESP. 2001d. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09d.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

**REIS, F. A. G. V. *Curso de geologia ambiental via internet. Geodinâmica externa. Movimentos de Massa. Queda de blocos.*** São Paulo: UNESP. 2001e. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09e.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

**REIS, F. A. G. V. *Curso de geologia ambiental via internet. Geodinâmica externa. Movimentos de Massa. Tombamento de blocos.*** São Paulo: UNESP. 2001f. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09f.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

RIBAS, F. Sete anos após a tragédia de 2008, Blumenau ainda convive com cenário de deslizamentos. **Jornal de Santa Catarina.** 2015. Disponível em: <<http://jornaldesantacatarina.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2015/11/sete-anos-apos-a-tragedia-de-2008-blumenau-ainda-convive-com-cenario-de-deslizamentos-4911837.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

RIDENTE, J. L. J. OGURA, T. A.; MACEDO, E. S.; GOMES, L. A.; DINIZ, N. C.; ALBERTO, M. C.; SANTOS, P. H. P. dos. **Acidentes associados a movimentos gravitacionais de massa ocorridos em Campos do Jordão, SP, em janeiro do ano de 2000: ações técnicas após o desastre.** 2002. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 10, Ouro Preto/MG, 2002. *Anais* (CDR).

RODRIGUES-CARVALHO, J. A. Movimentos de massa gravitacionais: conceitos, tipos e mecanismos. In: ZUQUETTE, L. V. **Geotecnia Ambiental.** Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2015. p.81-112.

ROSA FILHO, A. **Percepção geográfica de escorregamentos de encostas em favelas nas áreas de risco – Campos do Jordão-SP.** 2006. Tese

(Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2006.

ROSA FILHO, A.; CORTEZ, A. T. C. A problemática socioambiental da ocupação urbana em áreas de risco de deslizamentos na “Suíça Brasileira”. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 03, pág. 33-40. 2010. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/76/76>>. Acesso em: 07 de março de 2017.

SÃO PAULO (Estado). Lei complementar nº 1.166, de 09 de janeiro de 2012. Cria a região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 10 janeiro 2012. Seção 1, p.1.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.

SILVA, C. R. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p 264. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade\\_brasil.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade_brasil.pdf)>. Acesso em: 7 de setembro de 2017.

SILVA, D. C. O. **Aplicação do modelo Shalstab na previsão de deslizamentos em Petrópolis [Rio de Janeiro]**. 2006. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-graduação de engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006.

SILVA, D. M. **Caracterização geotécnica do movimento de massa gravitacional ocorrido em 2010 no morro da Carioca, Angra dos Reis/RJ**. 2014.

TEMOTEO, J.P.S. **Condicionantes Geológicos – Geotécnicos na estabilidade dos taludes (Maciço da Tijuca)**. 1993. Tese (Mestrado). Instituto de Geociência, UFRJ. 1993.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais, conhecer para prevenir**. Instituto Geológico. São Paulo, 2009

UN-ISDR – UNITED NATIONS - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Terminology on Disaster Risk Reduction**, In: **United Nations International Strategy for Disaster Reduction**. 2009. Geneva, Switzerland, 2009.

USGS – United States Geological Survey. **Landslide Types and Process**. Fact Sheet 3072. 2004. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>>. Acesso em: 13 de outubro de 2017.

VARNES, D.J. Slope movement types and process. In: SCHUSTER, R. I; KRIZEK, R. J. **Special Report 176: Landslides: Analysis and Control.** Washington D. C.: Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, 1978. p.11-33.

ANEXO 1 – Autorização para o uso de informações concedida pela  
Prefeitura Municipal de Campos do Jordão-SP

São Carlos, 16 de março de 2017.

**Ref.: Solicitação de autorização para pesquisa em banco de dados da Prefeitura - Trabalho de Graduação (TG) - Engenharia Ambiental da EESC-USP**

Senhor Prefeito:

O Trabalho de Graduação (TG) é parte da formação do curso de Engenharia Ambiental da EESC-USP e tem como objetivo: *"Fornecer oportunidade do aluno realizar um trabalho de síntese e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Treinar e desenvolver as aptidões do futuro formando no que se refere à resolução, abordagem ou tratamento de problemas práticos comuns à Engenharia Ambiental"*.

Como aluna do curso de Engenharia Ambiental da Universidade EESC-USP de São Carlos – SP, e como parte da formação do curso, estou elaborando com a orientação da Profa. Dra. Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues do Departamento de Geotecnologia da EESC-USP, o meu **Trabalho de Graduação (TG)** que consiste na análise de desastres naturais, em especial, os decorrentes de deslizamentos no município de Campos do Jordão – SP.

Para a realização do referido trabalho, venho solicitar à Vossa Excelência, autorização para obtenção e utilização de dados e informações dos temas abaixo relacionados:

- Plano de Drenagem Urbana realizado pela Consultoria SHS;
- Plano de Redução de Risco da Defesa Civil
- Plano Municipal de Contingência da Defesa Civil;

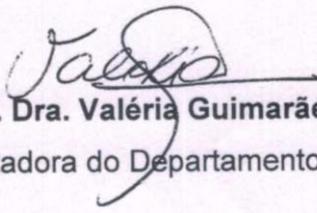
- Relatório Técnico - Mapeamento de Riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens e drenagens;
- Dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente;
- Dados da Defesa Civil.

Na expectativa de sua manifestação, coloco-me à disposição para esclarecimentos que por ventura ocorram.

Atenciosamente.

*Marina da C.R. de Almeida*

**Marina da Costa Ribeiro de Almeida**

  
**Profa. Dra. Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues**

Orientadora do Departamento de Geotecnica da EESC-USP

À

**PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA DE CAMPOS DO JORDÃO**  
**Excelentíssimo Senhor FREDERICO GUIDONI SCARANELLO**

**Prefeito**

Av. Dr. Januário Miráglia, 806 – Vila Abernéssia  
Campos do Jordão –SP  
12460-000



**PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA DE CAMPOS DO JORDÃO**  
ESTADO DE SÃO PAULO

Campos do Jordão, 27 de março de 2017.

**Ofício nº 118 /2017**

**Ref.: Solicitação de autorização para pesquisa em banco de dados da Prefeitura - Trabalho de Graduação (TG) - Engenharia Ambiental da EESC-USP**

Senhora Orientadora:

Ao cumprimentá-la, pelo presente, vimos primeiramente enaltecer a importância da pesquisa para a realização de Trabalho de Conclusão de Curso na área ambiental.

Nosso Município, como área de preservação ambiental, contrasta com belezas naturais conhecidas internacionalmente e por outro lado, infelizmente, depara com desastres naturais. Nesse sentido, o trabalho de mapeamento das áreas de riscos é de suma importância para ações preventivas.

Em segundo, como orientadora da aluna Marina da Costa Ribeiro de Almeida do Curso de Engenharia Ambiental da EESC-USP, a qual escolheu como tema para seu Trabalho de Conclusão de Curso (TG) "a análise de desastres naturais, em especial, os decorrentes de deslizamentos no município de Campos do Jordão", por meio deste, autorizamos a pesquisa e utilização de dados e informações solicitadas para a realização do TG.

Na oportunidade, desejando sucesso na conclusão do trabalho, apresento protestos de estima e consideração.

Atenciosamente,

**FREDÉRICO GUIDONI SCARANELLO**  
Prefeito

À

**Escola de Engenharia de São Carlos - USP.**  
**Profa. Dra. Valéria Guimarães Silvestre Rodrigues**  
**Orientadora do Departamento de Geotecnologia**  
São Carlos SP