

HUMBERTO ALVES DA SILVA

**ANÁLISE DE PERIGOS A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA
CENTRAL DE SANTO AMARO DA IMPERATRIZ/SC**

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental do Centro de Ciências Humanas e da Educação - FAED, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Edna Lindaura Luiz.

FLORIANÓPOLIS, SC

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da Biblioteca Setorial do
FAED/UEDESC, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, Humberto Alves da
Análise de perigos a movimentos de massa na área urbana
central de Santo Amaro da Imperatriz/SC / Humberto Alves da
Silva. -- 2019.
124 p.

Orientadora: Edna Lindaura Luiz
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Humanas e da Educação, Programa de
Pós-Graduação Profissional em Planejamento Territorial e
Desenvolvimento Socioambiental, Florianópolis, 2019.

1. Mapeamento de Perigo. 2. Geomorfologia. 3. Risco
Geológico. 4. Redução de Risco. 5. Desastres Socioambientais. I.
Luiz, Edna Lindaura . II. Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Humanas e da Educação, Programa de
Pós-Graduação Profissional em Planejamento Territorial e
Desenvolvimento Socioambiental. III. Título.

HUMBERTO ALVES DA SILVA

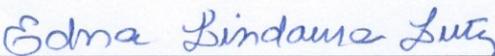
ANÁLISE DE PERIGOS A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA CENTRAL DE SANTO AMARO DA IMPERATRIZ/SC

Dissertação julgada adequada para obtenção do Título de Mestre/a em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental junto ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental – PPGPLAN / Profissional do Centro de Ciências Humanas e da Educação da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Florianópolis, 02 de outubro de 2019.

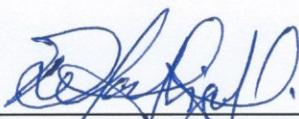
Banca Examinadora:

Presidente/a:



Profª Drª Edna Lindaura Luiz
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:



Prof. Dr. Rafael Augusto dos Reis Higashi
Universidade Federal do Estado de Santa Catarina

Membro:



Prof. Dr. Rodrigo Pinheiro Ribas
Universidade do Estado de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

A minha família, em especial a minha esposa Vivian e ao meu filho Lorenzo, que com muita paciência tem compreendido minha ausência em alguns momentos e, sendo minha base para seguir na jornada.

A Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC), ao PPGLAN, que me proporcionaram acesso ao conhecimento para poder seguir minha jornada acadêmica.

A minha orientadora Edna Lindaura Luiz, que com muita paciência e dedicação vem me orientando para que eu possa concluir o Programa de Pós-graduação em nível de mestrado.

A Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina, em especial ao diretor Anderson Ciotta, por autorizarem minhas saídas para as aulas e orientações e, ainda, por disponibilizarem todo o material e informação acerca da pesquisa. Ao coordenador regional da Grande Florianópolis, Ângelo Volpato, por me recepcionar na Defesa Civil como voluntário.

Ao Adriano de Medeiros coordenador municipal da Defesa Civil de Santo Amaro da Imperatriz/SC pela grandiosa ajuda nos trabalhos de campo.

Aos colegas de turma por estarem disponíveis, para trocar informações e auxiliar nos momentos difíceis.

RESUMO

Com a expansão de áreas urbanas durante os últimos anos tem aumentado o número de ocupações irregulares e desordenadas no estado de Santa Catarina. Essas ocupações trazem diversas consequências negativas para a população, entre elas o adensamento na ocupação em áreas de riscos, sediando movimentos de massa, podendo causar danos e prejuízos para a população e infraestrutura. Para a minimização desses riscos é necessário entender os processos geodinâmicos instalados e em potencial, bem como fazer um levantamento dos perigos associados aos locais identificados. O recorte da área de estudo foi a área urbana central do município de Santo Amaro da Imperatriz/SC. Para isso, foi necessário conhecer as características físicas do município, tais como geologia, geomorfologia, pedologia, declividade e feições impressas no relevo tais como cicatrizes de deslizamentos, campo de blocos, anfiteatros e áreas propensas a fluxo de detritos. E a partir do cenário obtido fazer as análises dos perigos mapeados. Esta pesquisa teve como objetivo analisar e avaliar as áreas mapeadas pelo autor como perigosas e através da identificação fazer um mapa de compartimentação geomorfológica e de perigos a movimentos gravitacionais de massa. Comparou-se os resultados produzidos pelo autor com os dados produzidos de acordo com a metodologia adotada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) realizado com a metodologia japonesa adaptada para a realidade brasileira no Projeto Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais (GIDES) entre 2013 e 2017. Os resultados apontam a importância dos parâmetros topográficos e feições de perigos a movimentos de massa na distribuição espacial dos perigos mapeados na paisagem, podendo servir de base para um melhor ordenamento do território. Contribuindo assim para um melhor planejamento urbano do município, com entendimento dos processos geodinâmicos que modificam o ambiente e norteiam as áreas para futuras e atuais ocupações, diminuindo a vulnerabilidade da população dentro de níveis de segurança satisfatórios, minimizando os danos socioeconômicos.

Palavras-chave: Mapeamento de Perigo. Geomorfologia. Risco Geológico. Redução de Risco. Desastres Socioambientais.

ABSTRACT

With the expansion of urban areas during the last years has increased the number of irregular and disorderly occupations in the state of Santa Catarina. These occupations have several negative consequences for the population, including the densification in occupation in hazardous areas, hosting mass movements, which can cause damage and harm to the population and infrastructure. To minimize these risks it is necessary to understand the installed and potential geodynamic processes, as well as to survey the hazards associated with the identified locations. The clipping of the study area was the central urban area of Santo Amaro da Imperatriz/SC. For this, it was necessary to know the physical characteristics of the municipality, such as geology, geomorphology, pedology, slope and relief features such as landslide scars, block field, amphitheaters and areas prone to debris flow. And from the scenario obtained make the analysis of the mapped hazards. This research aimed to analyze and evaluate the mapped by the author as areas as hazardous and through identification make a map of geomorphologic compartmentalization and hazards to gravitational mass movements. We compared the results produced by the author with the data produced according to the methodology adopted by Geological Survey of Brazil (CPRM) conducted with the Japanese methodology adapted to the Brazilian reality in the Integrated Disaster Risk Management (GIDES Project) between 2013 and 2017. The results point to the importance of topographic parameters and features of hazards to mass movements in the spatial distribution of mapped hazards in the landscape, and may serve as a basis for better spatial planning. Thus contributing to a better urban planning of the municipality, with understanding of the geodynamic processes that modify the environment and guide the areas for future and current occupations, reducing the vulnerability of the population within satisfactory safety levels, minimizing the socioeconomic damages.

Keywords: Hazard Mapping. Geomorphology. Geological Risk. Risk Reduction. Socioenvironmental Disasters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Número de mortes e ocorrências de movimentos de massa no Brasil entre os anos de 1988 e 2016.....	22
Figura 2 - Frequência mensal de movimentos de massa no Estado de Santa Catarina, no período de 1991 a 2012.....	23
Figura 3 - Encosta com ocorrência de movimentos de massa na área central de Santo Amaro da Imperatriz/SC em 1998.	25
Figura 4 - Ocorrência de movimentos de massa em um corte de encosta na área central de Santo Amaro da Imperatriz/SC em 1998.	25
Figura 5 - Ciclo de gestão, proteção e defesa civil.....	38
Figura 6 - Classificação dos processos de movimento de Massa.	46
Figura 7 - Tipos de movimentos gravitacionais de massa.....	48
Figura 8 - Deslizamento Planar ou Translacional	49
Figura 9 - Corrida ou Fluxo de Detritos.....	51
Figura 10 - Localização da área de estudo no município de Santo Amaro da Imperatriz/SC.....	54
Figura 11 - Média de precipitação mensal e anual.....	56
Figura 12 - Mapa geológico simplificado da área de estudo - 2019.	57
Figura 13 - Área urbana central do município cortado pelo Rio Cubatão, com vista da planície em direção a montante do rio e vista geral dos morros cristalinos.....	60
Figura 14 - Área urbana central do município cortado pelo Rio Cubatão, com vista da planície em direção a jusante do rio e vista geral dos morros cristalinos.	61
Figura 15 - Planos de informações desejáveis para a análise de Perigo.....	67
Figura 16 - Delimitação da área de estudo a partir da definição do local de interesse (ex.: encostas densamente ocupadas) e o limite de abrangência (área fonte de movimentos gravitacionais de massa).	68
Figura 17 - Critérios topográficos para identificação das áreas de Perigo (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2017).....	69
Figura 18 - Interpretação das cicatrizes de deslizamentos utilizando imagens do Google Earth (lado esquerdo) e/ou ortofotos no ArcGis (lado direito).	71
Figura 19 - Esquematisação de feições topográficas para identificação de deslizamento rotacional.....	72
Figura 20 - Feições topográficas para identificação do processo de deslizamento rotacional.	72
Figura 21 - Identificação de feições rochosas, tais como, paredões, utilizando imagens do (Esquerdo) Google Earth e/ou (Direito) ortofotos no ArcGis.....	73
Figura 22 - Qualificação do grau de perigo, baseada em indícios de instabilidade do terreno (Serviço Geológico do Brasil, 2017).....	75

Figura 23 - Aplicação da qualificação de perigo à área crítica (AC) para deslizamentos planares.	76
Figura 24 - Qualificação de perigo das AC e AD, sendo a segunda um grau inferior em relação à AC correspondente. Deve-se levar em consideração que os indícios de instabilidade se manifestam nas áreas de geração de processos, ou seja, críticas (AC). Por isto, entende-se que a caracterização deve ser feita nestas áreas.	76
Figura 25 - Etapas de avaliação de Perigo. Nota: Em (A) análise de escritório (APE): Compartimentação teórica entre áreas críticas (AC) e de dispersão (AD); (B) análise de campo (APC): Correlação AC/AD e identificação dos indícios de instabilidade do terreno; (C) Caracterização genérica de Perigo na Área Crítica (P2-P4); (D) Correlação entre a análise de escritório e de campo (APE+APC); (E) Proposta de qualificação de Perigo.	77
Figura 26 - Mapa geomorfológico da área de estudo – 2019.	80
Figura 27 - Distribuição de anfiteatros em área dominada por colinas onde a formação geológica corresponde ao Complexo Águas Mornas, situadas ao norte da área de estudo, com declividade entre 15 e 25°.	81
Figura 28 - Colinas onde sediam a formação Tonalito Forquilhas, adjacente aos bairros Santo Anjo e Nossa Senhora de Lourdes.	82
Figura 29 - Vista geral de área de encosta, onde a área representa um anfiteatro e este já dominado por processo de deslizamentos, com declividade entre 25 e 35°.	82
Figura 30 - Vista geral da encosta no domínio de colinas, pertencente a formação Alto Varginha, com presença incipiente de blocos em meio a superfície.	83
Figura 31 - Vista geral de talude de corte em solo verticalizado adjacente a rua João Jacinto Lohn, bairro Natividade.	83
Figura 32 - Vista geral de talude de corte em solo adjacente a rua Frei Benedito, bairro Morro do Fabrício.	84
Figura 33 - Vista geral de talude de corte em solo adjacente a rua Antônio Francisco da Silva, bairro Morro do Fabrício.	84
Figura 34 - Encosta situada na Servidão Domingos F. dos Santos, bairro Varginha, com evidências de processos erosivos lineares e de rupturas em solo derivado de rochas do Complexo Águas Mornas, diante da intervenção antrópica para retirada de material de empréstimo em solo e retaludamento para implantação de condomínio de casas, resultando em verticalização dos taludes aliado a ausência de proteção vegetal.	85
Figura 35 - Vista geral de colina situada na rua João Livino, bairro Morro dos Ventura, com destaque a feição de anfiteatro, com evidências de rupturas em solo derivado de rochas do Complexo Águas Mornas.	85
Figura 36 - Morrarias onde sediam formação derivada do Complexo Águas Mornas no centro do município.	86

Figura 37 - Morraria onde sedia formação derivada do Granodiorito Alto Varginha no bairro Nossa Senhora de Lourdes.....	87
Figura 38 - Talude de corte situado na área central, Rua Frei Fidencio Feldmann, atrás do Fórum do município.....	88
Figura 39 - Talude de corte situado na área central, adjacente a rua Mansur Elias, no Centro Educacional Espaço do Saber	89
Figura 40 - Talude de corte situado na área central, adjacente a rua Major Joaquim Alexandre Campos.....	89
Figura 41 - Talude alvo da pesquisa em domínio do tipo morro e solo derivado do Complexo Águas Mornas – Gnaisse.....	90
Figura 42 - Planta do local de estudos com as curvas de nível obtidas através do Topodata (2000) em vermelho e as curvas de nível obtidas através da carta do IBGE (1974) em verde.....	90
Figura 43 - Seção A-A: Perfil Estratigráfico elaborado para a área de estudos (adaptado de Zenite Engenharia, 2012).	91
Figura 44 - Montanha onde sedia formação derivada do Granodiorito Alto Varginha no bairro Vargem dos Pinheiros, margem da BR-282.....	92
Figura 45 - Vista parcial da encosta no domínio de montanha, situado a margem da BR-282, pertencente a formação Alto Varginha, com presença incipiente de blocos em meio a superfície e nas drenagens.....	93
Figura 46 - Vista geral da encosta no domínio de montanha a leste, situado a margem da BR-282, com feições de anfiteatro e com cicatriz de deslizamento, pertencente a formação Alto Varginha, com presença incipiente de blocos e matacos em meio a superfície e nas drenagens.....	93
Figura 47 - Vista geral da encosta no domínio de montanha, pertencente ao Granito Serra do Tabuleiro, com presença incipiente de blocos em meio a superfície e nas drenagens, com declividade superiores a 35° na porção mais cristalina e nos vales com declividades superiores a 10° na porção de base do talude, relevo este com alto potencial da deflagração de processos como Fluxo de Detritos e deslizamentos.	94
Figura 48 - Vista geral da encosta na base do domínio de colina e montanha onde pela grande amplitude altimétrica e de acordo com os vales encaixados e com grande extensão, com alta probabilidade e perigo de desencadear o processo de Fluxo de Detritos junto a rede de drenagens.	94
Figura 50 - Presença de blocos derivado de granitóides Alto Varginha, depositados em meio a rede de drenagens no domínio de montanha.....	95
Figura 51 - Talude em solo com manto de intemperismo espesso, onde o Horizonte C, é mais suscetível a deslizamentos planares. Área de empréstimo de solo situado na Servidão Domingos F. dos Santos, bairro Varginha.....	97
Figura 52 - Mapa de Declividade da área de estudo – 2019.	98

Figura 53 - Modelo evolutivo dos movimentos de massa dos solos residuais de gnaise. 1) erosão e verticalização dos taludes, 2) ruptura planar através de estruturas reliquiárias em períodos de chuvas menos intensas, 3) ruptura circular em períodos de chuvas intensas.	100
Figura 54 - Região de concentração dos locais de interesse no município de Santo Amaro da Imperatriz.	102
Figura 55 - Localização das 12 áreas de estudo na área urbana da sede municipal e seu entorno.	103
Figura 56 - Localização de regiões das áreas de estudo que não foram contempladas pela análise de perigo.	103
Figura 57 - Localização dos bairros que formam as 12 áreas de estudo.	104
Figura 58 - Setores de perigo a deslizamento planar em Santo Amaro da Imperatriz (Polígonos em bege).	105
Figura 59 - Serra situada a nordeste da área de estudo.	106
Figura 60 - Encostas localizadas no extremo oeste do Centro.	106
Figura 61 - Trecho de anfiteatro situado no bairro Santana.	107
Figura 62 - Taludes de corte no bairro Caldas da Imperatriz.	107
Figura 63 - Construções próximas de taludes de cortes no bairro Fabrício.	107
Figura 64 - Cicatriz de deslizamento no bairro Fabrício.	108
Figura 65 - Talude de corte no bairro Fabrício.	108
Figura 66 - Setores de perigo a fluxo de detritos em Santo Amaro da Imperatriz (Polígonos em azul).	109
Figura 67 - Visão do domínio serrano situado na região sudoeste da área de estudo.	110
Figura 68 - Cabeceira de umas das drenagens sujeitas a fluxo de detritos.	110
Figura 69 - Setores de perigo a queda de blocos em Santo Amaro da Imperatriz (Polígonos em cinza claro).	111
Figura 70 - Campo de Blocos situados no bairro Sul do Rio.	112
Figura 71 - Campo de Blocos situados no bairro Fabrício.	112
Figura 72 - Bloco rochoso de colúvio parcialmente exposto em encosta do bairro Centro.	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conceitos de perigo, suscetibilidade, vulnerabilidade e risco de acordo com Bressani <i>et al.</i> (2016).....	34
Tabela 2 - Diferentes tipos de Riscos com destaque aos riscos geológicos e hidrológicos.....	36
Tabela 3 - Sistema de Classificação e Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE.	42
Tabela 4 - Principais tipos de movimentos de massa ocorrentes no Brasil.....	47
Tabela 5 - Conceitos de deslizamentos e corridas elaborados por algumas fontes também citadas nesse trabalho.....	51
Tabela 6 - Propriedades de resistência a partir do cisalhamento direto em solo	91
Tabela 7 - Parâmetros obtidos a partir da retroanálise do escorregamento do Talude em solo residual de gnaisse, bairro Engenho Nogueira em Belo Horizonte/MG.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Qualificação na análise de perigo de escritório (APE).	70
Quadro 2 - Regras de delimitação para as áreas de Perigo.	70
Quadro 3 - Descrição dos graus de Perigo (adaptado de Serviço Geológico do Brasil, 2017).	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVOS	27
1.1.1	Objetivo geral	27
1.1.2	Objetivos específicos.....	27
2	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO E A GESTÃO DE PERIGOS E RISCOS RELATIVOS À OCORRÊNCIA DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA	29
2.1	GESTÃO DE PERIGOS E RISCOS: DEFINIÇÕES E CONSIDERAÇÕES SOBRE REDUÇÃO DE DESASTRES.....	30
2.1.1	Perigo ou ameaça	30
2.1.2	Evento	31
2.1.3	Suscetibilidade	31
2.1.4	Vulnerabilidade	32
2.1.5	Risco.....	32
2.1.6	Áreas de riscos	37
2.1.7	Gestão de riscos	37
2.1.8	Desastres.....	40
2.1.9	Marco de Sendai.....	44
2.1.10	Resiliência	44
2.2	FENÔMENOS PERIGOSOS DA GEODINÂMICA EXTERNA DA TERRA: MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA.....	45
2.2.1	Deslizamentos.....	48
3	ÁREA DE ESTUDO	53
3.1	ASPECTOS DE OCUPAÇÃO HUMANA.....	62
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	63
4.1	METODOLOGIA DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.....	65
4.1.1	Movimentos gravitacionais de massa (MGMS) analisados	667
4.1.2	Proposições metodológicas	667

4.1.2.1	Levantamentos de planos de informação.....	67
4.1.2.2	Definição das áreas de estudo.....	68
4.1.2.3	Análise de perigo.....	69.
4.1.2.3.1	<i>Análise de perigo de escritório (APE)</i>	69
4.1.2.4	Fotointerpretação.....	7
	1.	
4.1.2.4.1	<i>Análise de perigo de campo (APC)</i>	75
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	79
5.1	FISIOGRAFIAS PRESENTES NA ÁREA DE ESTUDO E PERIGOS ASSOCIADOS	80
5.1.1	Relevos colinosos	80
5.1.2	Relevos de morrarias	86
5.1.3	Relevo montanhoso	91
5.2	COMPORTAMENTO DA DECLIVIDADE E SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTO.....	95
5.3	RESULTADOS DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL NA ÁREA DE ESTUDO	101
5.3.1	Setores de perigo a deslizamento planar	105
5.3.2	Setores de perigo a deslizamentos rotacionais	109
5.3.3	Setores de perigo a fluxo de detritos	109
5.3.4	Setores de perigo a queda de blocos	110
6	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	113
	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICE A - Mapa de compartimentos geomorfológicos e perigos de movimentos de massa na área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz/SC - 2019.....	123
	APÊNDICE B - Mapa de compartimentos geomorfológicos e perigos de movimentos de massa na área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz/SC - 2019, comparativo com o mapa de perigos do Serviço Geológico do Brasil – 2019.	124

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população urbana nos municípios brasileiros é contínuo desde a década de 1940, mas acentuou-se nas últimas décadas e este aumento ocorreu tanto por fluxos migratórios campo-cidade como também pelo próprio crescimento vegetativo da população urbana (STAMM *et al.*, 2013). Deve-se destacar também os fluxos migratórios de cidades menores para maiores como causas de aumento populacional de cidades de porte médio e de metrópoles regionais. Esta concentração da população vivendo em áreas urbanas leva frequentemente a ocupações sem planejamento ou sem algum tipo de ordenamento territorial. Neste processo, são ocupadas áreas impróprias que estão sujeitas aos processos da dinâmica do meio físico de forma mais acentuada, como encostas de morros e fundos de vales.

As encostas de elevações (colinas, morros e montanhas) são áreas menos valorizadas em espaços urbanos, em função da dificuldade de instalação de equipamentos urbanos e infraestrutura, necessitando de intervenções como cortes e aterros, além do desvio da drenagem superficial (FARAH, 2003). Estas intervenções podem aumentar a ocorrência de movimentos de massa nestes locais, o que representa perigo para as populações que ali vivem e para os equipamentos e infraestrutura pública.

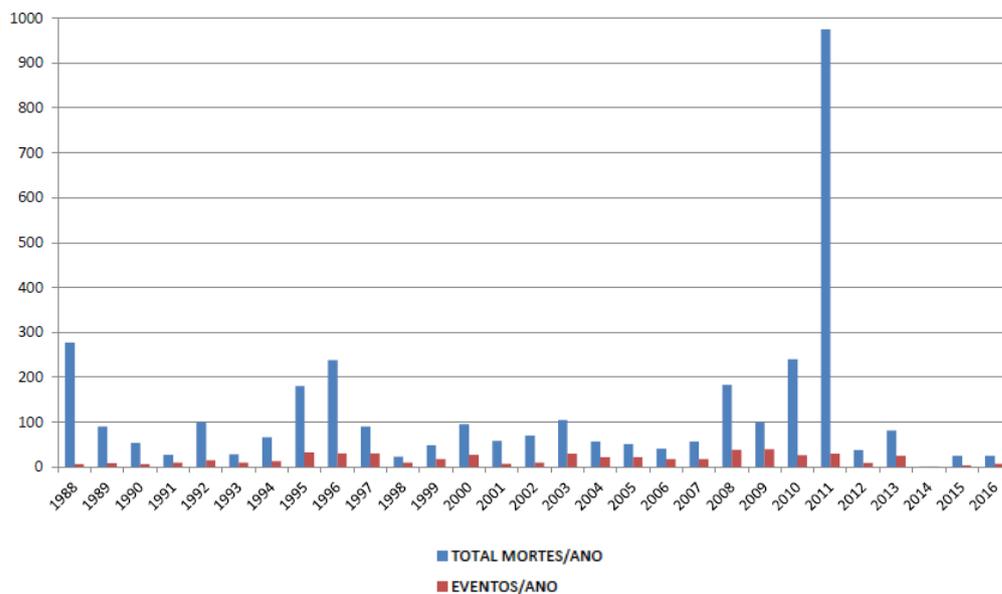
Os movimentos de massa são fenômenos que podem ocorrer mesmo em encostas florestadas, pois fazem parte da dinâmica superficial (SELBY, 1985) e sua área de atuação não diz respeito apenas aos locais de ruptura, mas também os locais por onde passam e são depositados os sedimentos mobilizados. Uma corrida de detritos pode atingir muitos metros de distância de onde ela teve início na encosta (VARNES, 1984; SELBY, 1985; GOMES 2006).

A ocorrência de movimentos de massa pode gerar grandes desastres com muitos danos e prejuízos, além de serem particularmente letais, uma vez que são fenômenos de manifestação rápida, quase sem aviso. Chuvas continuadas e intensas nos municípios do vale do rio Itajaí - SC em 2008 provocaram inúmeros movimentos de massa, que vitimaram 130 pessoas e fizeram com que 14 municípios decretassem estado de calamidade pública, segundo a Defesa Civil do Estado de Santa Catarina. Também a região serrana do Rio de Janeiro em 2011 vivenciou um desastre natural por conta da ocorrência de movimentos de massa, também com inúmeras mortes e danos materiais.

Nas últimas décadas os desastres naturais ou socioambientais no Brasil têm se tornado tema cada vez mais presentes no cotidiano das populações. Há um aumento considerável não apenas na frequência e na intensidade, mas também nos efeitos gerados, causando danos e

prejuízos cada vez mais intensos, destacando-se o número de mortes causadas por movimentos de massa entre 1988 e 2016 como apresenta a Figura 1.

Figura 1 - Número de mortes e ocorrências de movimentos de massa no Brasil entre os anos de 1988 e 2016

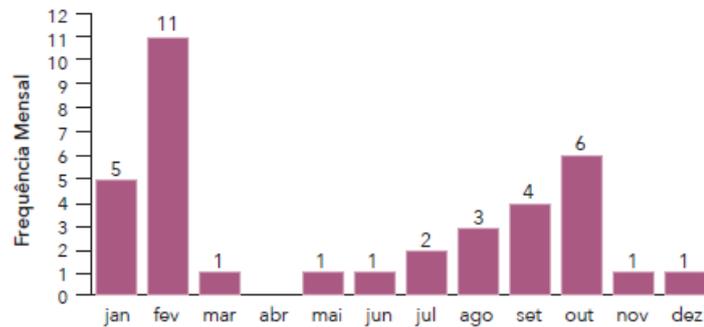


Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2016).

O estado de Santa Catarina é constantemente atingido por eventos naturais de origens diversas, com registros de danos e prejuízos relevantes (BRASIL,2013). O Estado apresenta uma compartimentação geomorfológica que exerce forte influência nos processos da dinâmica de superfície relacionados com movimentos de massa, uma vez que é dividido em três compartimentos geomorfológicos, correspondentes ao litoral, à paisagem da escarpa marginal e ao plano de declive do planalto de interior (BRASIL, 2013).

Em relação aos movimentos de massa no Estado de Santa Catarina, no período de 1991 a 2012, foram registrados oficialmente 36 desastres relacionados a movimentos de massa, deste montante, três se referem a corridas de solo/lama e 33 correspondem a deslizamentos de solo e ou rocha, (BRASIL, 2013), Figura 2.

Figura 2 - Frequência mensal de movimentos de massa no Estado de Santa Catarina, no período de 1991 a 2012



Fonte: Brasil (2013).

Em função da frequente ocorrência de desastres naturais no território nacional nos últimos anos, o Governo Federal sentiu a necessidade da criação de um programa de prevenção de desastres naturais, visando minimizar os efeitos da ocorrência de movimentos de massa e inundações, entre outros fenômenos perigosos. O crescimento acelerado e desordenado das cidades aliado à ausência de planejamento urbano, de técnicas de construção adequadas e ausência de educação básica, sanitária e ambiental, têm sido agentes potencializadores dessas situações de risco, que se efetivam em desastres por ocasião de eventos naturais, nos grandes e pequenos núcleos urbanos.

Visando tratar da ocupação de áreas de risco e diminuir as situações de desastres naturais, o Ministério das Cidades, Ministério de Ciência e Tecnologia, Ministério da Defesa e o Ministério de Minas e Energia firmaram convênios de colaboração mútua para executar em todo o país o diagnóstico e mapeamento das áreas com potencial de risco alto a muito alto. Foi então estabelecido, o Programa Nacional de gestão de Riscos e Resposta a Desastres do Governo Federal (PPA 2012-2015), tendo como atribuição mapear áreas de risco geológico, classificadas como de muito alto e alto, relacionadas principalmente com movimentos de massa e cheias de rios, em 821 municípios brasileiros prioritários (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2014). O programa foi executado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), empresa do Governo Federal ligada ao Ministério de Minas e Energia. A CPRM desenvolve um projeto neste programa, em localidades selecionadas pela Defesa Civil Nacional com o objetivo de mapear, descrever e classificar as situações com potencialidade para risco alto e muito alto. Este projeto foi iniciado em novembro de 2011 em caráter de trabalho emergencial.

Os dados resultantes deste trabalho emergencial foram disponibilizados em caráter primário às defesas civis de cada município e os dados finais alimentam o banco nacional de dados do CEMADEN (Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), localizado

em Cachoeira Paulista/SP, ligado ao Ministério de Ciência e Tecnologia, que é o órgão responsável pelos alertas de ocorrência de eventos climáticos de maior magnitude que possam colocar em risco vidas humanas, e do CENAD (Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres), localizado em Brasília/DF, ligado ao Ministério da Integração Nacional, que como algumas de suas atribuições, incluem o monitoramento, a previsão, prevenção, preparação, mitigação e resposta aos desastres, além de difundir os alertas nos estados e municípios.

Na sequência deste trabalho, foi realizado outro programa visando à diminuição de desastres e à gestão de áreas de risco em parceria com o governo japonês, com metodologia adaptada para a realidade brasileira, o Projeto GIDES - Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais. Este programa ocorreu entre 2013 e 2017 e produziu manuais de gestão de risco de desastres, sistemas de alertas, plano de contingências e repostas a desastres.

Em Santa Catarina, um dos municípios alvo destes dois Programas (PPA 2012-2015 e GIDES 2013-2017) foi Santo Amaro da Imperatriz, em função dos problemas frequentemente enfrentados de inundações e movimentos de massa. Nas últimas décadas, a população de Santo Amaro da Imperatriz passou de 15.708 habitantes em 2000 para 19.823 habitantes em 2010, um aumento de 26,20%, e para 22.905 habitantes em 2018, segundo estimativa do IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

E este incremento populacional vem levando à ocupação de áreas inapropriadas, como as encostas das elevações cristalinas. Também a ocupação humana aumenta a suscetibilidade aos movimentos de massa, como é o caso dos generalizados cortes que estão sendo feitos sem critério nas encostas da área central do município. A população ali residente ou as atividades econômicas ali desenvolvidas ficam vulneráveis a fenômenos perigosos quando da ocorrência de chuvas mais intensas e/ou continuadas.

A área central é a mais urbanizada do município e nela está o paço municipal, a igreja matriz, cemitérios, escolas, além de área comercial mais consolidada. Novas áreas destinadas para moradias e estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços estão sendo agregadas a este núcleo inicial às custas da ocupação dos terrenos de planície e de encostas adjacentes. Muitas vezes, esta ocupação ocorre sem um ordenamento e uma fiscalização do poder público eficaz.

Figura 3 - Encosta com ocorrência de movimentos de massa na área central de Santo Amaro da Imperatriz/SC em 1998



Fonte: Acervo de Sílvio Knabben (2018).

Figura 4 - Ocorrência de movimentos de massa em um corte de encosta na área central de Santo Amaro da Imperatriz/SC em 1998



Fonte: Acervo de Sílvio Knabben (2018).

Em razão do elevado número de ocorrências de movimentos de massa em eventos já deflagrados, principalmente em 1960, 1998, 2008, 2011, 2015 e 2017 no município de Santo Amaro da Imperatriz/SC, conforme registros da Defesa Civil Municipal, o gerenciamento de áreas de perigos e risco tornou-se tema de maior importância para a comunidade e gestores públicos do local.

Como já colocado anteriormente, Santo Amaro da Imperatriz fez parte do Programa Nacional de gestão de Riscos e Resposta a Desastres do Governo Federal (PPA 2012-2015), com mapeamento da CPRM das suas áreas de risco alto e muito alto. Mas, este estudo foi feito em caráter preliminar e necessita de complementações e revisões, inclusive porque novas áreas de risco estão sendo criadas no momento pela ampliação e intensificação da ocupação das encostas. Como também é importante realizar uma validação e acompanhamento do mais recente trabalho produzido para o município feito pelo Programa GIDES.

Diante deste quadro, esta pesquisa analisou as áreas de perigos a movimentos de massa presentes na área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz a partir de mapeamentos, de levantamentos de campo, com apresentação de setores de perigos. Com os resultados aqui obtidos também foi realizado uma comparação com o mapeamento de perigos para a área de estudo produzido dentro do Programa GIDES. Este produto do Programa GIDES diz respeito ao seu Volume 1 - Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa. O mapeamento de perigos para o município de Santo Amaro da Imperatriz foi concluído em Dezembro de 2018 pela CPRM. A comparação dos resultados desta dissertação, obtidos em uma pesquisa de detalhe e conhecimento local, com os dados gerados no Programa GIDES também permitiu uma validação desta última, uma vez que ela é feita de forma padronizada e poderá ser replicada para todos os municípios do Brasil.

A partir do conhecimento dos setores de perigos, pode-se reduzir a vulnerabilidade, consequentemente os riscos da população da área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz por intermédio de medidas estruturais e não estruturais. As medidas estruturais através de obras de engenharia para a redução do risco e as medidas não estruturais por meio de ferramentas de gestão pública com mudanças culturais e comportamentais das populações que ocupam estas áreas, trabalhando principalmente com o poder público e com a população. Neste sentido, o município de Santo Amaro da Imperatriz está elaborando seu plano diretor e pretende-se que os resultados desta dissertação possam servir de subsídios para um melhor ordenamento do território.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar uma análise dos perigos a movimentos de massa para a área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz/SC, comparando os resultados com o mapeamento de perigos a movimentos de massa elaborado pelo Projeto GIDES para esta área.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Levantar e caracterizar os possíveis perigos referentes à ocorrências de movimentos de massa na área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz/SC;
- b) Analisar os perigos em potencial a movimentos de massa na área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz/SC;
- c) Comparar os resultados com o mapeamento de perigo a movimentos de massa produzidos no Projeto GIDES.

2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO E A GESTÃO DE PERIGOS E RISCOS RELATIVOS À OCORRÊNCIA DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

A grande concentração populacional em áreas reduzidas é um aspecto que deve ser estudado quando se discute gestão de riscos, pois quando da ocorrência de um fenômeno perigoso, as perdas e danos são mais intensas. Conforme Ferraz (1991), esta concentração é resultante de vários fatores, geralmente de natureza regional, denunciando uma tendência mundial de migração de massa humana em direção aos centros urbanos, ocasionando o gigantismo das cidades e, conseqüentemente, uma gama de problemas.

Segundo Prandini *et al.* (1995), esta concentração ocorre quase que exclusivamente pelas razões especulativas de mercado, que vêm ignorando as reais potencialidades e limitações das áreas a serem ocupadas. Isto acaba determinando a ocupação inadequada de regiões, tais como áreas propícias ao desenvolvimento de movimentos de massa ou erosões intensas, encostas sujeitas à eclosão de voçorocas, áreas sujeitas a inundações, terrenos capazes de desenvolver subsidências e colapsos, áreas com nível d'água superficial, entre outras. A desconsideração de fatores geotécnicos e ambientais, tendo em vista a conseqüente aceleração da expansão urbana, tem apresentado problemas de considerável gravidade para as cidades. Existem limitações das potencialidades naturais do uso do solo que geralmente são ultrapassadas pela ocupação de locais inadequados sob o ponto de vista geotécnico e ambiental, causando resultados negativos à população.

O levantamento de questões e soluções relacionadas ao uso e ocupação do meio físico por parte do poder público ou privado necessita de abordagens interdisciplinares integradas, visando o estudo de processos e fenômenos de interesse relacionados às atividades de gestão urbana e ambiental. A análise de perigos e riscos ligados aos fenômenos do meio físico diz respeito à gestão urbana e ambiental ao mesmo tempo, uma vez que trata de diferentes aspectos da natureza do sítio ocupado, bem como dos aspectos de ocupação humana, como demografia, economia, cultura, legislação. As análises de perigos e riscos utilizam um conjunto de termos que devem ser bem compreendidos para não gerar confusões e problemas de comunicação entre os pesquisadores, gestores e sociedade civil, como é o caso dos termos risco e perigo que sempre causam problemas, pois às vezes podem ser entendidos como sinônimos, o que não são. Diante disso, a seguir são discutidos alguns termos muito comuns nos estudos de risco.

2.1 GESTÃO DE PERIGOS E RISCOS: DEFINIÇÕES E CONSIDERAÇÕES SOBRE REDUÇÃO DE DESASTRES

Nos estudos sobre risco, primeiramente se procura conhecer os perigos naturais, induzidos pelo homem ou tecnológicos que ao ocorrerem provocam a interrupção da situação de normalidade de uma comunidade humana ou ecossistema, caracterizando-se então em um acidente ou desastre. Por isso, a apresentação dos termos ligados aos estudos de risco é iniciada pelo termo Perigo (ou ameaça).

2.1.1 Perigo ou ameaça

O termo perigo precisa sempre ser bem definido em análise de risco porque ele é pouco compreendido. Provavelmente, isto ocorre porque ele tem duas conotações distintas em Inglês: ‘*danger*’ e ‘*hazard*’. O primeiro ‘*danger*’ refere-se a um fenômeno natural, de natureza variada, ou a um processo tecnológico, potencialmente danoso em si mesmo (RODRIGUES CARVALHO, 1998; ONU, 2004). O segundo ‘*hazard*’ refere-se à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer em um determinado local e em um período de tempo especificado (VARNES, 1984; EISTEIN, 1988). Outro exemplo: o termo *Geological Hazard* tem sido muitas vezes impropriamente traduzido para a língua portuguesa como Risco Geológico (RODRIGUES CARVALHO, 1998).

Para Bateira (2006) sempre houve muita confusão na utilização dos termos risco (*risk*) e perigo (*hazard*). Ao definir risco como a probabilidade de ocorrência de um ‘*hazard*’, o autor aborda de forma direta o problema da distinção entre os dois termos. Assim, um ‘*hazard*’ não é mais do que uma ameaça potencial para a humanidade. Esta ameaça poderá ser de importância diversa consoante o tipo de consequências que acarreta, quer para o homem, quer para o ambiente. Dessa forma, para este autor, a magnitude e a intensidade das ocorrências que influem direta ou indiretamente na vida humana é informação essencial para a definição.

Segundo Castro (2003, p. 85), perigo “[...] implica a existência do homem, que estima o que é, e o que não é um dano”, visto que nem sempre os fenômenos naturais causam prejuízos às comunidades, podendo, então, ser considerado apenas como um evento”. Nesse sentido, Castro (2003, p. 87), expõe a definição adotada pelas Nações Unidas, a qual aponta que o perigo natural é “A probabilidade de ocorrência, em um determinado período, em uma determinada área, de um fenômeno natural potencialmente danoso”. Assim, pode-se entender basicamente que perigo consiste em uma situação potencial para provocar danos, sendo que, quando é

representado pela ocorrência de um fenômeno da natureza (meio físico), por exemplo, movimentos de massa, pode-se denominar perigo natural.

2.1.2 Evento

O evento é a concretização de uma situação perigosa ou não. O evento pode ser caracterizado como fenômenos naturais ou causados/acelerados pela ação antrópica e, quando não caracterizam nenhuma situação de risco, são apenas eventos. No entanto, quando o evento tem consequências graves, ele torna-se um evento adverso e está condicionado a diversos fatores, entre eles a suscetibilidade, ameaça, vulnerabilidade e resiliência (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL, 2017).

Quando o perigo se materializa e acaba com a normalidade, ocorre um acidente, desastre ou uma catástrofe. Esses termos são referenciados segundo a intensidade com que as perdas, danos e prejuízos ocorrem em função dessa concretização e saem da normalidade de uma comunidade ou ambientes expostos ao risco.

2.1.3 Suscetibilidade

A suscetibilidade está relacionada com as condições do meio frente a alguma ameaça ou perigo. Ela indica as condições em que se encontra uma determinada área em relação à possibilidade de ocorrência de um determinado fenômeno ou processo que representa perigo para a ocupação humana. É o que condiciona ou não a ocorrência do perigo. A suscetibilidade ainda pode ser separada segundo classes de probabilidade de ocorrência do perigo (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2007).

Contudo, entre os estudiosos de riscos há algumas contradições, como, por exemplo, Cerri e Amaral (1998) consideram a suscetibilidade de uma área a um determinado fenômeno geológico como a possibilidade da ocorrência de tal fenômeno sem danos, enquanto para eles risco estaria relacionado com a possibilidade de que a ocorrência do fenômeno tenha consequências socioeconômicas. Por outro lado, Saito (2004) define suscetibilidade como uma característica inerente ao meio, representando a fragilidade do ambiente a ocorrência de evento perigoso. Esta última definição é a considerada a mais adequada e será utilizada nesta pesquisa.

2.1.4 Vulnerabilidade

Vulnerabilidade, segundo Brasil (2007, p. 28), é definido como “[...] o grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo”. Segundo a Instrução Normativa n. 02, de 20 de dezembro de 2016, do Ministério da Integração, vulnerabilidade está associada à “[...] exposição socioeconômica ou ambiental de um cenário sujeito à ameaça do impacto de um evento adverso natural, tecnológico ou de origem antrópica”.

Para Silva (2012, p. 47) vulnerabilidade é “[...] o grau de resistência de um sistema socioeconômico em relação ao impacto dos perigos naturais e desastres tecnológicos ou ambientais.” Ela é determinada pelo grau de percepção e consciência do risco pela população, por sua condição de vida, pela infraestrutura e pelas políticas públicas relacionadas à gestão de desastres.

Para muitos autores, a vulnerabilidade também está relacionada com as condições de recuperação e/ou resposta aos desastres de um elemento ou população atingida. Palacios et.al (2005) estão de acordo com essa conceituação e acrescentam que a vulnerabilidade diz respeito a conjunto de condições e características, entre aspectos físicos, econômicos, políticos, sociais, ambientais para que uma sociedade esteja mais ou menos exposta a um desastre.

De maneira geral, percebe-se uma concordância pela maior parte dos autores em relação aos conceitos de vulnerabilidade. Para se trabalhar com vulnerabilidade em uma comunidade, por exemplo, devem-se levar em consideração as condições humanas, visto que são elas que mais influenciam na severidade de um desastre. Fica evidente, dessa forma, que a vulnerabilidade está ligada à condição humana e sua capacidade de enfrentar um evento adverso.

2.1.5 Risco

Conceitualmente, estudos sobre análises de riscos naturais têm sido amplamente discutidos por diversos autores, podendo ser citados: Varnes (1984); Augusto Filho *et al.* (1990a e 1990b); Zuquette (1993); Carvalho (1996); Cerri e Amaral (1998); Rodrigues (1998); Alheiros (1998); ONU (2004); Gomes *et al.* (2006); Tominaga (2007); Montoya (2013). De acordo com Montoya (2013), embora o conceito de risco tenha ganhado muita importância nos trabalhos técnicos em anos recentes, existem diferentes percepções e definições do que é risco.

O termo risco indica a probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população (pessoas ou bens materiais).

A Resolução n. 02 de 12/12/94 (Diário Oficial da União, 1995) e a Resolução n. 03 de 02/07/99 (Diário Oficial da União, 1999) definem risco como um acontecimento futuro, e ainda, como a medida de danos ou prejuízos potenciais ao homem, expressa em termos de probabilidade. O risco indica se um determinado evento, com uma intensidade específica, seja ele de origem natural ou humana, é mais ou menos provável, e quais os danos e prejuízos esperar, sempre levando em consideração os pontos fracos e fortes de uma comunidade em relação ao evento adverso. Quanto maior a probabilidade de o evento ocorrer com grande intensidade, e quanto mais significativos os danos e prejuízos previsíveis nestes casos, maior o risco (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL, 2017).

Risco é também compreendido como a relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade (GEORIO, 2000). Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco, assim como também quanto maior a intensidade e a frequência de determinado fenômeno ou processo perigoso maior é o risco. Para o JOINT TECHNICAL COMMITTEE ON LANDSLIDES AND ENGINEERED SLOPES-JTC-1 (2008), risco é uma medida de probabilidade e severidade de um efeito adverso à saúde, à propriedade ou ao meio ambiente. Assim, o risco é frequentemente estimado pelo produto da probabilidade *versus* consequências. No entanto, uma interpretação mais geral de risco envolve uma comparação da probabilidade das consequências de um evento adverso não em formato de produto.

Segundo Farah (2003), no Brasil, há uma carência absoluta de dados confiáveis no que diz respeito ao tipo de risco. Quando se trata de risco, deve-se considerar a suscetibilidade à ocorrência de fenômenos e à vulnerabilidade (fragilidade social, densidade demográfica, infraestrutura, conhecimento e percepção do risco, situação econômica, etc.) do sistema que está sob análise.

Buscando sintetizar os conceitos de Perigo, Suscetibilidade, Vulnerabilidade e Risco, segue a Tabela 1, elaborada por Bressani *et al.* (2016), com os principais autores tratados nessa pesquisa e a sua definição em linhas gerais de cada conceito.

Tabela 1 - Conceitos de perigo, suscetibilidade, vulnerabilidade e risco de acordo com Bressani *et al.* (2016)

	Conceito:	Fontes:	Descrição:
Suscetibilidade	Suscetibilidade é a propensão do terreno à ocorrência de fenômeno e/ou processo físico	Saito, 2004; Kobiyama, 2006; IPT, 2007; Fell et al., 2008; Julião et al., 2009; Galderisi et al., 2010; Sobreira e Souza, 2012; Diniz, 2012; Reckziegel, 2012; Silva, 2012; Coutinho, 2013; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013; Riffel e Guasselli, 2013;	Os autores consideram suscetibilidade como a propensão maior ou menor de ocorrência de um fenômeno, com base apenas nas características físicas.
Vulnerabilidade	Vulnerabilidade é a capacidade da sociedade de enfrentar e/ou suportar um evento catastrófico	Saito, 2004; Kobiyama, 2006; IPT, 2007; Fell et al., 2008; Julião et al., 2009; Galderisi et al., 2010; Reckziegel, 2012; Silva, 2012; Spink, 2014.	Alguns autores abordam vulnerabilidade considerando as características socioeconômicas. Alguns também trazem o conceito de resiliência, que consiste na capacidade da sociedade de suportar efeitos adversos.
Perigo	Perigo é uma situação potencial para provocar danos	Smith, 1992; Ojeda, 1997; Bateira, 2006; Kobiyama, 2006; Fell et al., 2008; Julião et al., 2009; Hermelin, 2007; Cardona et al., 2010.	Alguns autores utilizam o termo ameaça e perigosidade, como sinônimos de perigo, consistindo numa potencialidade, e não probabilidade como é classificado o risco. Segundo os autores, o perigo não pode ser estimado.
	Ameaça é uma situação potencial para provocar danos	CAMPOS, 1999; LAVELL, 1999; CARDONA, 2001.	Utilizam o conceito de ameaça ao invés do conceito de perigo, considerados por alguns autores como sinônimos (Campos, 1999; UN/ISDR, 2009; Monteiro & Pinheiro, 2012).

	Conceito:	Fontes:	Descrição:
Risco	Risco é a probabilidade de ocorrência de evento danoso a partir da relação entre Suscetibilidade e Perigo.	Cerri e Amaral, 1998; Aneas de Castro, 2000; Nogueira, 2002; Castro, 2003; Bateira, 2006; Carvalho e Galvão, 2006; Kobiyama, 2006; Carvalho, Macedo e Ogura, 2007; Fell et al., 2008; JTC-1, 2008; Julião et al., 2009.	Consideram risco uma probabilidade que pode ser estimada e calculada. Os termos mais utilizados para a formulação do conceito são suscetibilidade e perigo.
	Risco é caracterizado pela interação entre ameaça e vulnerabilidade.	Campos, 1999; Lavell, 1999; Cardona, 2001.	Utilizam o conceito de ameaça para trabalhar com o risco, visto que alguns autores consideram ameaça como sinônimo de perigo (Campos, 1999; UN/ISDR, 2009; Monteiro & Pinheiro, 2012).
		Otway, 1992; Duclos, 2002; Lagadec e Guilhou, 2004; Granjo, 2004.	Consideram o risco associado aos termos ameaça e vulnerabilidade, no entanto não consideram que o risco seja uma probabilidade, e não pode ser estimado.

Fonte: Bressani *et al.* (2016).

Percebe-se, à partir da Tabela 1, que ocorre um consenso por parte dos autores pesquisados em relação aos conceitos de suscetibilidade e vulnerabilidade, sendo a primeira considerada como uma propensão do terreno à ocorrência de um determinado fenômeno e/ou processo físico, e a segunda como a capacidade da sociedade enfrentar o desastre.

Também há consenso no conceito de perigo. No entanto, alguns autores citam outros dois termos. A ameaça, para algumas referências da Tabela 1, é considerada sinônimo do vocábulo perigo, bem como perigosidade, muito utilizado por autores portugueses, como descritos por Bateira (2006). O risco é utilizado a partir de duas abordagens, uma que o considera como uma probabilidade, que pode ser calculado e estimado, e que representa a maioria das referências citadas nesta pesquisa, outra que considera que o risco não pode ser quantificado, que ele deve ser analisado de forma empírica, sendo este último também o entendimento do autor desta pesquisa.

O conceito de risco envolve basicamente duas variáveis, o perigo e a vulnerabilidade e pode ser escrito por fórmulas matemáticas, que levam os itens a serem considerados. Segundo o Manual Técnico de Encostas produzido pela GEORIO - Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (2000). O risco envolve a probabilidade de ocorrência do fenômeno perigoso e as consequências potenciais sociais e econômicas provocadas por ele, sintetizados pela seguinte equação:

$$\mathbf{R = P \times C}$$

Onde:

R - Risco

P - Possibilidade de ocorrência do fenômeno perigoso

C - Consequências/danos

De forma similar, o risco pode ser definido como a chance de ocorrência de um fenômeno perigoso que pode causar perdas e danos para um elemento, grupo ou comunidade, e está diretamente relacionado com a vulnerabilidade desses elementos (BRASIL, 2007), ou seja, quanto maior a vulnerabilidade identificada, maior o risco presente.

Na presente pesquisa, a fórmula de cálculo do risco, será a mesmo utilizado pelo Ministério das Cidades, que leva em conta, além das variáveis já citadas, a gestão de gerenciamento de risco, que serve para minimizar as condições de risco de uma determinada área, escrito pela seguinte expressão:

$$\mathbf{R = P (fA) * C (fV) * g^{-1}}$$

Onde:

R - Risco

P (fA) - Probabilidade de ocorrência em função da ameaça ou perigo

C (fV) - Consequência ou dano em função da vulnerabilidade

g⁻¹ - gestão e gerenciamento de perigo e risco

Esta equação define os componentes utilizados na quantificação dos graus de riscos, estabelecidos em concomitância com a metodologia nacional do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007), relacionando a vulnerabilidade e a probabilidade de ocorrência.

Há diferentes tipos de riscos, que podem estar associados aos processos e fenômenos tecnológicos, naturais e sociais, como mostra a Tabela 2, elaborada por Cerri e Amaral (1998).

Tabela 2 - Diferentes tipos de riscos com destaque aos riscos geológicos e hidrológicos

RISCOS TECNOLÓGICOS	RISCOS NATURAIS					RISCOS SOCIAIS
	RISCOS FÍSICOS			RISCOS BIOLÓGICOS		
	Riscos atmosféricos	Riscos geológicos	Riscos Hidrológicos	Riscos associados à fauna	Riscos associados à flora	
Ex: Vazamentos de produtos tóxicos, inflamáveis, radioativos;	Ex: Furacões, secas, tempestades, granizo	Ex: terremoto, escorregamento erosão;	Ex: Enchentes e inundações	Ex: pragas, picadas de animais;	Ex: ervas tóxicas, doenças causada por fungos;	Ex: Assaltos, guerras, conflitos, sequestros, atentados;

Fonte: Elaboração do autor (2019), adaptado de Cerri e Amaral (1998).

Segundo Fontes (2011), para uma devida ocupação de áreas instáveis, impõe-se o conhecimento das condições geológico-geotécnicas locais, caracterizando-se os processos e parâmetros envolvidos e sistematizando-se as informações sobre a suscetibilidade do meio a eventos geotécnicos. Estas informações serão importantes para o ordenamento da ocupação do território, evitando as áreas mais suscetíveis aos perigos e lhe dando usos alternativos.

Quando as áreas já estão ocupadas, surge um novo elemento a ser considerado no estudo, a vulnerabilidade, que expressa as perdas materiais e socioambientais envolvidas nos processos. O conjunto das informações da suscetibilidade associado à vulnerabilidade dimensiona o risco.

Torna-se, portanto, necessário promover sistemáticas capazes de minimizar e/ou resolver os problemas já instalados, bem como ordenar futuras expansões, por meio da realização de estudos que caracterizem o meio físico natural, de forma a subsidiar o planejamento e o gerenciamento do uso do solo. Dessa forma o mapa de perigo é um importante

instrumento para o planejamento municipal, na medida em que permite a hierarquização dos problemas e a avaliação de custos de investimentos e dão suporte técnico às negociações com a comunidade.

Uma vez identificado o (os) perigo(s) e (os) risco (s), é possível fazer uma análise geral do ambiente onde ele está sediado, podendo ser pontual ou incidindo sobre uma área maior, caracterizada então como uma área de perigo e risco.

Para que a ocupação de encostas e outros ambientes naturais não se transformem em áreas de riscos, esta deve ser realizada dentro de moldes técnicos adequados. Nesse sentido, a efetiva intervenção do poder público, com objetivo de orientar a ocupação ordenada das encostas por exemplo, deve ser primordial, procurando contribuir com a segurança e a preservação do meio ambiente urbano.

Para transferir as informações técnicas de ocupação ao poder público e aos que convivem com os problemas de encostas estão sendo produzidos manuais de ocupações em várias cidades brasileiras. Entre os manuais existentes tem-se o Manual de Ocupação de Encostas de São Paulo, produzido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1991), o Manual Técnico de Encostas do Rio de Janeiro, produzido pela Fundação GEORIO (2000) e o Manual do Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios (2007).

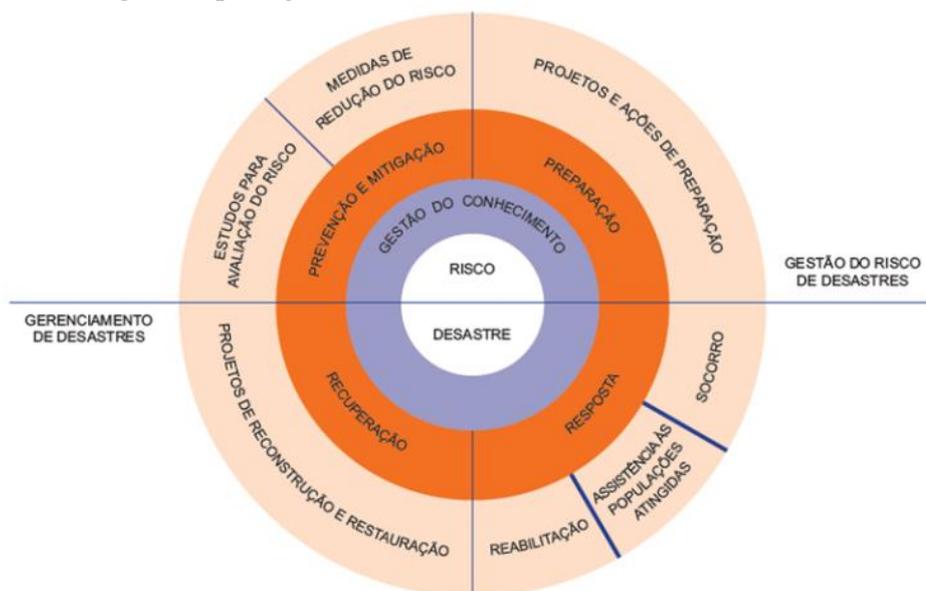
2.1.6 Áreas de riscos

De acordo com Brasil (2007) áreas de riscos é a área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

2.1.7 Gestão de riscos

Conforme Secretaria de Defesa Civil (2017), a Gestão de riscos, Figura 5, é um processo social, complexo, que tem como finalidade a redução ou previsão e controle permanente de riscos na sociedade.

Figura 5 - Ciclo de gestão, proteção e defesa civil



Fonte: Universidade Federal de Santa Catarina (2014).

De acordo com a Instrução Normativa n. 02, de 2016 do Ministério da Integração, a gestão de riscos de desastres é conceituada como medidas preventivas destinadas à redução de riscos de desastres, suas consequências e a instalação de novos riscos. A gestão de riscos engloba as etapas de prevenção/mitigação e preparação.

Para uma eficiente gestão de riscos, Brasil (2007) recomenda que as ações para o controle dos riscos geológicos e hidrológicos e a prevenção de acidentes podem ser aplicadas a partir de três enfoques distintos, simultaneamente ou não, conforme observado a seguir:

Eliminar/reduzir o risco

- ✓ Agindo sobre o processo
- ✓ Agindo sobre a consequência

Evitar a formação de áreas de risco

- ✓ Controle efetivo do uso do solo

Conviver com os problemas

- ✓ Planos Preventivos de Defesa Civil

A primeira ação tem como objetivo eliminar ou reduzir o risco agindo sobre o próprio processo - por meio da implantação de medidas estruturais, ou sobre a consequência-removendo os moradores das áreas de risco.

A segunda ação visa, evitar a formação e o crescimento de áreas de risco aplicando um controle efetivo da forma de uso e ocupação do solo, por meio de fiscalização e de diretrizes

técnicas que possibilitem a ocupação adequada e segura de áreas suscetíveis a riscos geológicos e hidrológicos.

A **terceira ação** objetiva a convivência com os riscos geológicos presentes por meio da elaboração e operação de planos preventivos de defesa civil, envolvendo um conjunto de ações coordenadas que buscam reduzir a possibilidade de ocorrência de perda de vidas humanas, visando um convívio com as situações de risco dentro de níveis razoáveis de segurança.

Ainda atuando no gerenciamento de riscos de movimentos de massa e inundações, Brasil (2007) discute dois fundamentos principais:

O primeiro fundamento é a **Previsão**, que possibilita a identificação das áreas de perigos e riscos e indica os locais onde poderão ocorrer acidentes (definição espacial = ONDE), estabelecendo as condições e as circunstâncias para a ocorrência dos processos (definição temporal = QUANDO).

O segundo é a **Prevenção**, que fornece a possibilidade de adotar medidas preventivas, visando impedir a ocorrência dos processos ou a redução das magnitudes, minimizando as perdas e danos e agindo diretamente sobre edificações e/ou sobre a própria população.

Segundo o modelo de abordagem da ONU, no ano de 1991, a UNDRO (Agência de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres) elaborou um modelo de abordagem para o enfrentamento de acidentes naturais, baseando-se em duas atividades: **prevenção e preparação**.

As atividades de **prevenção** estão relacionadas com estudos de natureza técnico-científica, com definição da magnitude de um desastre e no estabelecimento das medidas que possibilitem a proteção da população e de seus bens materiais. Tais atividades compreendem os estudos da fenomenologia dos processos, da análise de risco e a formulação de métodos, técnicas e ações de prevenção de desastres.

As atividades de **preparação** têm caráter logístico, auxiliando no enfrentamento de situações de emergência ligadas, principalmente, aos trabalhos de defesa civil. Nesta fase, são indicadas quais populações devem ser evacuadas e/ou protegidas quando localizadas em áreas de muito alto risco ou logo após a ocorrência do processo.

De acordo com este modelo, os programas de Mitigação de Desastres da UNDRO - Organização das Nações Unidas para Redução de Desastres incluem a seguinte sequência de ações de prevenção e preparação com o objetivo de **eliminar/reduzir o risco**:

- ✓ Identificação dos riscos
- ✓ Análise dos riscos

- ✓ Medidas de prevenção
- ✓ Planejamento para situações de emergência
- ✓ Informações públicas e treinamento

De acordo com Tominaga; Santoro e Amaral (2011), para efetiva prevenção dos fenômenos naturais é necessário o respeito das leis da natureza, isto é, estes fenômenos devem ser bem conhecidos quanto aos seus episódios, mecanismo e desenrolar. Os desastres naturais podem ser gerados por diversos fenômenos, são eles: Inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furações, tempestades, estiagem dentre outros. Contudo, a falta de gestão de riscos em muitos locais leva para situações de desastres naturais que acabam precisando de atendimentos emergenciais e reconstrução. Muitos países não conseguem recursos para ações de prevenção e planejamento de suas áreas de risco porque estão sempre lidando com as atividades de emergência e reconstrução após desastres frequentes.

2.1.8 Desastres

De acordo com a Política Nacional da Defesa Civil, na Resolução n. 03, de 02 jul. de 1999 (Brasil, 2012), desastre é “[...] o 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 Defesa Civil, no Brasil, obedecendo às normativas da Política Nacional de Defesa Civil, classifica os desastres como naturais e humanos, sendo os desastres humanos aqueles gerados pelas ações ou omissões humanas, como incêndios industriais, contaminação de rios, entre outros. Os desastres naturais são causados pelo impacto de um fenômeno natural de grande intensidade sobre uma área ou região povoada, podendo ou não ser agravados pelas atividades antrópicas (CASTRO, 2003).

Segundo Oliveira (2010, p. 138), desastre natural é

[...] todo fenômeno natural de grande intensidade, agravado ou não pela atividade humana. As diversas ocorrências de desastres naturais podem ser exemplificadas pelas consequências adversas das ocorrências de inundações, abalos sísmicos, erosões, deslizamentos, incêndios florestais, tempestades, ciclones etc., todos passíveis de posicionamento e mensuração da extensão da área comprometida pelo desastre.

O conceito de Desastre é frequentemente, associado a acontecimentos naturais de grande magnitude, com evolução muito rápida, causando danos as pessoas, suas propriedades e ao meio ambiente ou/e acidentes tecnológicos de elevado impacto (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL, 2017). Segundo a definição descrita na Instrução Normativa n. 02, de 20 de

dezembro de 2016, do Ministério da Integração, desastre é “[...] 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”.

Os desastres são classificados segundo sua intensidade (nível I, nível II), evolução (súbita e gradual) e origem (natural, tecnológico ou antrópico) classificação que consta na Instrução Normativa nº 02, de 20 de dezembro de 2016, do Ministério da Integração. Assim, o evento pode ter diferentes consequências, dependendo das características do cenário em que ele age (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL, 2017). No Brasil, as classificações de Desastres mais utilizadas são: as do COBRADE - Codificação Brasileira de Desastres, Tabela 3, do Ministério da Integração Nacional por meio da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil; a desenvolvida por Guidicini e Neible (1984); a do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo e a de Augusto Filho (1994).

Após uma situação de desastre, o município deve fazer uma Declaração de Situação de Emergência ou do Estado de Calamidade Pública. Estas são as etapas elaboradas por autoridade administrativa competente, observando os critérios e procedimentos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), para decretar, registrar e divulgar um ato legal, relativo a uma situação anormal provocada por desastre, desde que se caracterizem condições que o justifiquem.

A Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública será declarada mediante Decreto do Prefeito Municipal, do Governador do Estado, quando caracterizado o desastre e for necessário estabelecer uma situação jurídica especial, que permita o atendimento às necessidades temporárias de excepcional interesse público, voltadas às ações resposta e reabilitação dos cenários atingidos pelos desastres. Neste cenário, é possível ao gestor público fazer comprar sem licitação e promover ações de respostas e reconstruções com agilidade.

O município insere e envia as informações no Sistema Integrado de Informações de Desastres - S2ID do Ministério da Integração relativa à decretação, e o Estado por sua vez analisa e homologa a Situação de Emergência ou o Estado de Calamidade Pública. Para a União cabe analisar a documentação e expedir Portaria de Reconhecimento de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública.

O S2ID foi uma grande inovação para a solicitação de reconhecimento de situação de Emergência ou o Estado de Calamidade Pública, ele foi criado através da Portaria do Ministério da Integração, nº 526, de 06 de setembro de 2012, referente ao cadastramento de informações de desastres.

Tabela 3 - Sistema de Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA	
1. NATURAIS	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	Vibrações do terreno que provocam oscilações verticais e horizontais na superfície da Terra (ondas sísmicas). Pode ser natural (tectônica) ou induzido (explosões, injeção profunda de líquidos e gás, extração de fluidos, alívio de carga de minas, enchimento de lagos artificiais).	1.1.1.0		
		2. Tsunami	0	Série de ondas geradas por deslocamento de um grande volume de água causado geralmente por terremotos, erupções vulcânicas ou movimentos de massa.	1.1.1.2.0		
		2. Emissão vulcânica	0	0	Produtos/materiais vulcânicos lançados na atmosfera a partir de erupções vulcânicas.	1.1.2.0.0	
	3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. Blocos	1. Blocos	As quedas de blocos são movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre. Os tombamentos de blocos são movimentos de massa em que ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida. Rolamentos de blocos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorrem geralmente pela perda de apoio (descaçamento).	1.1.3.1.1	
				2. Lascas	As quedas de lascas são movimentos rápidos e acontecem quando fatias delgadas formadas pelos fragmentos de rochas se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.2	
				3. Matacões	Os rolamentos de matacões são caracterizados por movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas e movimentam-se num plano inclinado.	1.1.3.1.3	
				4. Lajes	As quedas de lajes são movimentos rápidos e acontecem quando fragmentos de rochas extensas de superfície mais ou menos plana e de pouca espessura se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.4	
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e/ou rocha	São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.	1.1.3.2.1	

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA	
1. NATURAIS	3. Meteorológico	1. Sistemas de grande escala/Escala regional	1. Ciclones	1. Ventos costeiros (mobilidade de dunas)	Intensificação dos ventos nas regiões litorâneas, movimentando dunas de areia sobre construções na orla.	1.3.1.1.1	
				2. Marés de tempestade (ressaca)	São ondas violentas que geram uma maior agitação do mar próximo à praia. Ocorrem quando rajadas fortes de vento fazem subir o nível do oceano em mar aberto e essa intensificação das correntes marítimas carrega uma enorme quantidade de água em direção ao litoral. Em consequência, as praias inundam, as ondas se tornam maiores e a orla pode ser devastada alagando ruas e destruindo edificações.	1.3.1.1.2	
			2. Frentes frias/Zonas de convergência	0	Frente fria é uma massa de ar frio que avança sobre uma região, provocando queda brusca da temperatura local, com período de duração inferior à friagem. Zona de convergência é uma região que está ligada à tempestade causada por uma zona de baixa pressão atmosférica, provocando forte deslocamento de massas de ar, vendavais, chuvas intensas e até queda de granizo.	1.3.1.2.0	
		2. Tempestades	1. Tempestade local/Convectiva	1. Tornados	Coluna de ar que gira de forma violenta e muito perigosa, estando em contato com a terra e a base de uma nuvem de grande desenvolvimento vertical. Essa coluna de ar pode percorrer vários quilômetros e deixa um rastro de destruição pelo caminho percorrido.	1.3.2.1.1	
				2. Tempestade de raios	Tempestade com intensa atividade elétrica no interior das nuvens, com grande desenvolvimento vertical.	1.3.2.1.2	
				3. Granizo	Precipitação de pedaços irregulares de gelo.	1.3.2.1.3	
	4. Chuvas intensas			São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (ex.: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.).	1.3.2.1.4		
	5. Vendaval			Forte deslocamento de uma massa de ar em uma região.	1.3.2.1.5		
	3. Temperaturas extremas	1. Onda de calor	0	É um período prolongado de tempo excessivamente quente e desconfortável, onde as temperaturas ficam acima de um valor normal esperado para aquela região em determinado período do ano. Geralmente é adotado um período mínimo de três dias com temperaturas 5°C acima dos valores máximos médios.	1.3.3.1.0		

Fonte: Secretaria Nacional de Defesa Civil (2014).

Embora tenham sido realizados alguns progressos para aumentar a resiliência e reduzir perdas e danos, uma redução substancial do risco de desastres exige persistência, com foco mais explícito nas pessoas. Ajudando a identificar os riscos de desastres, melhorar o gerenciamento e aperfeiçoar o processo de alcançar as metas constantes no Marco de Sendai.

2.1.9 Marco de Sendai

Para mitigação de desastres e como estratégia internacional para redução de desastres e após o período de atuação do Marco de Hyogo (2005-2015) para redução de vulnerabilidade, foi instituído o Marco de Sendai na Terceira Conferência Mundial sobre Redução do Risco de Desastres, realizada de 14 a 18 de março de 2015, em Sendai, Myagi, no Japão. Este Marco tem o intuito de nos próximos 15 anos (2015-2030) promover a “Redução substancial nos riscos de desastres e nas perdas de vidas, meios de subsistência e saúde, bem como ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidade e países” (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL, 2017, p. 28). Para atingir os resultados deste Marco, o seguinte objetivo deve ser alcançado: Prevenir novos riscos de desastres e reduzir os riscos de desastres existentes, através da implementação de medidas econômicas, estruturais, jurídicas, sociais, saúde, culturais, educacionais, ambientais, tecnológicas, políticas institucionais integradas e inclusivas que previnam e reduzam a exposição a perigos e a vulnerabilidade a desastres, aumentar a preparação para resposta e recuperação, e, assim, aumentar a resiliência.

2.1.10 Resiliência

É a capacidade de uma comunidade ou sociedade exposta a uma ameaça para resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se de seus efeitos de maneira eficaz, o que inclui a preservação e a reparação de suas estruturas e funções básicas (Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres- UNISDR-ISDR, 2009).

As ameaças ou perigos derivados da dinâmica superficial da Terra são velhos conhecidos das populações humanas ao longo da história, pois estas sempre tiveram que conviver com a dinâmica dos sítios em que estavam assentadas. Para aqueles perigos de menor intensidade e maior frequência, algumas populações aprenderam a conviver e se tornaram mais resilientes, como o que acontecia no Egito antigo após cada fenômeno de cheias do Nilo ou as erupções vulcânicas presentes nas ilhas havaianas. A resiliência das comunidades exige, antes de tudo, o conhecimento do fenômeno ou processo perigoso e, em seguida, certo grau de coesão social e preparo para lidar com a manifestação deste perigo.

2.2 FENÔMENOS PERIGOSOS DA GEODINÂMICA EXTERNA DA TERRA: MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

Os processos físicos que compõe as dinâmicas internas e externas do planeta ocorrem naturalmente em diferentes escalas de intensidade e tempo. Exemplos destes fenômenos são os movimentos gravitacionais de massa, erupções vulcânicas, terremotos, inundações e tsunamis, comumente denominados como desastres naturais quando atingem uma comunidade vulnerável a eles. Tais eventos acontecem independentemente das ações antrópicas, porém alguns como os movimentos de massa, são intensificados devido à inadequada interação entre o ambiente natural e o construído, principalmente em áreas já suscetíveis a estes fenômenos, induzindo a prejuízos socioeconômicos e ambientais (SAITO *et al.* 2015).

Aqui serão abordados os principais tipos de movimentos de massa e os de maior ocorrência no Brasil. Tais termos correspondem a classificação de processos definidos pelo IPT, a partir do trabalho de Augusto Filho (1992), sendo uma das classificações mais utilizadas atualmente. Devido aos diversos tipos de movimentos de massa, há uma grande dificuldade em se identificar corretamente qual o tipo de movimento ocorreu em um determinado evento. Em alguns casos, estes se confundem, dificultando ainda mais o entendimento dos mecanismos que influenciam na sua deflagração. Por exemplo, os deslizamentos e as corridas que, muitas vezes, encontram-se associados, pois o início da corrida está vinculado à ocorrência de um deslizamento anterior (GUIDICINIE NIEBLE, 1984; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1991; SELBY, 1993).

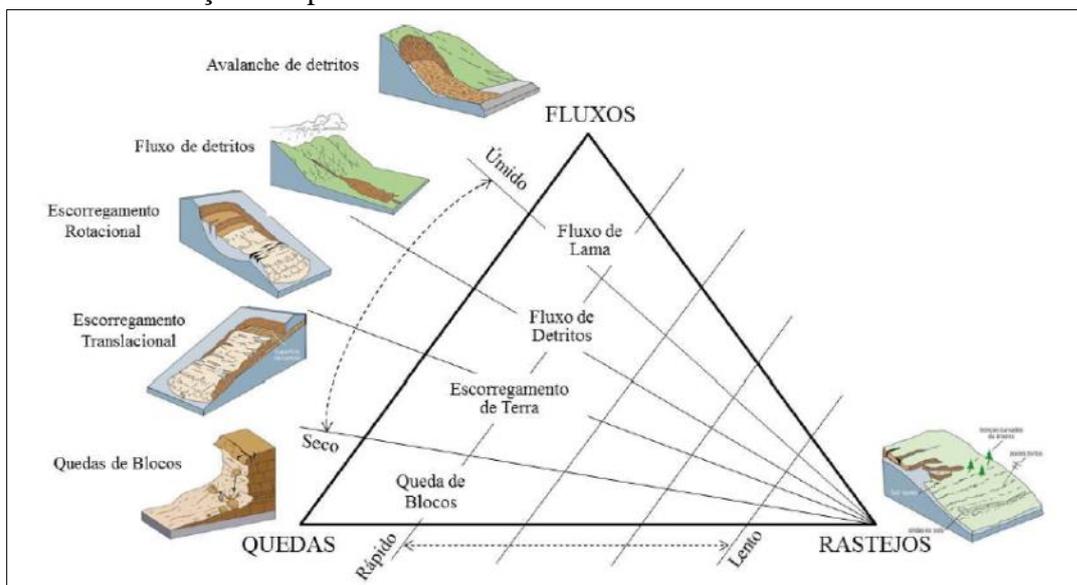
Segundo Selby (1993), os movimentos de massa são considerados como processos naturais que tem a capacidade de transportar volumes de solo e rochas através de uma vertente abaixo sob ação da gravidade. Para Silveira (2008), os movimentos de massa são definidos como mecanismos capazes de transportar sedimentos, solos ou rochas, através da força gravitacional isolada ou em conjunto com fatores como águas superficiais e subterrâneas ou ações antrópicas. Segundo Silveira (2008), na bibliografia internacional, os movimentos de solo e rocha são conhecidos e classificados como *landslides* pelos autores americanos, *landslips* pelos ingleses, *mass movements* por alguns engenheiros geotécnicos e geomorfólogos, *slope movements* pela maioria dos engenheiros geotécnicos e *mass wasting* pela maioria dos geomorfólogos. De maneira geral, pode-se definir *landslides* como um termo utilizado para denominar diversos tipos de movimentos de massa, tais como quedas, tombamentos, deslizamentos. Analisando os diferentes conceitos internacionais para os movimentos em encostas, Nummer (2003) conclui que o termo *landslides* pode ser utilizado como sinônimo de

movimento de massa (*mass movements*). Isso significa, em termos mais amplos, todo e qualquer movimento de materiais terrosos ou rochosos, não importando sua forma, sua velocidade e nem o processo que o gerou.

Tominaga; Santoro e Amaral (2009) consideram que movimentos de massa são fenômenos que causam inúmeras perturbações no funcionamento do meio ambiente envolvendo a sociedade, podendo acarretar desde perdas materiais até humanas, além de efeitos econômicos adversos que excedem a capacidade da comunidade de arcar com as próprias despesas. A gravidade desses processos é avaliada em função das características do local onde ocorrem, ou seja, em função das variáveis como tipo de solo, pluviosidade, presença ou ausência de vegetação, tipos litológicos, as mudanças provocadas pelo homem no meio, entre outros (BAPTISTA, 2005).

Carson e Kirkby (1972) classificam os processos relacionados ao movimento de massas quanto à velocidade do movimento e condições de umidade do material. O resultado é sintetizado por três tipos de movimentos de massa: o escorregamento, o fluxo e a expansão. As formas de escorregamentos representadas na Figura 6, principalmente pelos deslizamentos de rochas e de solos, encontram-se caracterizadas por movimentos rápidos associados com condições subaéreas; as formas de fluxo, identificadas pelo fluxo de terra, fluxo de lama e fluxo fluvial, também se referem a movimentos rápidos, contudo, associados com condições submersas; por último, as formas de expansão, individualizadas pelo *creep* de solo sazonal, a qual se refere com o movimento lento em condição ambiental indistinta.

Figura 6 - Classificação dos processos de movimento de massa



Fonte: Modificado de Corteletti (2014 *apud* Carson e Kirkby, 1972).

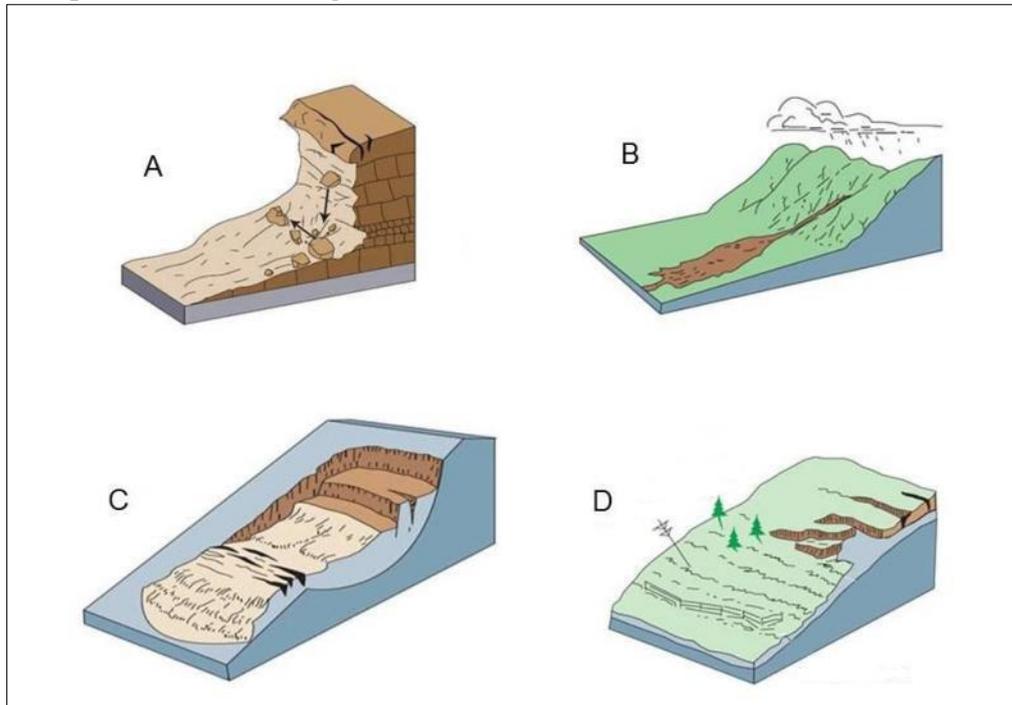
Quanto à tipologia dos movimentos gravitacionais de massa, esta pesquisa adotará a classificação realizada por Augusto Filho (1992) e utilizada pelo IPT, que pode ser visualizada na Tabela 4.

Tabela 4 - Principais tipos de movimentos de massa ocorrentes no Brasil

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

Fonte: Augusto Filho (1992).

Figura 7 - Tipos de movimentos gravitacionais de massa



A: Queda de blocos, B: Fluxo de detritos, C: Deslizamento com ruptura circular, D: Rastejo
 Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008.

Em um estudo clássico, Terzaghi (1967 *apud* Mattos, 2009) comenta que as causas dos movimentos de massa podem ser agrupadas em três tipos dominantes:

a) externas: ocorrem devido a ações que alteram os estados de tensão atuante sobre o maciço. Esta alteração resulta num acréscimo de tensão cisalhante, que igualando ou superando a resistência intrínseca do solo leva o maciço à condição de ruptura, por exemplo, aumento da inclinação do talude (o mesmo que encosta, face de um aterro ou margem de um rio), deposição de material ao longo da crista do talude, efeitos sísmicos.

b) internas: são aquelas que atuam reduzindo a resistência ao cisalhamento do solo constituinte do talude, sem ferir o aspecto geométrico visível, podendo ser o aumento de pressão na água intersticial ou, por exemplo, o decréscimo de coesão.

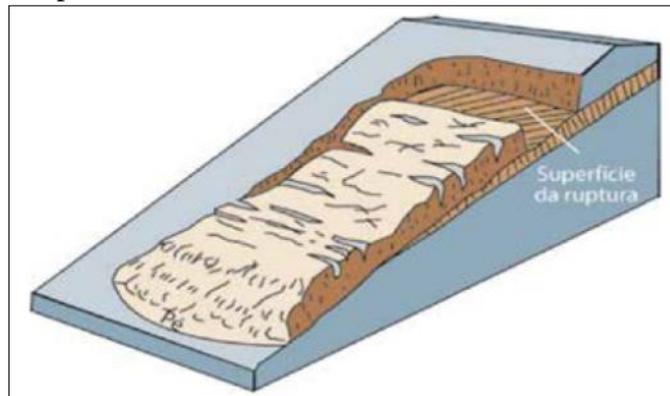
c) intermediárias: são aquelas que não podem ser explicitamente classificadas em uma das duas classes anteriores definidas. Efeitos da água subterrânea, efeitos de resfriamento, intemperismo das rochas, mudanças na cobertura vegetal dos taludes.

2.2.1 Deslizamentos

Para a Secretaria Nacional de Defesa Civil (2003), deslizamento é um fenômeno provocado pelo escorregamento de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou

material de construção civil ao longo de terrenos inclinados, denominados de “encostas”, “pendentes” ou “escarpas”. Os deslizamentos são processos marcantes na evolução das encostas, caracterizando-se por movimentos rápidos (m/h a m/s), com limites laterais e profundidade bem definidos, ou seja, apresentam superfície de ruptura definida, conforme pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 - Deslizamento planar ou translacional



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

Em ambiente de climas úmidos, as chuvas intensas e/ou continuadas são um importante condicionante de deslizamentos. Os índices pluviométricos críticos variam de acordo com a região, sendo menores para os deslizamentos induzidos (ou seja, que tenha alguma interferência humana na geometria da encosta) e maiores para os que ocorrem nas encostas naturais (BRASIL, 2007). Existem vários tipos de deslizamentos propriamente ditos, como os planares ou translacionais, os circulares ou rotacionais, os em cunha e os induzidos (BRASIL, 2015). Eles são subdivididos em função do mecanismo de ruptura, geometria e material que mobilizam.

Os deslizamentos translacionais (*shallow*) ocorrem principalmente em solos pouco desenvolvidos associados a altas declividades. Este tipo de movimento de massa apresenta deslocamento rápido e de curta duração proveniente de uma superfície de ruptura planar. Segundo Guidicini e Nieble (1984), esse tipo de movimento pode estar atrelado a planos de fraqueza ao longo da interface solo-rocha, permitindo a infiltração de água que provocará o aumento da poropressão e a conseqüente diminuição da tensão efetiva do solo. Os volumes instabilizados podem ser facilmente identificados ou, pelo menos, inferidos. Podem envolver solo, saprólito, rocha e depósitos.

Os deslizamentos planares ou translacionais em solo são processos muito frequentes na dinâmica das encostas serranas brasileiras, ocorrendo predominantemente em solos pouco desenvolvidos das encostas com altas declividades (BRASIL, 2015).

Os deslizamentos rotacionais ou circulares acontecem em solos/saprólitos muito profundos e homogêneos, segundo Gerscovich (2012), a superfície circular deriva da rotação do material rompido ao longo de um eixo imaginário. Os deslizamentos rotacionais (*slumps*) são caracterizados por possuírem uma superfície de ruptura curva, côncava para cima, onde o movimento ocorre em função de um eixo central (AUGUSTO FILHO, 1994).

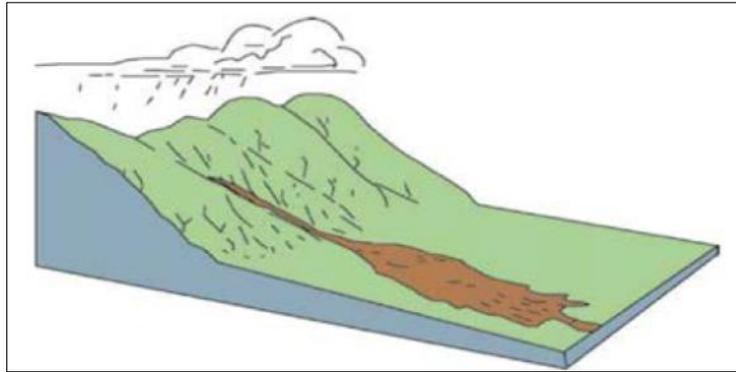
As quedas de blocos estão tipicamente associadas a regiões de relevo muito íngreme com paredões rochosos. São movimentos rápidos e não possui uma superfície de deslizamento, ocorrendo como queda livre de blocos devido a ação gravitacional (CRUDEN; VARNES, 1996). É favorecida pela presença de planos de fraqueza nas rochas, potencializando a ação do intemperismo e diminuindo gradativamente a resistência das rochas (FERNANDES; AMARAL, 2003). Também podem ocorrer em cortes de encosta em que haja fragmentos de blocos rochosos no material do corte.

Os fluxos ou corridas de massa (*flows*), são movimentos rápidos com material viscoso devido ao alto teor de umidade. Munido de um alto poder destrutivo, os fluxos são capazes de agregar grandes massa de solo em um curto período de tempo e se deslocar em altas velocidades percorrendo grandes distâncias (SELBY, 1993; GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

Segundo Cruden e Varnes (1996), o termo fluxo de detritos ou *debrisflow* representa um fenômeno completo de movimento de massa (escorregamento e propagação de material grosseiro), o qual inclui o início do deslocamento em uma declividade acentuada, escoando rapidamente em um canal confinado e a deposição em um leque de detritos. As corridas de detritos são consideradas o tipo de movimento de massa de maior poder destrutivo e de maior carregamento de materiais.

Segundo Stiny (1997), fluxo de detritos é a descrição de uma torrente escoando em uma montanha, carregando sólidos suspensos e transportando determinada quantidade de massa erodida. Os movimentos definidos como fluxos diferenciam-se dos demais movimentos de massa devido a certas características peculiares, tais como: velocidade elevada, alta capacidade de erosão e destruição, transporte de detritos a grandes distâncias em períodos de tempo muito curtos (KANJIE *et al.*, 1997; MASSAD *et al.*, 1997 e 1998, BRASIL, 2007), Figura 9.

Figura 9 - Corrida ou fluxo de detritos



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

As definições de movimentos e massa do tipo corridas (ou fluxos de detritos) e do tipo deslizamentos podem ser diferentes de autores para autores como mostra a Tabela 5 elaborada por Bressani *et al.* (2016).

Tabela 5 - Conceitos de deslizamentos e corridas elaborados por algumas fontes também citadas nesse trabalho

	Conceito	Fontes	Descrição
Deslizamento	Fenômeno provocado pelo escorregamento de materiais sólidos como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados.	Christofoletti, 1980; Augusto Filho, 1992; Pinheiro et al., 2000; Giannini e Riccomini, 2001; Avelar et al., 2002; Nogueira, 2002; Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2003; Nummer et al., 2003; Herrmann, 2004; Marcelino, 2004; Saito, 2004; Znamensky, 2005; Bateira, 2006; GOMES, 2006; VANACOR, 2006; Monguilhott, 2008; Silveira, 2008; Tominaga, 2009; Montoya, 2013.	Em linhas gerais, os autores revisados concordam com o conceito de deslizamento. Alguns autores, porém, divergem em relação à causa principal da ocorrência dos eventos, em alguns casos relacionados à força gravitacional (Christofoletti, 1980; Giannini e Riccomini, 2001), em outros à precipitação (IPT, 2007). A maioria dos autores, no entanto, sustenta que diversas variáveis devem ser levadas em consideração, tais como geomorfologia, geologia, solos, precipitação etc.
Corridas	Movimentos gravitacionais complexos de massa ligados a eventos pluviométricos excepcionais. Ocorrem a partir de deslizamentos nas encostas e mobilizam grandes volumes de material. O escoamento ocorre ao longo de um ou mais canais de drenagem. Têm comportamento líquido viscoso e alto poder de transporte.	Stiny, 1910; Christofoletti, 1980; Augusto Filho, 1992; Cruden e Varnes, 1996; Kanji et al., 1997; Massad et al., 1997 e 1998; Pinheiro et al., 2000; Avelar et al., 2002; Nummer et al., 2003; Saito, 2004; Marcelino, 2004; Znamensky, 2005; Bateira, 2006; Gomes, 2006; Vanacor, 2006; Highland, 2008; Monguilhott, 2008; Silveira, 2008; Gramani, 2013; Kobiyama e Michel, 2015.	A maioria dos autores concorda na conceituação de corridas. Variam apenas na nomenclatura utilizada, tais como fluxos, fluxos de detritos, fluxos de massa, corridas de massa. A respeito desse conceito destacamos o trabalho "Bibliografia dos trabalhos de fluxos de detritos ocorridos no Brasil no período de 1949-2014", de Kobiyama e Michel (2015), onde consta a quase totalidade dos trabalhos envolvendo a temática de corridas no Brasil.

Fonte: Bressani *et al.* (2016).

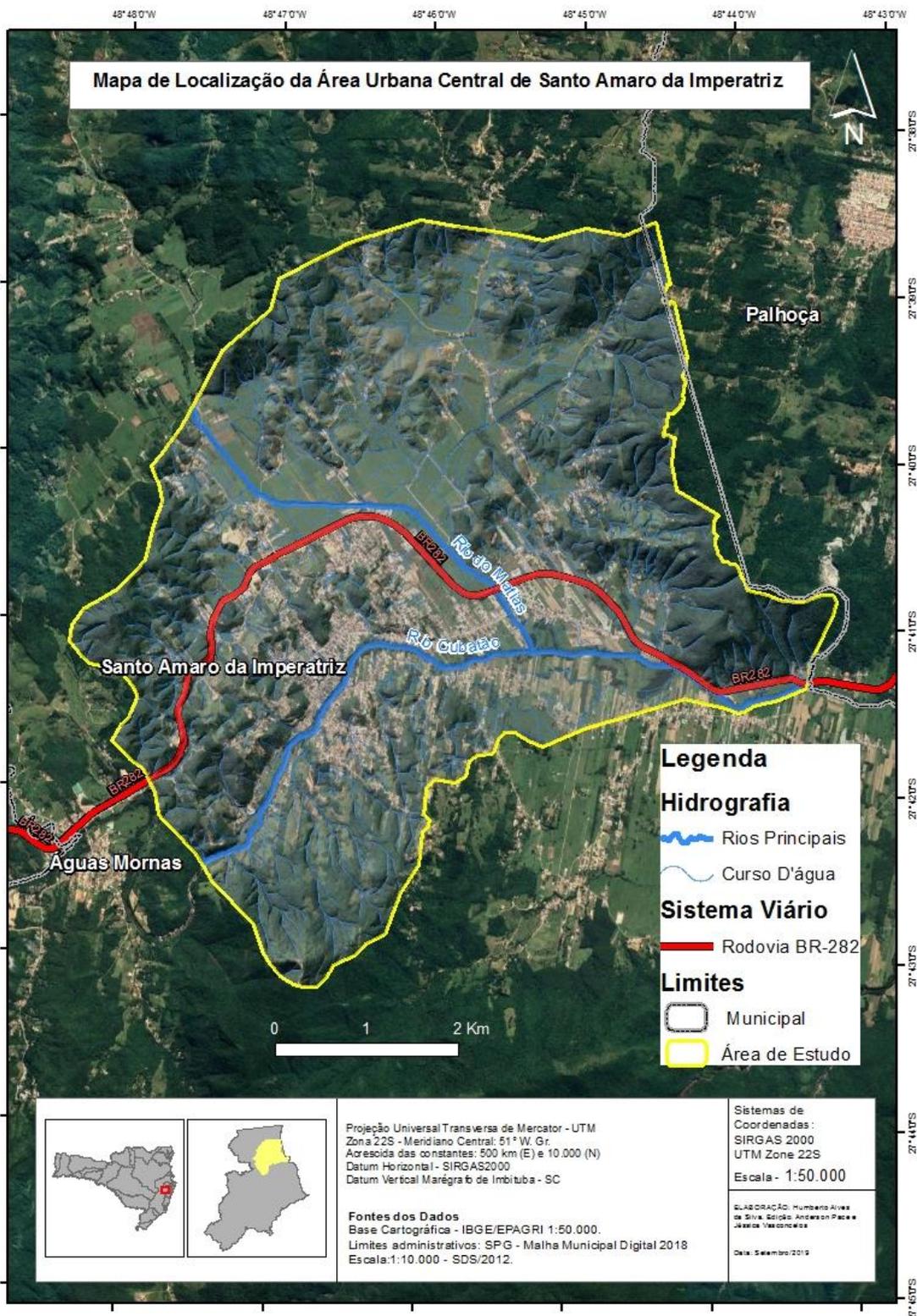
De maneira geral, percebe-se uma concordância por parte dos autores revisados por Bressani *et al.* (2016) quanto à conceituação de deslizamentos, exceto pela sua gênese. Alguns autores consideram, como principal causador, a força gravitacional, enquanto outros consideram a precipitação como o deflagrador principal dos deslizamentos.

Quanto às corridas, os autores citados abordam o conceito da mesma forma, variando apenas algumas terminologias, tais como: corridas, fluxos, corridas de massa etc. Também concordam que tanto para os deslizamentos quanto para as corridas devem ser levados em consideração diversos elementos (geologia, solos, precipitação, geomorfologia, etc.). Com base nos conceitos analisados, percebe-se que os desastres associados a movimentos de massa ocorrem pela conjunção de diversos fatores, levando a deslizamentos e/ou a corridas em áreas suscetíveis. Destaca-se que os movimentos de massa por si só não geram desastres, a menos que causem consequências adversas na sociedade.

3 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na área urbana central do município de Santo Amaro da Imperatriz/SC, entre coordenadas: 27°38'35" e 27°43'11" S; 48°43'15" e 48°48'23" W. Esta área compreende os bairros: Centro, São João, Vila Becker, Natividade, Sul do Rio, Santana, Varginha, Calemba, Santo Anjo, Nossa Senhora de Lourdes, Vargem dos Pinheiros e Morro dos Ventura e Fabrício, com área total de aproximadamente 44,26 km². O município de Santo Amaro da Imperatriz/SC está localizado na porção centro-leste do estado de Santa Catarina, Figura 10, com emancipação política do município de Palhoça em 10/06/1958. A população urbana do município, a qual se concentra em grande parcela na área de estudo, evoluiu de 7.701 habitantes em 1991 para 12.536 habitantes em 2000 e 14.970 habitantes em 2010, com estimativa para 2020 de 23.000 habitantes, segundo o site IBGE - Cidades (2019). A Figura 10 apresenta a localização da área de estudo.

Figura 10 - Localização da área de estudo no município de Santo Amaro da Imperatriz/SC



Fonte: Elaboração do autor, com a utilização do software ArcGis (2019).

A escolha do recorte espacial da pesquisa ocorreu em função deste local ser a sede e a área mais povoada do município. Para sua delimitação foram utilizados os divisores de água e os fundos de vale com planícies a montante e a jusante. Além da área urbana central, também

foram englobados trechos com menor povoamento, mas que podem ser áreas alvo da expansão urbana nas adjacências. O recorte da área de estudo também levou em consideração que neste local há diferentes litologias que produzem mantos de alteração/solos com diferentes características e possivelmente distintos tipos de movimentos de massa dos perigos instalados ou em potencial probabilidade de produzir danos socioambientais as áreas em seu entorno.

A área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz se encontra no médio vale do rio Cubatão e é cortada por este rio e por seu afluente o rio Mathias. A bacia do rio Cubatão, também chamada de Cubatão do Sul em oposição ao rio Cubatão presente na região de Joinville, drena quase todo o território do município (com exceção de uma pequena parte a nordeste), possuindo uma área de 742,55 km². Em razão do tamanho da bacia do Cubatão, pode-se colocar que existe uma grande área de contribuição a montante que drena para o setor onde se encontra a área urbana central do município.

A rede de drenagem da bacia do rio Cubatão é muito densa, com rios perenes. Do rio Cubatão e de seu afluente, rio dos Pilões, é retirada água para o abastecimento público de Santo Amaro da Imperatriz e de outros municípios da região da Grande Florianópolis. A perenidade dos rios da bacia se deve ao clima com chuvas durante o ano todo e também aos aspectos geológicos e geomorfológicos de seus terrenos.

O clima da área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz é o Cfa (temperado sem estação seca) segundo a classificação de Köppen-Geiger (revisado em Peel *et al*, 2007) o clima é considerado temperado. Este tipo de clima está associado a uma zona de transição entre climas tropicais, de menor latitude e temperaturas mais altas, e de maior latitude com temperaturas mais baixas. Possui um índice pluviométrico anual que varia entre 1.800 mm a 2.000 mm (Epagri - Ciram, 2018). As chuvas são mais abundantes na primavera e verão, com totais mensais menores no outono e inverno. De acordo com a Figura 11, pode-se verificar que os meses de junho e agosto são os menos chuvosos, contudo não se constata períodos de seca ao longo do ano. Chuvas abundantes podem ocorrer em qualquer época do ano, deflagrando fenômenos de cheias nos rios e movimentos de massa nas encostas; por exemplo, no ano de 1983, o mês de julho foi o mais chuvoso daquele ano e teve como consequência ampla inundação na área de estudo.

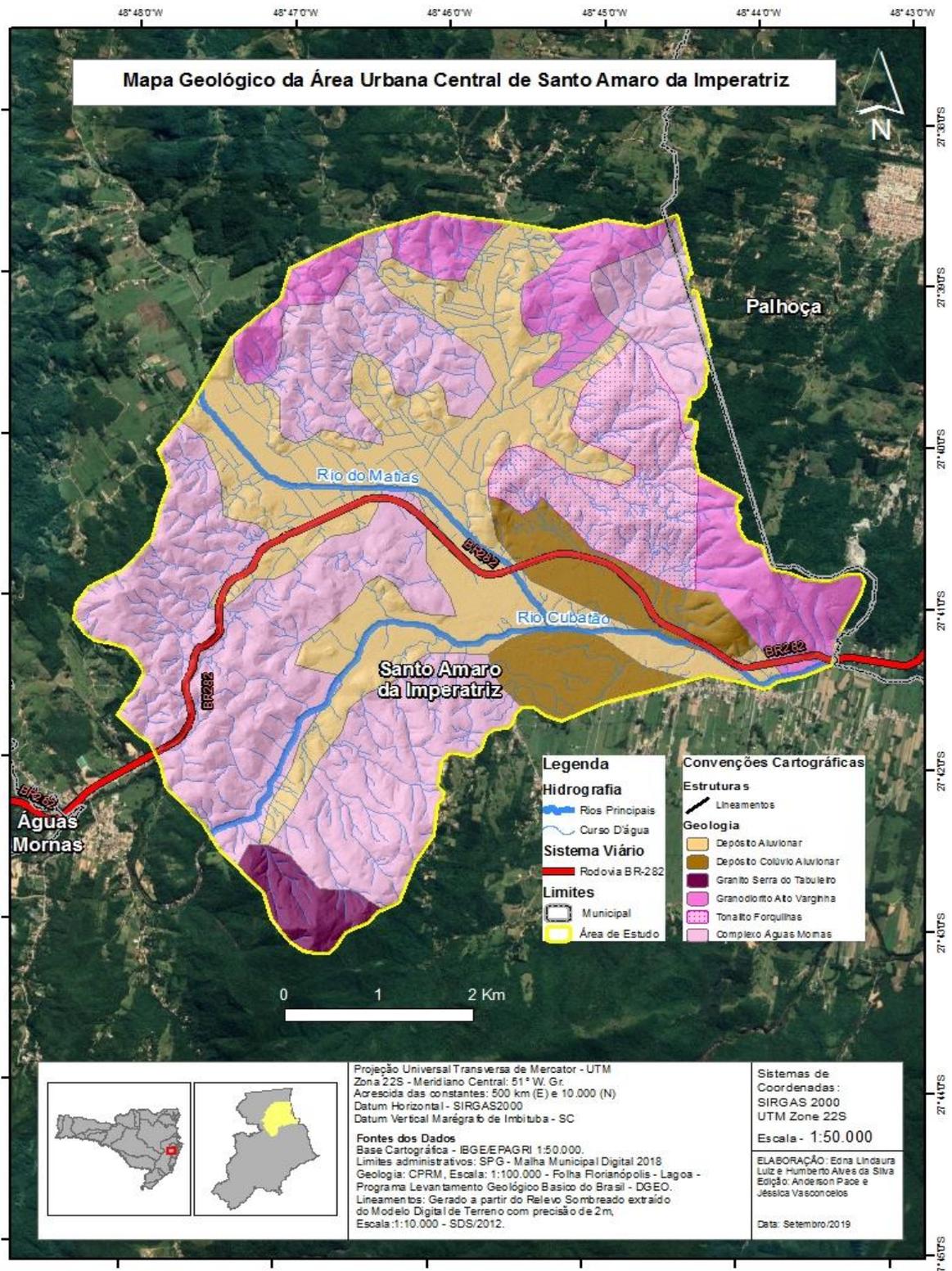
Figura 11 - Média de precipitação mensal e anual



Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina / Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina (2018).

Na área de estudo, conforme mapa geológico, Figura 12, encontram-se terrenos do embasamento cristalino e depósitos sedimentares quaternários.

Figura 12 - Mapa geológico simplificado da área de estudo - 2019



Fonte: Elaboração do autor, com a utilização do software ArcGis (2019).

Com base no mapa geológico da área de estudo, as unidades geológicas cristalinas presentes na área de estudo segundo Zanini *et al.* (1997) são:

a) Complexo Águas Mornas

Este complexo é formado por uma associação de rochas do tipo ortognaisses polifásicos constituída por paleossoma de natureza básica a intermediária (ortoanfibolitos, metagabros, metabasitos e metadioritos), ortognaisses quartzo-monzoníticos, resultantes da fusão parcial da fração crustal primitiva; e uma fração neossomática caracterizada por uma massa monzogranítica que envolve os componentes anteriores, em diferentes proporções.

b) Tonalito Forquilhas

Esta formação é composta por rochas do tipo tonalitos, quartzo-dioritos e quartzo-monzodioritos, melanocráticos de coloração cinza-escuro, com sutil lineamento de fluxo ígneo, equigranulares de granulação fina a grossa. Fácies de granulação média a grossa, melanocrática com cores cinza e branca, com cristais bem desenvolvidos de hornblenda. Xenólitos anfibolíticos fluidais.

c) Granodiorito Alto da Varginha

Esta formação é composta por rochas do tipo granodioritos, subordinamente quartzo-monzograníticos, quartzo-monzodioritos e monzogranitos, mesocráticos de coloração cinza, equigranulares de granulação média a fina, com orientação de fluxo magmático marcado por trilhas de máficos. Frequentemente presença de enclaves microgranulares máficos.

d) Granito Serra do Tabuleiro

Esta formação é composta por rochas do tipo biotita sienogranitos e leucosienogranitos de coloração rósea, equigranulares médio a grossos, homogêneos e isotrópicos (PIRES *et al.*, 1995). São corpos graníticos intrusivos, que se apresenta em forma de batólitos. Segundo os referidos autores, a composição mineralógica destas rochas é de feldspato ortoclásio, quartzo, plagioclásio (oligoclásio) e biotita subordinada.

Os depósitos sedimentares são encontrados no sopé das elevações e nos fundos de vale. Para Pires *et al.* (1995) há na área de estudo apenas sedimentos continentais, como depósito aluvionar e depósitos colúvio-aluvionar.

a) Depósito Aluvionar

Os sedimentos aluvionares são constituídos por areias, cascalhos e sedimentos lamosos (siltico-argilosos) inconsolidados, depositados em planícies de inundação, terraços e calhas da rede fluvial atual e subatual. Os fundos dos vales dos rios maiores da bacia do rio Cubatão, incluindo este último no seu médio e baixo vale, apresentam grandes extensões destes depósitos de sedimentos.

b) Depósito Colúvio-Aluvionar

Os sedimentos destes depósitos são constituídos por níveis ou lentes arenosas e argilosas mal selecionadas, sendo que normalmente são encontrados horizontes com seixos e calhaus, bem como estratificação cruzada, acamadamento gradacional e estruturas de colapso (PIRES *et al.*, 1995). Os referidos autores também colocam que estes depósitos sedimentares podem ser encontrados em terraços antigos e nos sopés de encostas, sendo que na bacia do rio Cubatão, eles apresentam afloramento expressivo próximo a Santo Amaro da Imperatriz. Os depósitos de sedimentos colúvio-aluvionares mais recentes são constituídos por sedimentos mal selecionados e com grande variedade granulométrica (PIRES *et al.*, 1995). Estes depósitos são areno-argilosos e areno-siltico-argilosos, com estratificação incipiente ou ausente (PIRES *et al.*, 1995). São encontrados em sopés de encostas e no contato com planícies fluviais.

A configuração do relevo na área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz segue os litotipos de sua geologia. As elevações situadas a sudoeste apresentam maiores amplitudes altimétricas e maiores declividades pois seguem rochas mais resistentes da Suíte Intrusiva Tabuleiro. É um relevo mais montanhoso. Também, é possível observar nas encostas de alguns locais, campos de blocos rochosos, indicando mantos de alteração/solos mais rasos. A noroeste e na sede do município, o relevo é mais colinoso e com mantos de alteração/solos mais profundos, pois derivam de rochas mais facilmente alteráveis do Complexo Águas Mornas. Estas colinas apresentam topos convexos e declividades relativamente suaves, contudo há muitos cortes de encosta neste compartimento de relevo. Para nordeste, as elevações são predominantemente de morros, com alguns setores com montanhas na parte mais extrema da área. Este setor deriva de rochas das formações Tonalito Forquilhas e Granodiorito Alto Varginha, região esta marcada também por um lineamento estrutural com orientação NE/SW, que se orienta na área de estudo desde as áreas onde afloram rocha do Granito Serra do Tabuleiro.

Estas diferentes elevações delimitam uma ampla planície fluvial formada pelos rios Cubatão e Mathias. No interior desta planície podem ser encontradas elevações residuais de colinas e morros (Figura 13). A planície para jusante sofre um estrangulamento, pois as elevações dos divisores de água se encontram mais próximas do canal do rio (Figura 14). Isto aumenta a suscetibilidade a inundações na área de estudo, uma vez que a planície se estreitando no trecho a jusante do rio dificulta o escoamento das águas e a torna um local de armazenamento das águas de transbordamento do rio.

Os rios que descem as elevações locais formam também planícies colúvio-aluvionares que se mesclam com a planície fluvial maior em direção jusante. Rampas colúvio-aluvionares se encontram na transição planícies-encosta.

Figura 13 - Área urbana central do município cortado pelo Rio Cubatão, com vista da planície em direção a montante do rio e vista geral dos morros cristalinos



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Figura 14 - Área urbana central do município cortado pelo Rio Cubatão, com vista da planície em direção a jusante do rio e vista geral dos morros cristalinos



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Os solos do local são medianamente a muito desenvolvidos, com ocorrência de Argissolos e Cambissolos, predominando este último (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2003). O tempo de exposição das rochas ao intemperismo, o material de origem, a profundidade do aquífero, a declividade e a posição dos terrenos são fatores que influenciam na formação e na diferenciação dos solos.

Sato (2006) caracteriza os cambissolos da área como Cambissolo álico do complexo granito-gnaiss pertencente ao Complexo Águas Mornas ($Ca_{g,gn}$), com perfil muito espesso, horizonte B pouco desenvolvido, sobreposto por um horizonte A de aproximadamente 30 cm de espessura, com textura argilosa e média, horizonte C profundo (podendo chegar a até 20 metros) e com presença de minerais não decompostos (SATO, 2006).

Já os Argissolos são solos constituídos por material mineral com a presença de horizonte B textural, ou seja, há migração de finos do horizonte A para o B. O horizonte A fica com a tendência a mais arenoso e o horizonte B a mais argilosos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2018).

As elevações cristalinas na área de estudo apresentam em algumas partes ainda cobertura vegetal de mata (Floresta Ombrófila Densa), contudo, é maior a cobertura por pastagens para a atividade de pecuária. Também é possível observar que seus terrenos estão sendo muito utilizados na expansão urbana a partir da área central da cidade de Santo Amaro da imperatriz, tanto por ocupação de alta renda, como de baixa renda. Em geral, esta ocupação não é planejada.

O setor de planície da área de estudo é o mais densamente ocupado por edificações e arruamentos, mas há ainda também o seu uso para pecuária (pastagens) e para cultivo agrícola (o município é grande produtor de hortaliças). Na planície também são encontradas edificações destinadas à prestação de serviços e atividades industriais.

Esta planície está já muito descaracterizada de suas feições originais por retificação de trechos dos rios Cubatão e de seus afluentes, bem como por aterros. Também o lençol freático foi rebaixado e os terrenos drenados com a abertura de canais artificiais. Mesmo com estas modificações, a planície apresenta alagamentos, enchentes e inundações. Também é evidenciada processos erosivos das margens dos rios ali presentes, especialmente do rio Cubatão, procurando a partir de migração lateral de seu leito voltar ao seu padrão de canal meândrico original.

3.1 ASPECTOS DE OCUPAÇÃO HUMANA

Santo Amaro da Imperatriz tem registro de colonização por volta de 1795, mas apresentou mais crescimento com a descoberta da presença de águas termais no século XIX, inclusive com visita do imperador Dom Pedro II e sua Esposa Dona Teresa Cristina em 1845 para desfrutar destas águas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019). A emancipação de Santo Amaro da Imperatriz do município de Palhoça ocorreu em 1958.

Atualmente, o município tem como base de sua economia a agricultura de hortifrutigranjeiros e o turismo. Além disso, também há o desenvolvimento de um comércio local e o setor de prestação de serviços. Estes últimos se concentram na zona urbana central e ao longo da rodovia BR-282 que corta o município. A rodovia BR-282 é atualmente um vetor de urbanização no município, aliás, este processo de urbanização se estende ao longo dela desde o vizinho município de Palhoça.

Na área urbana central do município, há ruas eminentemente comerciais, mas que mesmo assim também apresentam uso residencial. Em geral, no restante da área, as edificações são de residências unifamiliares em sua maioria, mas há também pequenos sobrados que também servem como estabelecimentos comerciais e construções que servem como galpões. O processo de verticalização ainda é incipiente na área central do município, com alguns poucos edifícios. A expansão para as áreas de encostas na área de estudo ocorre tanto para implantação de moradias quanto para estabelecimentos comerciais. Cortes nas encostas são realizados sem critérios técnicos e sem a fiscalização do poder público.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desta pesquisa foi elaborado um mapa base da área de estudo na escala 1:15.000, contendo curvas de nível, rede de drenagem e sistema viário. Este mapa foi confeccionado a partir dos produtos do Levantamento Aerofotogramétrico realizado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS), no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2010 e 2013, os quais são o Modelo Digital de Terreno - MDT com *grid* de 1,00 m e as ortofotos digitais com resolução espacial de 39 cm. A rede de drenagem foi obtida da restituição da drenagem do estado de Santa Catarina fornecida pela SDS, a qual foi baseada nos produtos do aerolevantamento citado anteriormente. Esta restituição foi corrigida e/ou complementada a partir de interpretação visual da ortofoto digital. Curvas de nível com equidistância 1,00, 5,00 e 10,00 m foram extraídas do MDT com auxílio de SIG. O sistema viário foi elaborado de acordo com interpretação visual das ortofotos digitais e reconhecimento de campo.

A partir do MDT foi possível extrair dois produtos com auxílio do programa *ArcGis*: o relevo sombreado (*hillshade*) e um mapa de declividade com 6,00 (seis) classes. Estas classes foram escolhidas por sua influência sobre as rupturas e deformações de massa.

Um mapeamento geomorfológico da área de estudo foi realizado com uso do mapa base, fotointerpretação de ortofotos digitais, da interpretação das curvas de nível, do mapa de declividade, do uso do relevo sombreado (*hillshade*) e de pontos visitados em campo. Neste mapa foram representadas as elevações, formas de anfiteatros nas encostas, as rampas de colúvio, as áreas de planície, presença de cortes e aterros.

A identificação e a caracterização dos perigos de movimentos de massa na área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz foram elaboradas a partir de diferentes fontes para verificar ocorrências passadas, locais com evidências de movimentação ou com fatores condicionantes passíveis da deflagração de rupturas ou deformações de massa. As fontes de pesquisa para isso foram:

- interpretação visual de fotografias aéreas dos anos de 1957 e 1978, na escala 1:25.000, das ortofotos digitais com resolução espacial de 39 cm. Nestes materiais procurou-se ocorrências passadas por meio de observação das feições impressas na paisagem (cicatrices de movimentos de massa);
- pesquisa em reportagens de jornais sobre antigas ocorrências na área de estudo;

- pesquisa em documentos públicos onde constam as ocorrências passadas registradas no sistema S2id do atual Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), defesa civil municipal e entrevistas com técnicos desta coordenadoria;
- trabalhos já realizados na área como o de mapeamento preliminar de perigos e riscos realizado pela CPRM no ano de 2014 para o município de Santo Amaro da Imperatriz, como também o estudo realizado por Godoi (2014) para mapeamento e caracterização geotécnica de unidades geotécnicas específicas na área.
- trabalhos de campo com acompanhamento de uma ficha de inspeção, adaptada norma de Estabilidade de Taludes NBR - 11.682/2019, onde são identificados dados como: localização, aspectos locais, condições de drenagem, relevo, perfil da encosta, vegetação, natureza e classificação do material, classificação táctil-visual do solo, fatores de suscetibilidade, tipologia dos movimentos, causas e agravantes da instabilidade, evidência de movimentação e fatores de vulnerabilidade. Objetivando identificar e qualificar os perigos, qualificando quanto ao grau dos perigos, balizando de acordo com os processos condicionantes e a probabilidade de deflagração nas áreas identificadas.

A avaliação dos indícios, evidências e diversos aspectos observados em campo são tidos como indicativos de movimentos de massas e situações de perigo e risco. Entre eles estão trincas em muros e paredes, trincas longitudinais em trilhas, surgências, depressão de pavimentos, inclinação e tombamento de árvores, embarrigamento de muros de contenção, descalçamento de fundações e outros. A localização da construção e o próprio histórico local de acidentes pretéritos (relatos de moradores antigos) são também levados em consideração, para definir a classe e o grau de perigo do setor mapeado para o processo de movimento de massa.

Os locais de perigo foram representados sobre o mapa geomorfológico, de maneira a se ter o local das possíveis rupturas, quedas e rolamentos de blocos rochosos e deformações de massa; o local de passagem do material movimentado e o local de deposição deste material. Com estes dados também foi elaborado um mapa de perigos contendo também os elementos de infraestrutura pública e particular que serão afetados pela deflagração do perigo. Isto foi possível com auxílio das ortofotos digitais e atualizações a partir de trabalhos de campo.

A partir do mapa de perigo foram estabelecidos os graus de perigo na área de estudo, variando de perigo baixo (P1) até perigo muito alto (P4), de acordo com a qualificação de perigo adotada pela (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2018).

Por último, foram comparados o mapa de perigo elaborado pelo autor com o mapa de perigo do Projeto GIDES de acordo com a área do recorte da pesquisa. Como colocado anteriormente, um mapeamento de perigo para Santo Amaro da Imperatriz foi concluído pelo

grupo do Projeto GIDES em dezembro de 2018. Contudo, é importante conhecer como foi elaborado este mapa de perigos do Projeto GIDES. Desta forma, a seguir serão explicados os conceitos e os procedimentos metodológicos utilizados por este projeto.

4.1 METODOLOGIA DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

A metodologia de perigo foi desenvolvida em parceria com o governo japonês durante o Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais (Projeto GIDES). O projeto (2013-2017) foi coordenado pela da Secretaria Nacional de Desenvolvimento Urbano - SNDU (Ministério das Cidades) em parceria com o Serviço Geológico do Brasil - CPRM (Ministérios de Minas e Energia), Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD (Ministério da Integração Nacional), e Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - CEMADEN (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações). O escopo do projeto foi o gerenciamento integrado de riscos de desastres naturais ocasionados por Movimentos Gravitacionais de Massa - MGMs.

O mapeamento de Perigo estabelece critérios topográficos para identificação de áreas propensas a Movimentos Gravitacionais de Massas (MGMs) e define o alcance potencial do atingimento do material mobilizado dos principais MGMs do Brasil (deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, quedas de blocos e fluxo de detritos). A qualificação da gravidade é realizada em campo, baseados em indícios físicos presentes no terreno, caracterizando em baixo, médio, alto ou muito alto. O Trabalho consiste numa modelagem matemática feita em escritório que posteriormente é validada em trabalho de campo por uma equipe de pesquisadores que percorre todas as áreas definidas como de interesse pelo município.

As áreas de perigo geológico compreendem áreas ocupadas e não ocupadas do território municipal. O levantamento e caracterização destes processos é executado em áreas determinadas como de interesse do município (ocupadas ou não, entendidas como vetores de crescimento a médio e longo prazo).

O objetivo das Cartas de Perigo é subsidiar a tomada de decisão de gestores públicos e profissionais dos setores público e privado que atuam promovendo ações de identificação, prevenção e recuperação no gerenciamento do Perigo e Risco, principalmente para auxiliar na gestão territorial e nas políticas de uso e ocupação do solo, no sentido de orientar a proposição de vetores de expansão urbana dos municípios em locais seguros, e assim evitar a formação de novas áreas de risco. Entretanto, constitui ferramenta para nortear a elaboração dos planos de

contingência e a emissão de alertas nas comunidades em risco. Serve também para orientar a implantação de obras preventivas ou de reabilitação nas áreas prioritárias, como forma de mitigação.

Os produtos gerados são:

- a) Cartas de Perigo (pdf)
- b) Relatório Técnico (pdf)
- c) Arquivo GIS (GDB)
- d) Pontos de Campo (GDB)
- e) Catálogo Fotográfico dos pontos e/ou setores (ppt)
- f) Fotos de Campo por ponto (jpg)
- g) Nota Técnica do Mapeamento de Perigo (pdf)

4.1.1 Movimentos gravitacionais de massa (MGMS) analisados

A classificação dos processos abordados foi adaptada de Augusto Filho (1992), a qual descreve características, materiais envolvidos, velocidade e geometria dos MGMS com ocorrência mais comum nas encostas do território nacional.

A metodologia de mapeamento de perigo fundamenta-se na premissa básica na qual a existência do perigo depende fundamentalmente da dinâmica associada a cada processo geológico. As tipologias abordadas no manual referem-se a Deslizamento Planar, Deslizamento Rotacional, Fluxo de Detritos e Queda de Blocos.

4.1.2 Proposições metodológicas

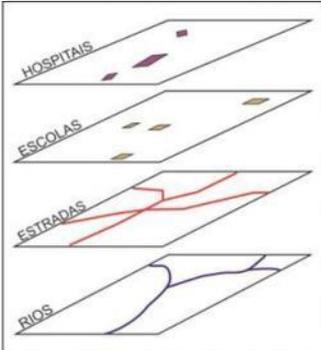
4.1.2.1 Levantamentos de planos de informação

Os planos de informações correspondem a subsídios espaciais que representem aspectos morfológicos do relevo (ortofoto, imagens, modelos digitais), aspectos demográficos (socioeconômicos, tipo de ocupação, malha urbana, malha de drenagem, situação latifundiária) e aspectos temáticos (banco de dados de ocorrências de desastres, cartas temáticas de suscetibilidade, de risco, de aptidão urbana, entre outros).

Planos de informações municipais de infraestrutura são utilizados como insumo para enriquecer a avaliação do meio físico. O levantamento do histórico de ocorrência destes processos orienta ajustes nos parâmetros de deflagração e atingimento, na caracterização

das áreas de perigo em escala municipal. Destaca-se como insumo mínimo para aplicação da metodologia os planos de informação relacionados na da Figura 15.

Figura 15 - Planos de informações desejáveis para a análise de perigo

Base Cartográfica Obrigatória	Escala	
Curvas de nível (extraídas do MDE ou levantamento topográfico)	1:10.000	
Drenagem (extraídas do MDE ou levantamento topográfico)	1:10.000	
Dados Adicionais Opcionais	Escala	
Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa	Entre 1:25.000 e 1:1.000	
Malha Urbana		
Plano Diretor		
Carta Geotécnica		
Imagem (Google Earth, ortofotos, etc)		

Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

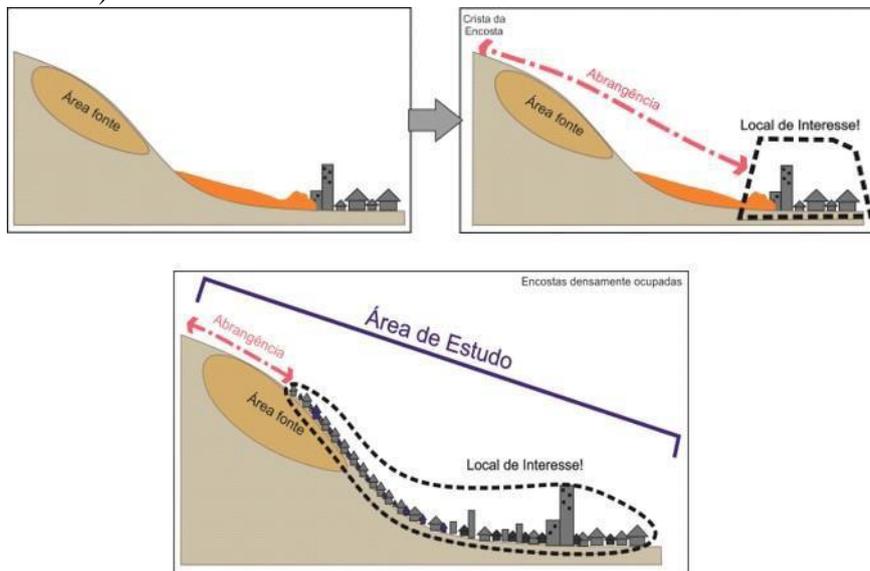
4.1.2.2 Definição das áreas de estudo

Os locais de interesse (LOIs) representam as porções do município que necessitam de mapeamento de perigo, frente aos MGMs. Citam-se, como exemplo: setores industriais e/ou residenciais, áreas hospitalares, locais com escolas, regiões de expansão urbana, dentre outros. Os locais de interesse também podem ser interpretados como as regiões que sofrem ou podem sofrer com o impacto de MGMs.

Após, estende-se a análise para as encostas circunvizinhas aos LOIs, uma vez que estas são áreas fontes, onde já ocorreram eventos pretéritos ou onde estes possam ocorrer. Assim, o limite de abrangência (LA) se delimita desde o local de interesse até a crista das encostas que o circundam Figura 16.

A Área de Estudo (AE) é definida pelos Locais de Interesse e o Limite de Abrangência dos MGMs, nas encostas adjacentes a estes locais, isto é, as áreas de deflagração dos processos. A definição dessas áreas deve ser realizada de forma conjunta com os representantes municipais Figura 16.

Figura 16 - Delimitação da área de estudo a partir da definição do local de interesse (ex.: encostas densamente ocupadas) e o limite de abrangência (área fonte de movimentos gravitacionais de massa)



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

4.1.2.3 Análise de perigo

O método de mapeamento de perigo fundamenta-se na premissa básica na qual a existência do perigo depende fundamentalmente da dinâmica associada à tipologia do processo geológico considerado. Como consta no Manual de Mapeamento de Perigo e Risco (Serviço Geológico do Brasil, 2017). A metodologia para análise de Perigo (AP) foi desmembrada em duas etapas, de escritório e de campo.

4.1.2.3.1 Análise de perigo de escritório (APE)

A APE correlaciona critérios topográficos com a análise estatística de desastres naturais ocorridos no Brasil. Estes critérios representam uma referência quantitativa empregada para a identificação das condicionantes topográficas favoráveis à geração de MGMs (Figura 17).

Figura 17 - Critérios topográficos para identificação das áreas de Perigo (Serviço Geológico do Brasil, 2017)



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

Os procedimentos empregados para esta etapa servem para caracterizar áreas de geração de processos e a estimativa do atingimento do material mobilizado, em função de análise estatística dos eventos de desastres naturais brasileiros. Para isto, se faz uso da ferramenta de perigo.

A qualificação na APE refere-se a dois tipos de áreas, a crítica (AC) e a de dispersão (AD). A definição de ambas é apresentada no Quadro .

O Quadro 2 sintetiza as regras de delimitação para cada um dos processos analisados na metodologia de mapeamento do perigo.

Quadro 1 - Qualificação na análise de perigo de escritório (APE)

APE	Área Crítica (AC)	Área com maior probabilidade à deflagração de movimentos gravitacionais de massa (MLIT, 1988, Ministry of Construction, 1996, Ministry of Construction, 2009) e atingimento do material mobilizado (MLIT, <i>op.cit.</i> , Ministry of Construction, <i>op. cit.</i>). Considera-se que a energia potencial do movimento ocorra de forma concentrada na área afetada (Ministry of Construction, <i>op. cit.</i> , Hayashi <i>et. al.</i> , 2000).
	Área de Dispersão (AD)	Área sujeita a deposição do material mobilizado durante um movimento gravitacional de massa (MLIT, 1988, Ministry of Construction, 1996, Ministry of Construction, 2009). Considera-se que a energia potencial do movimento ocorra de forma dispersa na área afetada (Ministry of Construction, <i>op. cit.</i> , Hayashi <i>et. al.</i> , 2000).

Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

Quadro 2 - Regras de delimitação para as áreas de perigo

MGM		APE	Limite			
			Superior	Inferior	Laterais	
Deslizamento	Planar	AC	[Topo + 10m]	[Base + 1H (Máx 30m)]	Fim da Condição Topográfica	
		AD	Final AC	[Base + 2H (Máx 50m)]	Fim da Condição Topográfica	
	Rotacional	AC	Estreitamento CN (Topo)	[L1 + (0.2 x L2)]	Fim da Condição Topográfica	
		AD	Final AC	[0,8 x L2 (Máx 250m)]	Fim da Condição Topográfica	
Fluxo de Detritos		AC	PI	INC ≈ 7° (intervalo: 200 m)	Confinado [H> 5m←(LF)→H> 5m] Não_Confinado [20m←(LF)→20m]	
		AD	PE	INC ≈ 2° (intervalo: 200 m)	Semi-Confinado [H> 5m←(LF)→H> 5m] Não_Confinado [V30° ou H> 5m]←(LF)→[V30° ou H> 5m]	
Queda de Blocos		Grupo 1 (rampa) (Inc: 20°-50°)	AC	Topo (RX)	Final da Rampa (Inc: 20°)	[V20°]←(Fim Condição Topográfica Lateral)→[V20°]
			AD	Final da Rampa (Inc: 20°)	2 H (Máx 200m)	[V20°]←(Fim Condição Topográfica Lateral)→[V20°]
		Grupo 2 (Inc: 50°-70°)	AC	Topo (RX)	1/2 H (Máx 100m)	Fim da Condição Topográfica
			AD	FINAL AC	1 H (Máx 200m)	Fim da Condição Topográfica
		Grupo 3 (Inc: 70°-90°)	AC	Topo (RX)	1/3 H (máx 50m)	Fim da Condição Topográfica
			AD	FINAL AC	1 H (Máx 100m)	Fim da Condição Topográfica

Legenda: AC (área crítica), AD (área de dispersão), H (altura), CN (Curva de Nível), L1 (comprimento do deslizamento rotacional), L2 (projeção do comprimento do deslizamento rotacional), PI (Ponto de início do fluxo), PE (ponto de espraiamento), INC (inclinação), LF (linha de fluxo), V30° (ângulo de dispersão = 30°), RX (afioramento de rocha e/ou campo de blocos, depósito de tálus), V20° (ângulo de dispersão lateral = 20°)

Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

Alguns dados complementares auxiliam o técnico a identificar e qualificar o grau de perigo do terreno. Neste sentido, adotou-se a fotointerpretação de algumas feições características para os MGMs.

4.1.2.4 Fotointerpretação

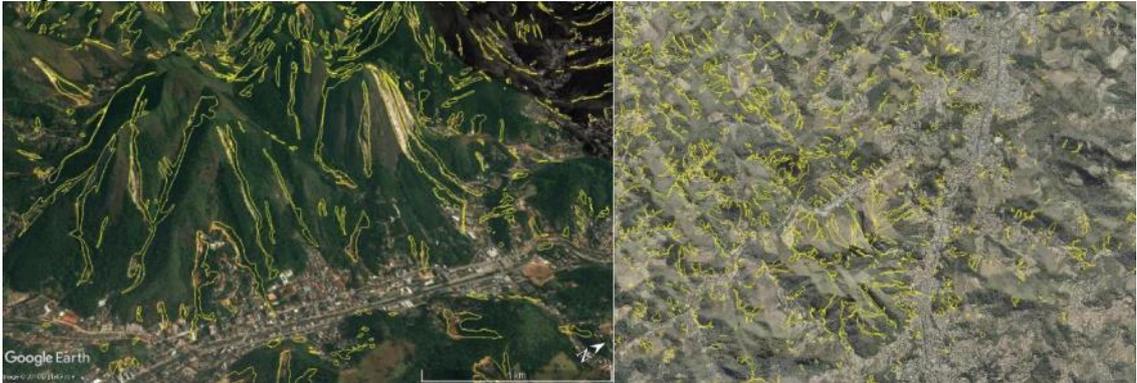
- Deslizamento planar
 - Cicatrizes de deslizamentos

A interpretação de cicatrizes de deslizamentos deve ser realizada delimitando polígonos através de imagens do Google Earth e/ou ortofotos que denotem a ocorrência deste processo (Figura 18).

As principais características são:

- a) ausência de vegetação,
- b) exposição do solo,
- c) dimensão da cicatriz e
- d) posição da encosta.

Figura 18 - Interpretação das cicatrizes de deslizamentos utilizando imagens do Google Earth (lado esquerdo) e/ou ortofotos no ArcGis (lado direito)



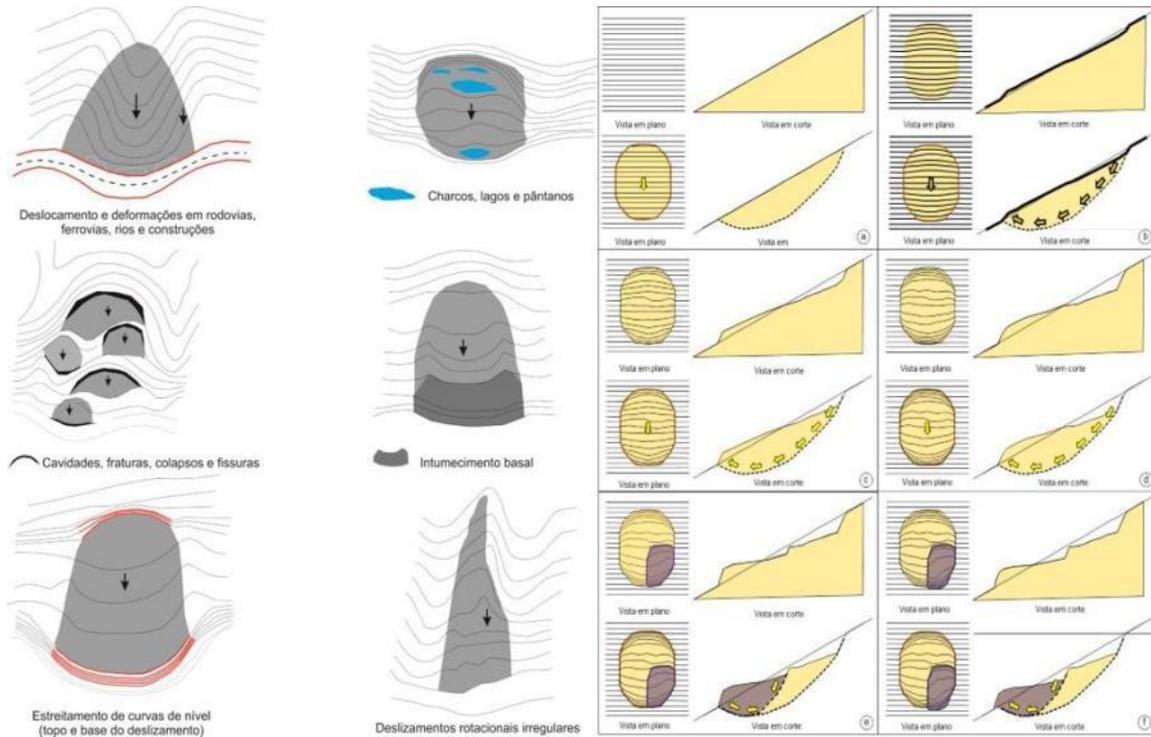
Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

e) deslizamento rotacional

- Feições de instabilidade

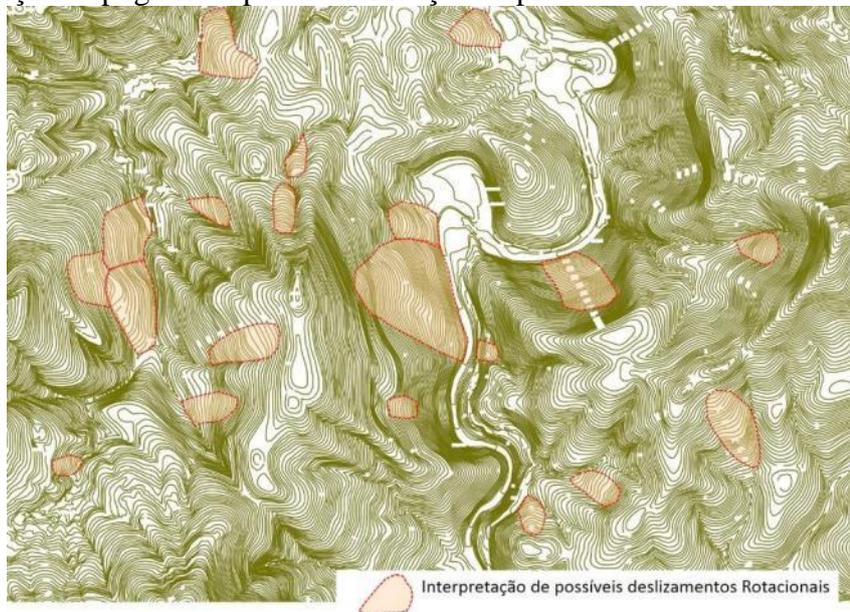
A interpretação das feições que caracterizam deslizamentos rotacionais corresponde a padrões de interferência topográficas expressos nas curvas de nível. Pode-se utilizar fotointerpretação de imagens do *Google Earth* e/ou ortofotos. A representação deste tipo de feição deve ser em forma de polígonos (Figura 19 e Figura 20).

Figura 19 - Esquemática de feições topográficas para identificação de deslizamento rotacional



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

Figura 20 - Feições topográficas para identificação do processo de deslizamento rotacional



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

f) fluxo de detritos

- Cicatriz de fluxo pretérito

A identificação de fluxos pretéritos deve ser feita da mesma forma que o levantamento de cicatrizes de deslizamentos planares.

g) queda de blocos

- Feições rochosas

A delimitação deve ser feita onde há elementos potenciais a queda de blocos, tais como paredões rochosos ou blocos soltos no topo da encosta, entre outros. Para isto, se faz define-se polígonos através de imagens do *Google Earth*, ortofotos, dentre outras fontes Figura 21. Municípios onde já foram realizadas cartas de suscetibilidade a MGMs apresentam este plano de informação no SIG.

Figura 21 - Identificação de feições rochosas, tais como, paredões, utilizando imagens do (Esquerdo) *Google Earth* e/ou (Direito) ortofotos no ArcGis



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

h) infraestrutura

Estes arquivos foram extraídos das imagens do *Google Earth* ou fornecidos pela prefeitura municipal.

- Localidades
- Área Urbana
- Malha viária
- Etc.

O resultado da APE compreende cartas orientativas de Perigo (AC/AD) para os 4 tipos de MGMs da área de estudo. As mesmas são utilizadas como planos de informações na análise de perigo de campo (APC).

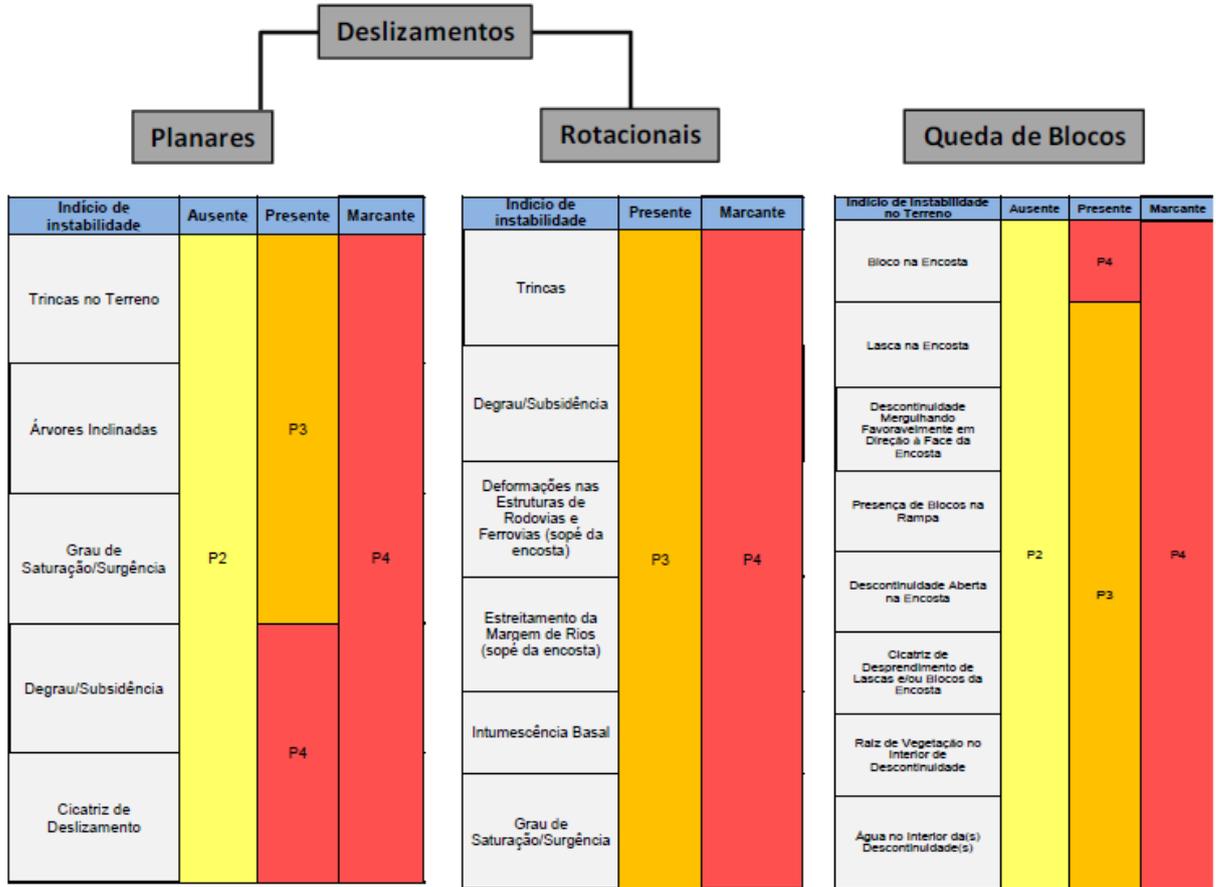
4.1.2.4.1 Análise de perigo de campo (APC)

A análise de Perigo de campo (APC) qualifica o terreno em classes de perigo a partir da caracterização dos indícios de instabilidade do terreno específicos para cada MGMs.

Proposições:

- a) a qualificação da APC é realizada em campo.
- b) as cartas de serviço geradas na APE são utilizadas como insumo cartográfico básico.
- c) a APC fundamenta-se na caracterização do terreno somado com a experiência do pesquisador.
- d) as manifestações de instabilidade estão preferencialmente presentes na área crítica (AC).
- e) a Figura 22 apresenta os quadros que correlacionam estas manifestações com o grau de Perigo, para cada MGM.

Figura 22 - Qualificação do grau de perigo, baseada em indícios de instabilidade do terreno (Serviço Geológico do Brasil, 2017)



Fluxo de Detritos

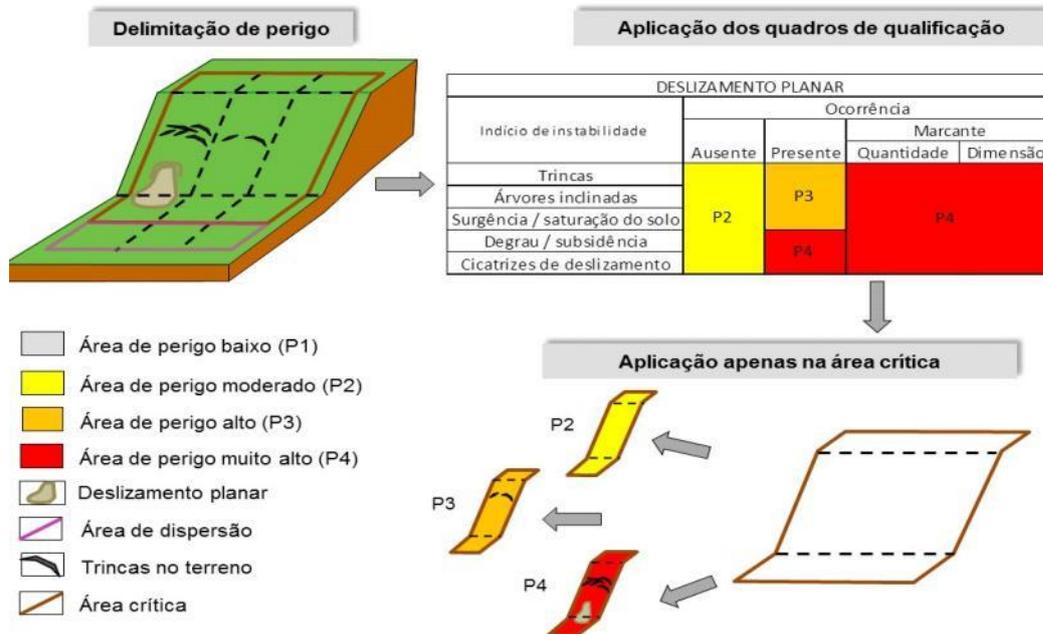
Indício de Campo	Ausente	Presente
Depósitos Pretéritos	Usar Quadros 2.9 e 2.10	P4

Espessura Média do Material Passível de Mobilização		Avaliação da Inclinação do Leito do Canal		
		A1	A2	B
Espessura do Material ao Longo do Canal	A	P4	P4	P3
	B	P4	P3	P3
	C	P3	P3	P2

Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

- A caracterização do grau de perigo é realizada na AC (Figura 23).

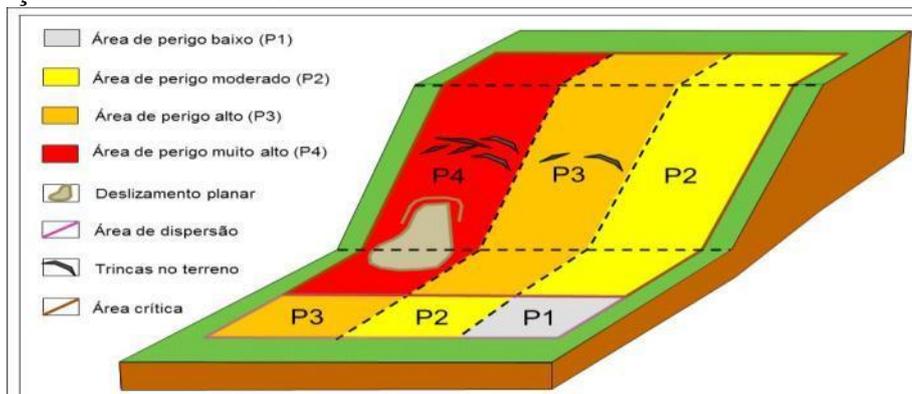
Figura 23 - Aplicação da qualificação de perigo à área crítica (AC) para deslizamentos planares



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

- As ACs que atendam os critérios de identificação representam condições mínimas necessárias para a geração de MGMs (Figura 23 e Figura 24).
- ACs devem ser classificadas como Perigo moderado (P2), alto (P3) e muito alto (P4) (Figura 23). Ou seja, não podem ser classificadas com perigo baixo (P1).

Figura 24 - Qualificação de perigo das AC e AD, sendo a segunda um grau inferior em relação à AC correspondente. Deve-se levar em consideração que os indícios de instabilidade se manifestam nas áreas de geração de processos, ou seja, críticas (AC). Por isto, entende-se que a caracterização deve ser feita nestas áreas

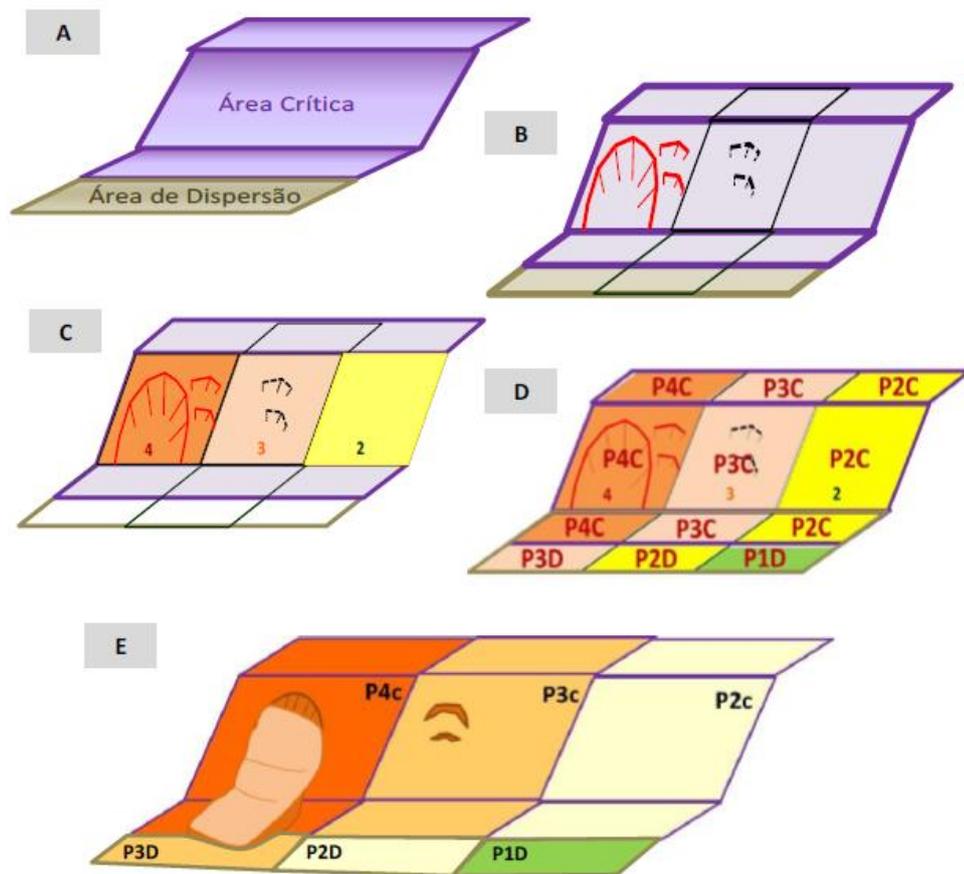


Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

- AC que não apresentar indícios de instabilidade no terreno deve ser qualificada como perigo médio (P2). Somente nesse caso os critérios topográficos serão mais importantes que a observação de campo (Figura 23 e Figura 24).

- ADs correspondem a um grau abaixo da sua AC à montante. Ou seja, as classes permitidas são Perigo baixo (P1), moderado (P2) e alto (P3), respectivamente (Figura 24).
- A Figura 25 sintetiza a aplicação do método de qualificação compartimentada para deslizamentos planares.

Figura 25 - Etapas de avaliação de Perigo. Nota: Em (A) análise de escritório (APE): Compartimentação teórica entre áreas críticas (AC) e de dispersão (AD); (B) análise de campo (APC): Correlação AC/AD e identificação dos indícios de instabilidade do terreno; (C) Caracterização genérica de Perigo na Área Crítica (P2-P4); (D) Correlação entre a análise de escritório e de campo (APE+APC); (E) Proposta de qualificação de perigo

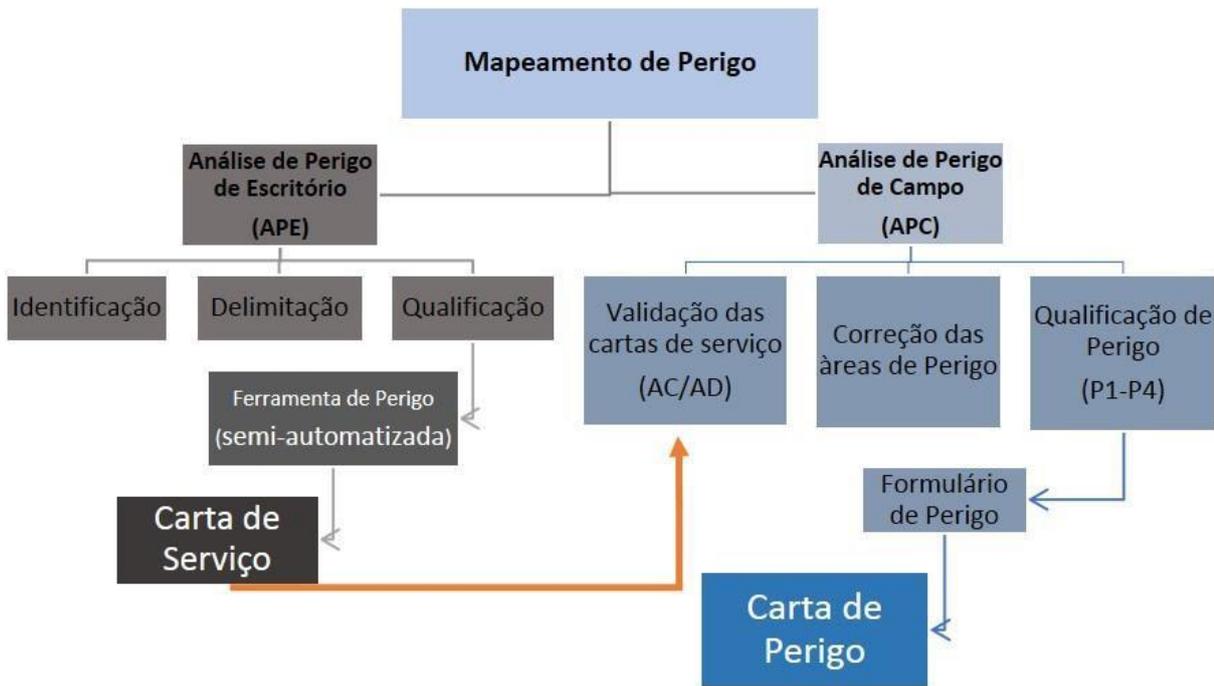


Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

- As ACs e ADs para os outros processos **não são compartimentadas**, e recebem um único grau de Perigo.
- A comprovação da qualificação de Perigo deve ser feita através do preenchimento do Formulário de Perigo.

Em síntese, a metodologia de avaliação de Perigo pode ser estruturada de acordo com o Fluxograma 1.

Fluxograma 1 - Sequência de procedimentos para a elaboração das cartas de perigo



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2018).

O Quadro 3 apresenta a descrição das classes de perigo, relacionando a APE e APC.

Quadro 3 - Descrição dos graus de perigo

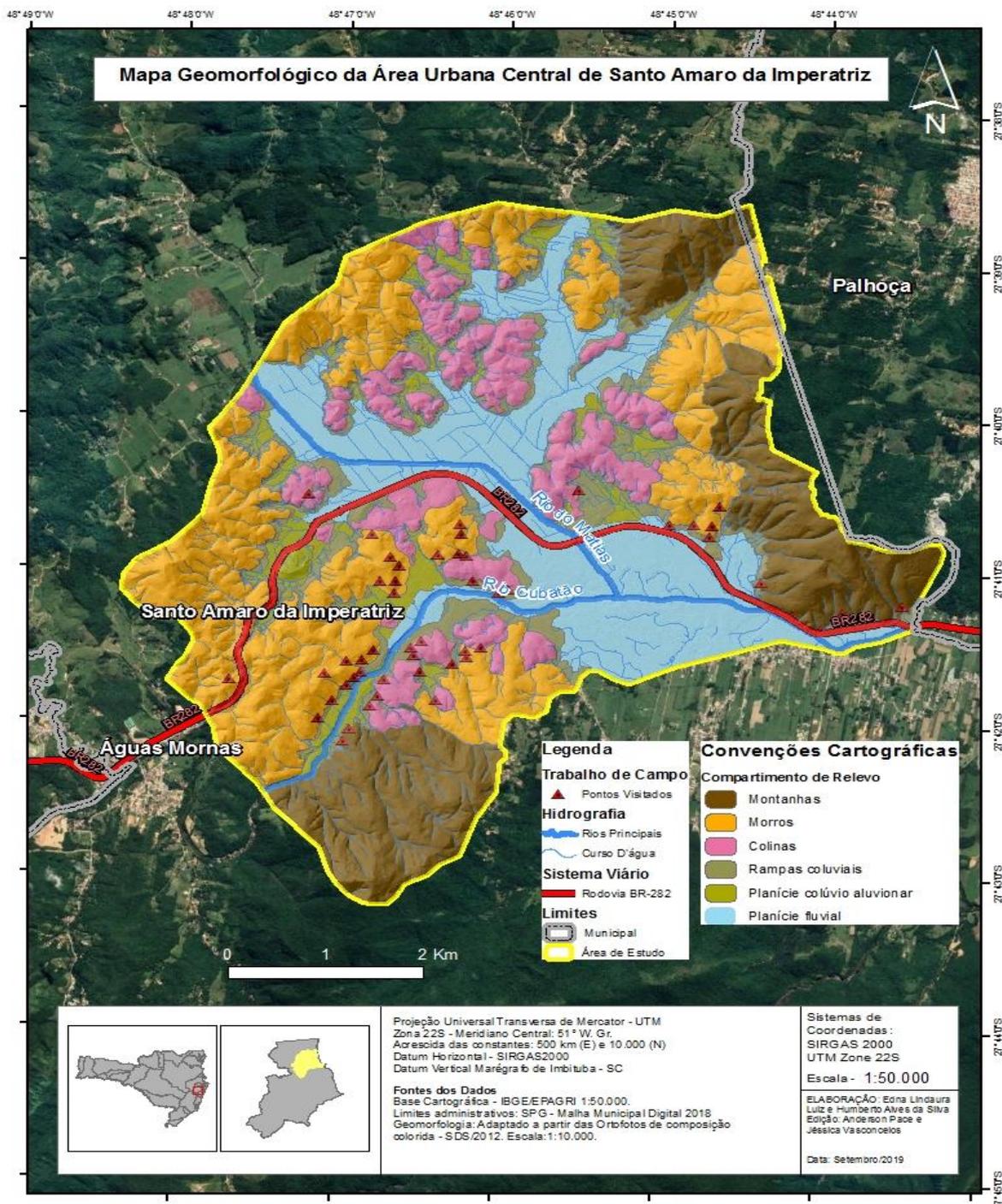
PERIGO	APE	APC	Descrição
P1	AD	P1d	São atendidas as condições topográficas e/ou aos critérios de delimitação atingimento dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra dispersa na área delimitada. O terreno não deve apresentar feições de instabilidades, entretanto casos raros podem ocorrer, de acordo com o tipo de movimento de massa. Não se espera registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada, entretanto casos raros podem ocorrer. Mantidas as condições existentes no terreno é baixa a possibilidade de deposição do material transportado e/ou ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
P2	AC	P2c	Atende a todas as condições topográficas e/ou aos critérios de geração dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra concentrada na área de atingimento. Não é comum o terreno apresentar feições de instabilidades, mas podem ocorrer casos isolados, de acordo com o tipo de movimento de massa. Não se espera registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada, mas podem ocorrer casos isolados. Mantidas as condições existentes no terreno é moderada a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa e/ou deposição do material transportado, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
	AD	P2d	São atendidas as condições topográficas e/ou aos critérios de delimitação atingimento dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra dispersa na área delimitada. Não é comum o terreno apresentar feições de instabilidades, mas podem ocorrer casos isolados, de acordo com o tipo de movimento de massa. Não se espera registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada, mas podem ocorrer casos isolados. Mantidas as condições existentes no terreno é moderada a possibilidade de deposição do material transportado e/ou ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
P3	AC	P3c	Atende a todas as condições topográficas e/ou aos critérios de geração dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra concentrada na área de atingimento. O terreno pode apresentar feições de instabilidades evidentes de acordo com o tipo de movimento de massa. Podem ocorrer registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada. Mantidas as condições existentes no terreno é alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa e/ou deposição do material transportado, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
	AD	P3d	São atendidas as condições topográficas e/ou aos critérios de delimitação atingimento dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra dispersa na área delimitada. O terreno pode apresentar feições de instabilidades evidentes de acordo com o tipo de movimento de massa. Podem ocorrer registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada. Mantidas as condições existentes no terreno é alta a possibilidade de deposição do material transportado e/ou ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
P4	AC	P4c	Atende a todas as condições topográficas e/ou aos critérios de geração dos movimentos gravitacionais de massa. Entende-se que a energia potencial do movimento ocorra concentrada na área de atingimento. O terreno pode apresentar feições de instabilidades marcantes de acordo com o tipo de movimento de massa. É comum registros de geração ou depósitos de movimentos gravitacionais pretéritos na área delimitada. Mantidas as condições existentes no terreno é muito alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa e/ou deposição do material transportado, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.

Fonte: Elaboração do autor (2019), adaptado de CPRM (2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As unidades geológicas na área de estudo condicionam a esculturação de diferentes compartimentos de relevo, com padrões de elevações que apresentam altimetrias, declividades e densidade de drenagem distintas. Isto é condicionado pelas resistências diferentes das rochas onde são modeladas, uma vez que os aspectos climáticos são os mesmos. As fisiografias presentes na área são relevo colinoso, relevo de morrarias e relevo montanhoso, esta compartimentação pode ser observado conforme a Figura 26, com indicação dos pontos visitados em campo.

Figura 26 – Mapa geomorfológico da área de estudo – 2019



Fonte: Elaboração do autor (2019).

5.1 FISIOGRAFIAS PRESENTES NA ÁREA DE ESTUDO E PERIGOS ASSOCIADOS

5.1.1 Relevos colinosos

São encontrados ao redor da planície fluvial, indicando maior grau de dissecação pelos processos de abertura do vale, contudo, há maior concentração deste tipo de relevo nos terrenos

de rochas gnáissicas do Complexo Águas Mornas, Figura 27. As colinas presentes a leste na área de estudo são desenvolvidas sobre rochas da unidade geológica Tonalito Forquilhas, Figura 28. Elevações estas com presenças de solo espesso, e na base de talude a presença incipiente de blocos distribuídos na base da encosta, evidenciando a transição com a planície alúvio-coluvionar.

As elevações deste relevo possuem topos convexos e encostas curtas e suaves. As formas suaves do relevo mais a presença de minerais mais suscetíveis ao intemperismo das rochas criam mantos de alteração profundos (alguns cortes de encosta têm mais de 10 metros de espessura), praticamente sem ocorrência de blocos. Quando ocorrem blocos nestas colinas, provavelmente estes são derivados de paleossomas mais graníticos do Complexo Águas Mornas e/ou Granodiorito Alto Varginha, como evidenciado nas Figura 29 e Figura 30.

Figura 27 – Distribuição de anfiteatros em área dominada por colinas onde a formação geológica corresponde ao Complexo Águas Mornas, situadas ao norte da área de estudo, com declividade entre 15 e 25°



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 28 – Colinas onde sediam a formação Tonalito Forquilhas, adjacente aos bairros Santo Anjo e Nossa Senhora de Lourdes



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 29 - Vista geral de área de encosta, onde a área representa um anfiteatro e este já dominado por processo de deslizamentos, com declividade entre 25 e 35°



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Figura 30 - Vista geral da encosta no domínio de colinas, pertencente a formação Alto Varginha, com presença incipiente de blocos em meio a superfície



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Também neste tipo de relevo há feições que representam perigo a deslizamentos como corte na encosta, em solo residual de gnaiss do Complexo Águas Mornas, com inclinações superiores a 45° , sem proteção vegetal na face do talude, como evidenciado na Figura 31 a Figura 35.

Figura 31 – Vista geral de talude de corte em solo verticalizado adjacente a rua João Jacinto Lohn, bairro Natividade



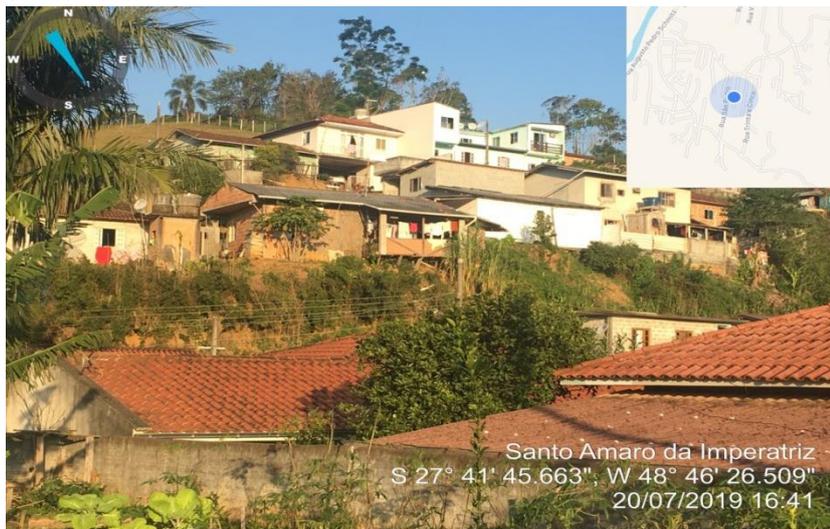
Fonte: Elaboração do autor (2018).

Figura 32 - Vista geral de talude de corte em solo adjacente a rua Frei Benedito, bairro Morro do Fabrício



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Figura 33 - Vista geral de talude de corte em solo adjacente a rua Antônio Francisco da Silva, bairro Morro do Fabrício



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Figura 34 – Encosta situada na Servidão Domingos F. dos Santos, bairro Varginha, com evidências de processos erosivos lineares e de rupturas em solo derivado de rochas do Complexo Águas Mornas, diante da intervenção antrópica para retirada de material de empréstimo em solo e retaludamento para implantação de condomínio de casas, resultando em verticalização dos taludes aliado a ausência de proteção vegetal



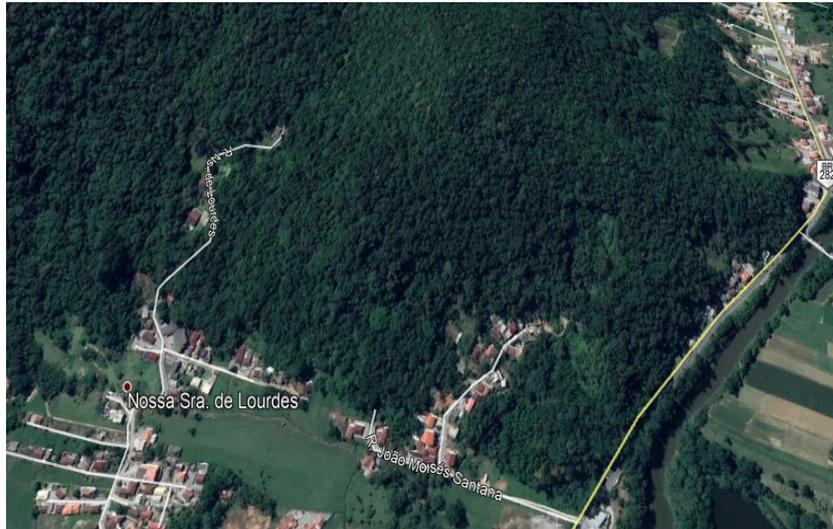
Fonte: Elaboração do autor (2019).

Figura 35 - Vista geral de colina situada na rua João Livino, bairro Morro dos Ventura, com destaque a feição de anfiteatro, com evidências de rupturas em solo derivado de rochas do Complexo Águas Mornas



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Figura 37 - Morraria onde sedia formação derivada do Granodiorito Alto Varginha no bairro Nossa Senhora de Lourdes



Fonte: Google Earth (2019).

Cortes de encostas neste tipo de modelado também mostram que os mantos de intemperismo são espessos. Observações em campo e conversas com funcionários da Prefeitura Municipal indicam que os cortes promovidos em encostas com alteração derivada de rochas do Complexo Águas Mornas são mais suscetíveis a sofrer rupturas e incisões pelo escoamento superficial, enquanto os cortes realizados nos mantos de alteração de rochas do Granodiorito Alto da Varginha são menos suscetíveis a estes processos, possivelmente porque apresentam mais quartzo em sua composição, gerando mantos mais resistentes.

Também neste tipo de relevo há feições que representam perigo a reativação de deslizamento como corte na encosta, em solo residual de gnaiss do Complexo Águas Mornas, com inclinações superiores a 45° e sediando processo de deslizamentos como evidenciado pelas cicatrizes na Figura 38.

Figura 38 – Talude de corte situado na área central, Rua Frei Fidencio Feldmann, atrás do Fórum do município



Fonte: Elaboração do autor (2019).



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Outros áreas de perigo a reativação, Figura 39 e Figura 40, de deslizamentos também foram observadas nos taludes situados no domínio de morrarias e pertencente ao Complexo Águas Mornas, solo derivado de gnaiss. Destacando a área do talude com inclinação superior a 45° de inclinação, sediando cicatrizes de deslizamento, trincas no terreno, árvores inclinadas e exposição do solo em meio a vegetação arbórea.

Figura 39 - Talude de corte situado na área central, adjacente a rua Mansur Elias, no Centro Educacional Espaço do Saber



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Figura 40 - Talude de corte situado na área central, adjacente a rua Major Joaquim Alexandre Campos



Fonte: Elaboração do autor (2018).

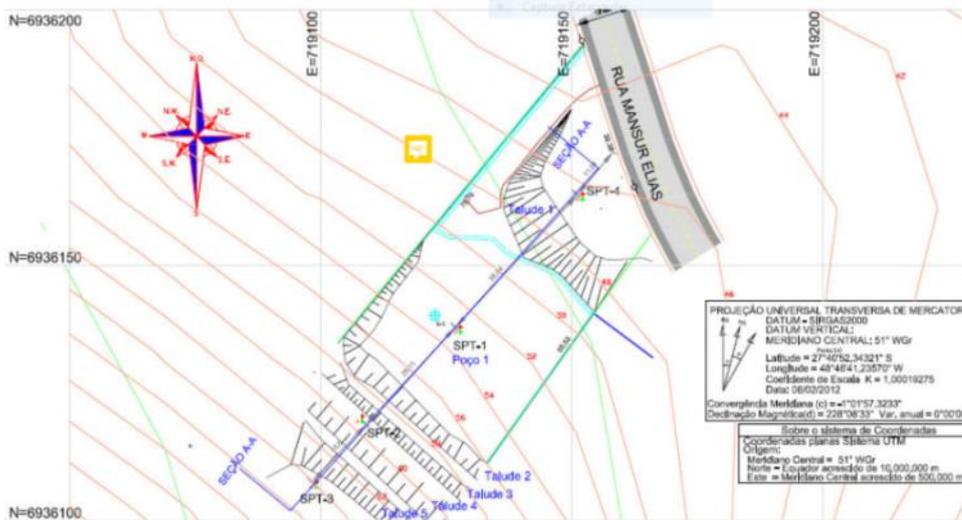
Evidencia-se também que os locais de ruptura de taludes possuem perfil com solo espesso, com média maior que 15,00 (dez) metros de espessura. Conforme demonstrado por Godoi (2014), nos ensaios geomecânicos realizados em vários patamares do talude situado a Rua Mansur Elias, área central do município, nas Figura 41 a Figura 43.

Figura 41 – Talude alvo da pesquisa em domínio do tipo morro e solo derivado do Complexo Águas Mornas – Gnaisse



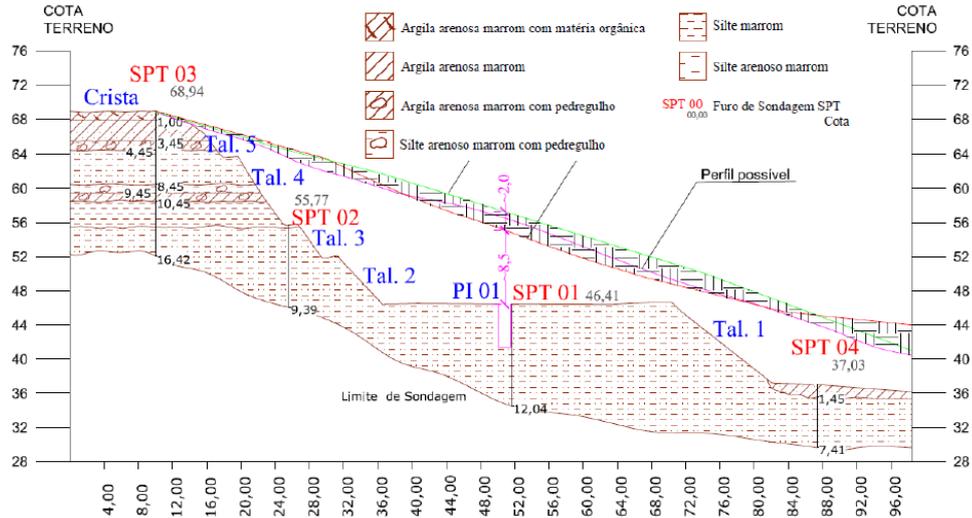
Fonte: Godoi (2014).

Figura 42 - Planta do local de estudos com as curvas de nível obtidas através do Topodata (2000) em vermelho e as curvas de nível obtidas através da carta do IBGE (1974) em verde



Fonte: Godoi (2014).

Figura 43 - Seção A-A: Perfil Estratigráfico elaborado para a área de estudos (adaptado de Zenite Engenharia, 2012)



Fonte: Godói (2014).

Como pode-se verificar no resultados dos ensaios de resistência ao cisalhamento direto em solo residual silte-arenoso de gnaissse nesta área de estudo, os horizontes A ao C em profundidades superiores a 0,50 m já apresentam valores entre 4,2 e 17,1 de coesão na condição inundada e 14,4 a 27,3 na condição não inundada, conforme Tabela 6, o que vai de encontro com a situação experimentada pelo talude em campo.

Tabela 6 - Propriedades de resistência a partir do cisalhamento direto em solo residual silte-arenoso de gnaissse

Amostra	Inundado		Não Inundado	
	c' (kPa)	φ' (°)	c (kPa)	φ (°)
Tal. 4- AM. 1-prof. 0,5 m	11,6	35,1	27,3	34,3
Tal. 2- AM. 1-prof. 0,5 m	10,4	32,8	25,9	34,4
PI-1 - AM 1-prof. 1 m	13,0	37,9	14,5	41,5
PI-1 - AM 2-prof. 2 m	4,2	39,2	14,4	39,5
PI-1 - AM 3-prof. 3 m	17,1	36,7	17,1	42,1

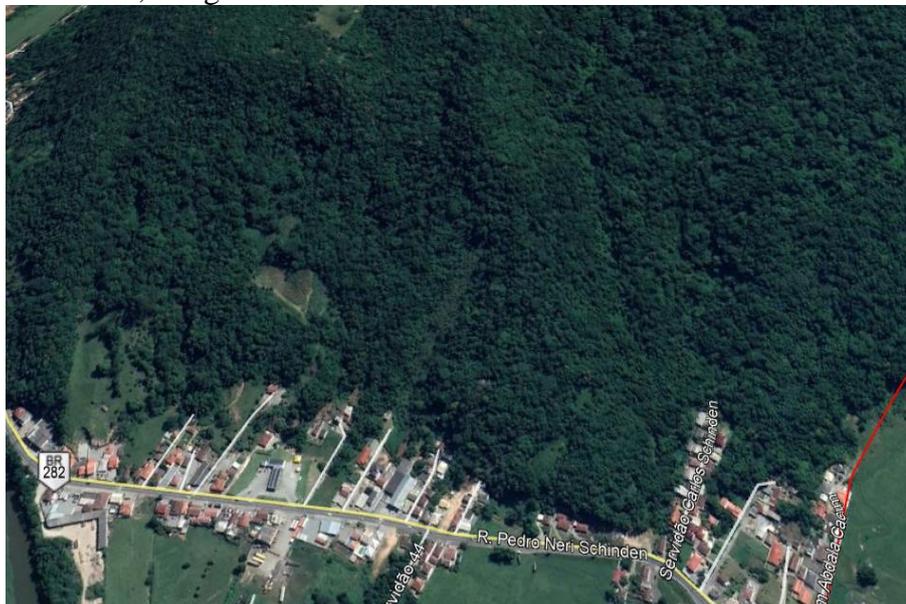
Fonte: Godoi (2014).

5.1.3 Relevo montanhoso

O relevo montanhoso ocorre no limite leste, norte, nordeste, e sul da área de estudo. Ao nordeste, as elevações de montanhas são modeladas em Granodiorito Alto da Varginha a leste, Figura 46, a nordeste, elas são esculpidas em rochas do Tonalito Forquilhas, Figura 44 e Figura

45, ao sul em rochas do Complexo Águas Mornas e Granito Tabuleiro, Figura 47 e **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Estas elevações de sul possuem grandes amplitudes altimétricas, vales muito encaixados e encostas muito íngremes, além de topos angulosos ou em crista. Estas características do relevo parecem indicar que elas refletem mais afloramento de terrenos das rochas do Granito Tabuleiro do que das rochas do Complexo Águas Mornas. Nesta parte da área de estudo, os mantos de alteração são muito rasos, com presença de fragmentos rochosos e até afloramentos rochosos. O setor montanhoso leste é modelado sobre rochas do Tonalito Forquilhas e Granodiorito Alto Varginha e estas rochas são muito suscetíveis ao intemperismo e por isso deveriam apresentar mantos de alteração profundos e relevos mais baixos e suaves como ocorre no seu afloramento mento no restante da área de estudo, talvez isto não ocorra ali em função do retrabalhamento destas rochas por algum tipo de lineamentos estruturais. Uma possível evidência de lineamentos no sentido NW-SE neste setor seriam os topos alinhados, quase em crista, e a quantidade de blocos rochosos presentes nos mantos de alteração e superfície das encostas.

Figura 44 - Montanha onde sedia formação derivada do Granodiorito Alto Varginha no bairro Vargem dos Pinheiros, margem da BR-282



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 45 - Vista parcial da encosta no domínio de montanha, situado a margem da BR-282, pertencente a formação Alto Varginha, com presença incipiente de blocos em meio a superfície e nas drenagens



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Figura 46 - Vista geral da encosta no domínio de montanha a leste, situado a margem da BR-282, com feições de anfiteatro e com cicatriz de deslizamento, pertencente a formação Alto Varginha, com presença incipiente de blocos e matacos em meio a superfície e nas drenagens



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Figura 47 - Vista geral da encosta no domínio de montanha, pertencente ao Granito Serra do Tabuleiro, com presença incipiente de blocos em meio a superfície e nas drenagens, com declividade superiores a 35° na porção mais cristalina e nos vales com declividades superiores a 10° na porção de base do talude, relevo este com alto potencial da deflagração de processos como Fluxo de Detritos e deslizamentos



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Figura 48 - Vista geral da encosta na base do domínio de colina e montanha onde pela grande amplitude altimétrica e de acordo com os vales encaixados e com grande extensão, com alta probabilidade e perigo de desencadear o processo de Fluxo de Detritos junto a rede de drenagens



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Foi verificado também que fluxo de detritos, relacionam-se também com o condicionante amplitude altimétrica das encostas (extensão de rampa) neste tipo de domínio, uma vez que todas as áreas de perigos estão situadas nos compartimentos geomorfológicos em colinas, morros e montanhas e em solos derivados de gnaise, granito e granitoides, sendo estes com manto de alteração menos profundo, observado em alguns cortes de taludes e rede de drenagens com depósitos de bloco, conforme Figura 50.

Figura 49 - Presença de blocos derivado de granitóides Alto Varginha, depositados em meio a rede de drenagens no domínio de montanha



Fonte: Elaboração do autor (2019).

5.2 COMPORTAMENTO DA DECLIVIDADE E SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTO

A declividade é um parâmetro muito utilizado em avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa em geral, contudo deve-se ressaltar que não são todos os mecanismos de movimento de massa que envolvem a declividade, tais como aqueles que causam movimentos de massa por queda da resistência dos materiais (LUIZ, 2003). Casos em que o aumento da tensão de cisalhamento é o mecanismo responsável pela deflagração de movimentos de massa em geral são gerados por mudanças na declividade dos terrenos. Há também casos em que a resistência dos materiais diminui e a declividade acaba comandando o processo de ruptura ou deformação. O mapa de declividade da área de estudo é apresentado, Figura 51.

Selby (1993) no Quadro 5 apresenta uma relação de tipos movimentos de massa com diversos atributos, entre eles a variação da declividade das encostas em que eles ocorreram. O autor coloca que em Mgeta (Tanzânia), no Longyear Valley (Stisbergen—ilha de território Norueguês) e no Mangawhara Valley (Nova Zelândia) foram observados deslizamentos de detritos (*debris landslides*) em porções de encosta com variação de 30 até 44° de declividade. Meise Silva (1986), em estudo no Rio de Janeiro (Brasil) encontraram ocorrências do mesmo tipo de movimento de massa em encostas próximas aos 40°. D'Amata Avanzietal. (2004 *apud* Gomes, 2012), em estudo de movimentos de massa no noroeste da Toscana (Itália), observaram que 84,5% das ocorrências por eles encontradas ocorreram em porções da encosta variando de 31 a 45°.

Quadro 5 - Relação entre deslizamentos e declividade

Gradiente (°)	Frequência de deslizamentos	Densidade de deslizamentos (deslizamentos/km ²)
0-3	0	0
4-7	0	0
8-15	9	0,13
16-20	218	2,12
21-25	2214	14,35
26-35	4111	12,42
>35	618	9,22

Fonte: Adaptado de Salter *et al.* (1981) *apud* Selby (1993).

Segundo Silva *et al.* (2005) em estudos realizados em Belo Horizonte/MG sobre suscetibilidade a movimentos de massa, envolvendo litologias como o gnaisse, onde a maior frequência de movimentos de massa ocorrem em superfícies côncavas com elevada declividade e estas sendo maior que 30%, ou seja, superiores a 20° de inclinação.

Avaliando os condicionantes e mecanismos de ruptura dos solos residuais de gnaisse, os Horizontes A, B, o C saprolítico e o saprolitos da rocha original, observa-se que os dois primeiros possuem espessuras variadas, dependendo do relevo local e possuem textura de argila magra arenosa e coesão mais alta que os horizontes sotopostos, da ordem de 20 kPa. Viana (2000) encontrou menores valores de erodibilidade para os horizontes A e B em relação ao horizonte C. Os horizontes superiores (A e B) apresentam maior resistência, formando uma camada protetora dos movimentos de massa e erosão dos horizontes inferiores. O Horizonte C, ou solos saprolíticos e saprolitos aflorantes apresentam coesão nula ou baixa, na ordem de 10 kPa, conforme Tabela 7, e ainda possuem estruturas reliquias da rocha de origem como famílias de fraturas e a foliação gnáissica.

Tabela 7 - Parâmetros obtidos a partir da retroanálise do escorregamento do Talude em solo residual de gnaisse, bairro Engenho Nogueira em Belo Horizonte/MG

Camada de solo	Coesão (kPa)	ϕ (°)	ρ_{nat} (kN/m ³)	r_u (para FS =1)	Porosidade (kPa)
Horizonte A	22	25	14	0.15	4
Horizonte B	20	31	14	0.15	
Solo saprolítico	10	32	14	0.15	
Saprolito de gnaisse	0	33	12	0.15	

Fonte: Viana (2000).

Processos erosivos, normalmente desenvolvidos nos horizontes de solo saprolíticos e sobre os saprolitos, são responsáveis pela alteração na morfologia das encostas, criando erosões lineares como sulcos com paredes quase verticalizadas que facilitam o processo de

deslizamentos dos solos pouco coesivos. A erosão também contribui para retirada dos horizontes A e B, permitindo a exposição dos horizontes sotopostos, caracterizados por maior erodibilidade e suscetibilidade a deslizamentos, como o que ocorre no talude pertence ao Complexo Águas Normas em colinas com o manto de intemperismo derivado do gnaisse, Figura 50.

Figura 50 – Talude em solo com manto de intemperismo espesso, onde o Horizonte C, é mais suscetível a deslizamentos planares. Área de empréstimo de solo situado na Servidão Domingos F. dos Santos, bairro Varginha



Fonte: Elaboração do autor (2019).

Quadro 6 - Quantificação em área das classes de declividade, baseada em EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA)

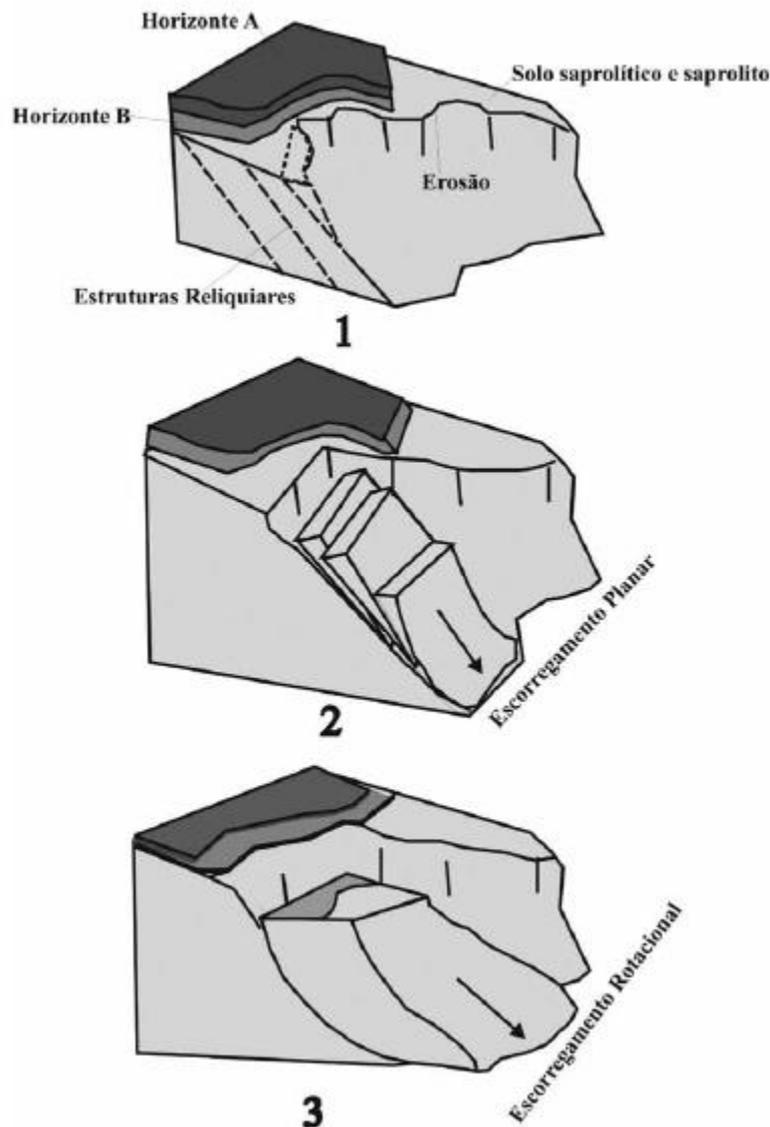
Declividade (Graus)	Área (km²)	Área (%)
0 - 5	7,4232	16,77
5 - 15	10,2361	23,12
15 - 25	7,3662	16,64
25 - 35	6,8622	15,50
35 - 45	9,2349	20,86
> 45	3,1419	7,10

Fonte: Elaboração do autor (2019).

De acordo com o mapa de declividade da área de estudo, Figura 51, com detalhe a distribuição das classes de declividades representada pelo Quadro 6, 56,54% as encostas da área de estudo encontra-se entre 0° a 25° enquanto que 15,50% possuem declividades entre 25° a 35°, entre 35° e 45° um total de 20,86% e áreas acima de 45° totalizam com 7,10%.

As áreas com maior perigo a movimentos de massa na área de estudo estão situados em encostas com declividades situada entre 25° a 35° e estas representam cerca de 15,50% da área total da área de estudo, pois estas apresentam históricos de deslizamentos quando há alteração em sua geometria para instalação de infraestrutura. Estas encostas estão mais propensas a romper, ainda mais quando há interferência antrópica para ganhar áreas e implantar edificações, pois agem fazendo a supressão vegetal no terreno, retiram os horizontes A e B, expondo o horizonte C aos processos de deslizamentos como rupturas planares ou circulares, como demonstrado em modelo evolutivo deste processo na Figura 52, apresentado por Viana (2000).

Figura 52 - Modelo evolutivo dos movimentos de massa dos solos residuais de gnaiss. 1) erosão e verticalização dos taludes, 2) ruptura planar através de estruturas reliquiares em períodos de chuvas menos intensas, 3) ruptura circular em períodos de chuvas intensas



Fonte: Viana (2000).

As feições resultantes de atividades antrópicas modificadoras do relevo que mexem na geometria das encostas podem afetar o balanço de forças que mantêm os materiais estáveis nas encostas, notadamente a força de cisalhamento.

As principais feições de maior perigo encontradas foram taludes de cortes. Sendo os taludes de corte mais representativos na área de estudo e que praticamente todos estes taludes sediam ainda perigo em potencial devido a exposição do horizonte C mais Silto-arenoso na base dos taludes, horizonte de menor resistência.

Os cortes normalmente ocorrem juntos as vias ou entre lotes, para rebaixamento do terreno para o estabelecimento das edificações. Estes cortes raramente obedecem critérios

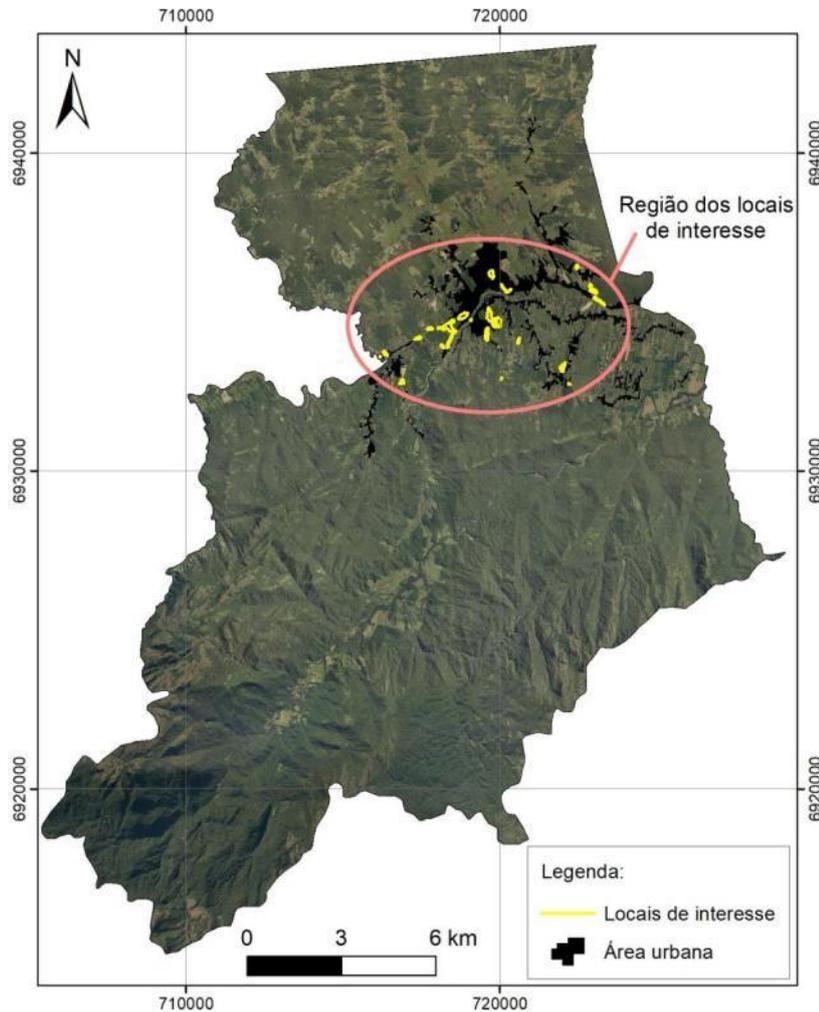
técnicos da boa engenharia, com uso de estruturas de contenção, de bancadas e sistemas de drenagens superficiais e sub-superficiais. Na área de estudo há inúmeros processos de deslizamentos em solo, junto as vias, mas a maioria não são representativos em termos de porte.

As áreas com maior probabilidade de movimentos de massa do tipo deslizamento, se mostraram muito relacionadas com a declividade dos terrenos, a maioria delas ocorrem em porções das encostas com inclinações maiores que 25° e que houveram a implantação de taludes de corte com inclinações superiores a 45°. Onde podemos afirmar que os deslizamentos ocorreram mais frequentemente com deflagração no horizonte C na face dos taludes em solos derivados de gnaisses. Taludes com mantos de alteração espessos, em média com 15,00 m de espessura até o contato com a rocha sã, conforme ensaios realizados por Godói (2014) e observações dos taludes de corte em campo de acordo com alguns pontos visitados que receberam esta intervenção.

5.3 RESULTADOS DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL NA ÁREA DE ESTUDO

Foram definidos com a Defesa Civil Municipal de Santo Amaro da Imperatriz vinte e oito locais de interesse a serem analisados posteriormente. Tais locais estão concentrados na região centro-norte do território municipal e situados na área urbana da sede e seu entorno (Figura 53).

Figura 53 - Região de concentração dos locais de interesse no município de Santo Amaro da Imperatriz

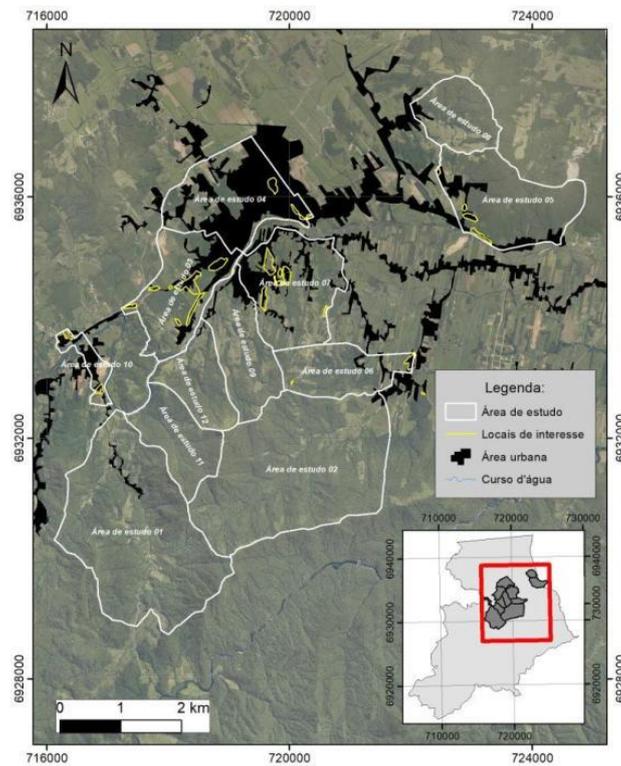


Fonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2019).

Tomando como base os locais de interesse, a expansão urbana do município e regiões que podem gerar movimentos gravitacionais de massa, os geólogos estabeleceram 12 áreas de estudo para a análise de perigo a movimentos gravitacionais de massa. Seus limites, representados por polígonos de borda branca na Figura 54, foram definidos em função de elementos geomorfológicos e urbanos situados no entorno dos locais de interesse, tais como rodovias, cursos d'água e divisores d'água.

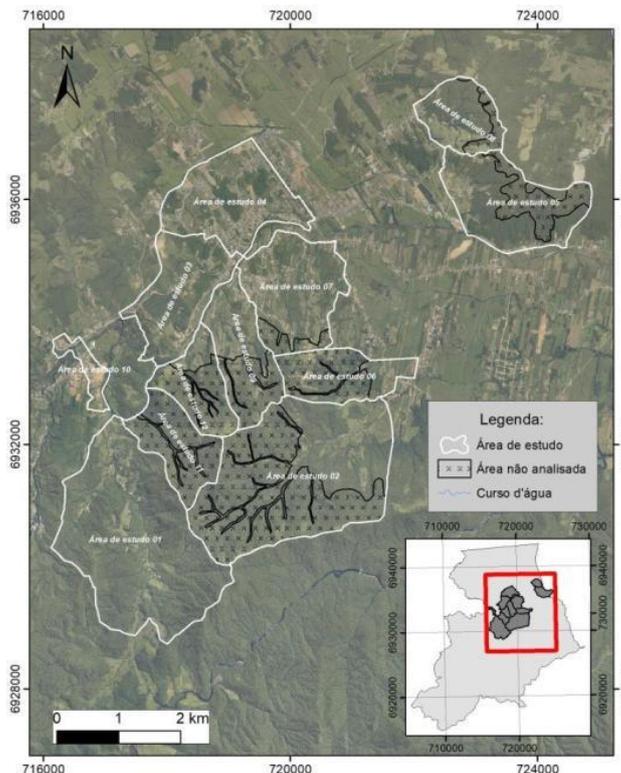
Entretanto, como mostra a Figura 55, é importante salientar que há regiões destas áreas de estudo que não foram realizadas análises de perigo por não terem sido indicadas pela Defesa Civil como área de interesse do município.

Figura 54 - Localização das 12 áreas de estudo na área urbana da sede municipal e seu entorno



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

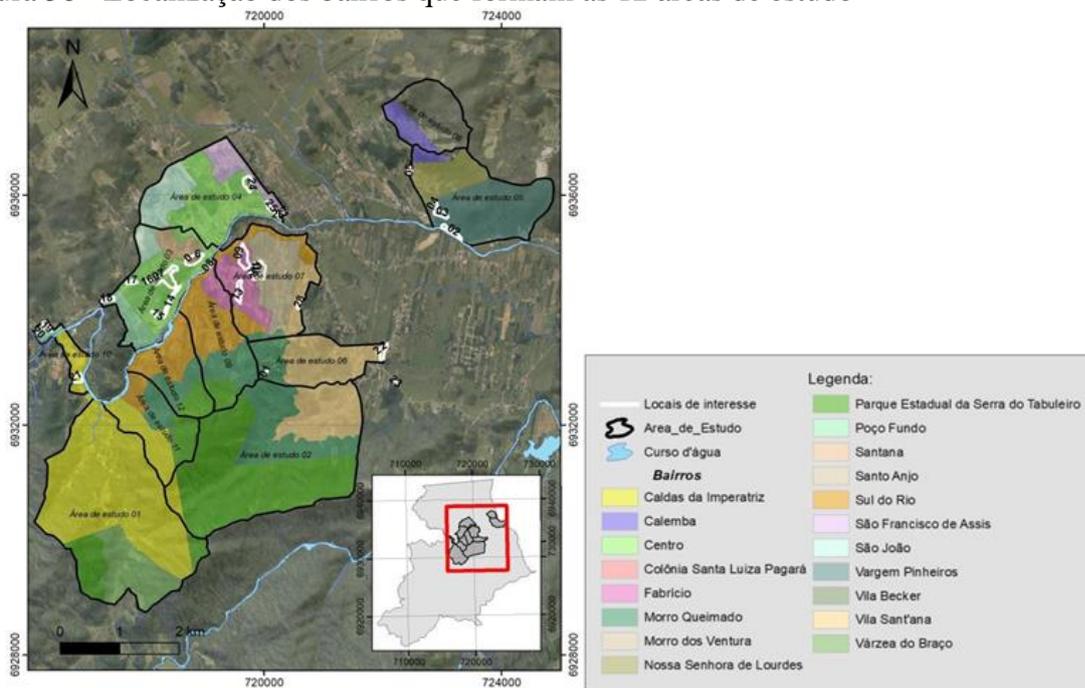
Figura 55 - Localização de regiões das áreas de estudo que não foram contempladas pela análise de perigo



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

A etapa de mapeamento de perigo em Santo Amaro da Imperatriz ocorreu entre os dias 01 e 12 de outubro de 2018, estando os bairros Caldas da Imperatriz, Calemba, Centro, Colônia Santa Luiza Pagará, Fabrício, Morro Queimado, Morro dos Ventura, Nossa Senhora de Lourdes, Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Poço Fundo, Santana, Santo Anjo, Sul do Rio, São Francisco de Assis, São João, Vargem Pinheiros, Vila Becker, Vila Sant'ana e Várzea do Braço parcialmente ou totalmente inseridos no estudo, conforme mostra a Figura 56.

Figura 56 - Localização dos bairros que formam as 12 áreas de estudo



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Tomando como base as regiões delimitadas pelo modelo disponibilizado para a equipe de campo, foram identificados 209 setores de perigo a movimentos gravitacionais de massa, distribuídos segundo os processos mostrados no quadro 7 e Figura 57.

Quadro 7 - Número de setores de perigo por processo geológico

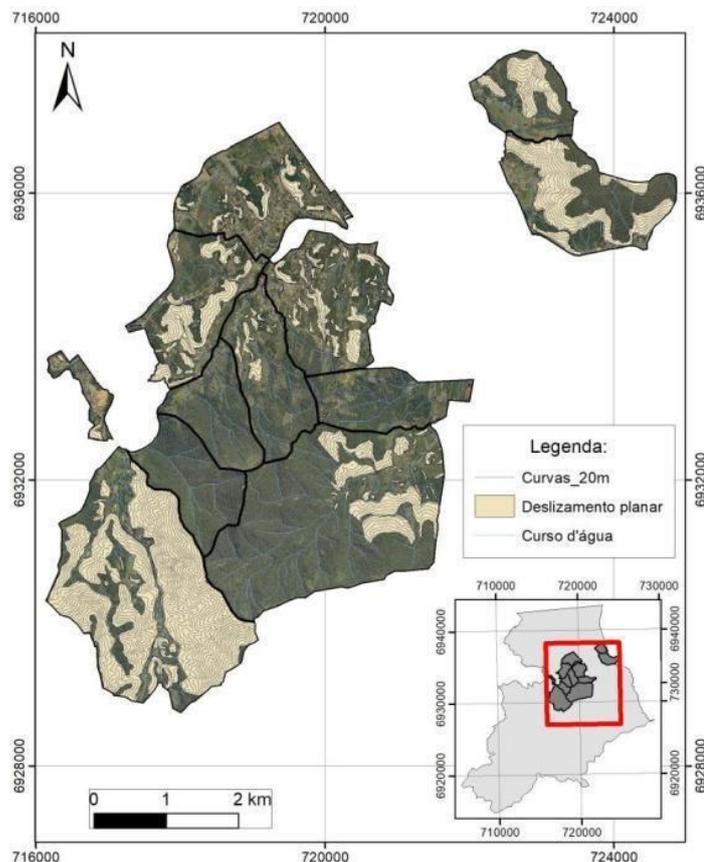
Processo	Número de setores
Deslizamento planar	181
Fluxo de detritos	09
Queda de blocos	19
<i>TOTAL</i>	<i>209</i>

Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

5.3.1 Setores de perigo a deslizamento planar

A Figura 57 mostra a localização dos 181 setores de perigo a deslizamentos planar na área de estudo.

Figura 57 - Setores de perigo a deslizamento planar em Santo Amaro da Imperatriz (Polígonos em bege)



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

De maneira geral, os setores estão concentrados nas encostas naturais do domínio serrano e de morros alto e baixo que fazem parte dos bairros Vargem Pinheiros e Nossa Senhora de Lourdes, situados a nordeste Figura 58; encostas a oeste dos bairros Centro e Poço Fundo Figura 59 e vertentes de morros baixos e altos situados na porção centro-norte da área de estudo Figura 60. Também foram verificadas situações em que taludes de corte realizados de maneira inadequada expõem determinados locais ao perigo de ocorrência de deslizamentos planares. É o caso, por exemplo, de cortes realizados nos bairros Caldas da Imperatriz e Fabrício, o que sujeita não só os cidadãos residentes ao perigo como ao risco de atingimento pelo processo geológico Figura 61 e Figura 62. Há inclusive, no bairro Fabrício, cicatriz que atingiu muro atrás de moradia Figura 63. Nesta região há possibilidade de recorrência do evento, como no talude de corte de altura superior a 20 metros e inclinação média de 70° localizada na Rua Frei Benedito (Figura 64).

Figura 58 - Serra situada a nordeste da área de estudo



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Figura 59 - Encostas localizadas no extremo oeste do Centro



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Figura 60 – Trecho de anfiteatro situado no bairro Santana



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Figura 61 - Taludes de corte no bairro Caldas da Imperatriz



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Figura 62 - Construções próximas de taludes de cortes no bairro Fabrício



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Figura 63 - Cicatriz de deslizamento no bairro Fabrício



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Figura 64 - Talude de corte no bairro Fabrício



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

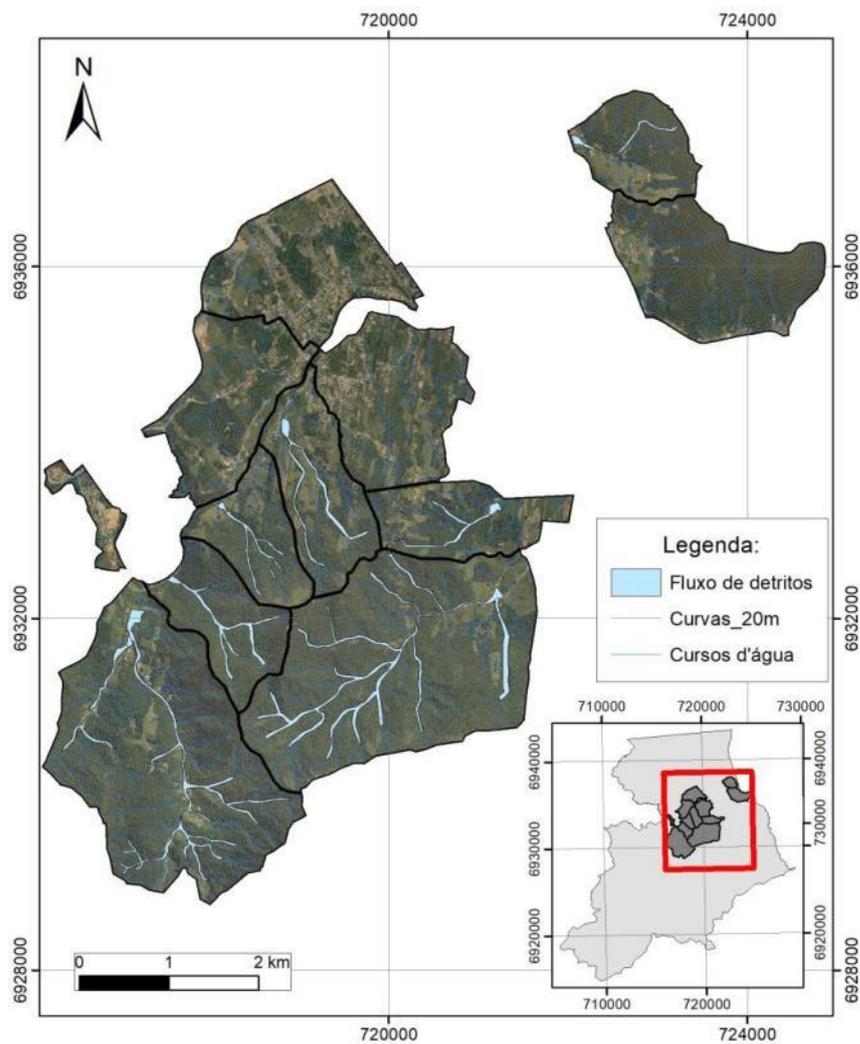
5.3.2 Setores de perigo a deslizamentos rotacionais

Não foram constatados indícios ou histórico de deslizamentos rotacionais na área de estudo.

5.3.3 Setores de perigo a fluxo de detritos

Na área de estudo foram identificados 09 setores de perigo sujeitos a fluxo de detritos. Estes estão relacionados como domínio serrano que ocupa a porção nordeste e principalmente centro-sul da área de estudo Figura 65.

Figura 65 - Setores de perigo a fluxo de detritos em Santo Amaro da Imperatriz (Polígonos em azul)



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Os fluxos de detritos estão relacionados a cursos d'água afluentes do Rio Cubatão cujas cabeceiras, situadas em caldas da Imperatriz, Várzea do Braço, Morro Queimado e Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, possuem declividade acentuada Figura 66. Essas drenagens estão dispostas nas direções SE/NW e SW/NE e apresentam ao longo de seus canais depósitos de blocos rochosos, algumas vezes envoltos em material de granulometria mais fina, o que indica alta propensão ao processo em episódios de chuvas intensas e/ou duradouras Figura 67.

Figura 66 - Visão do domínio serrano situado na região sudoeste da área de estudo



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Figura 67 – Cabeceira de umas das drenagens sujeitas a fluxo de detritos

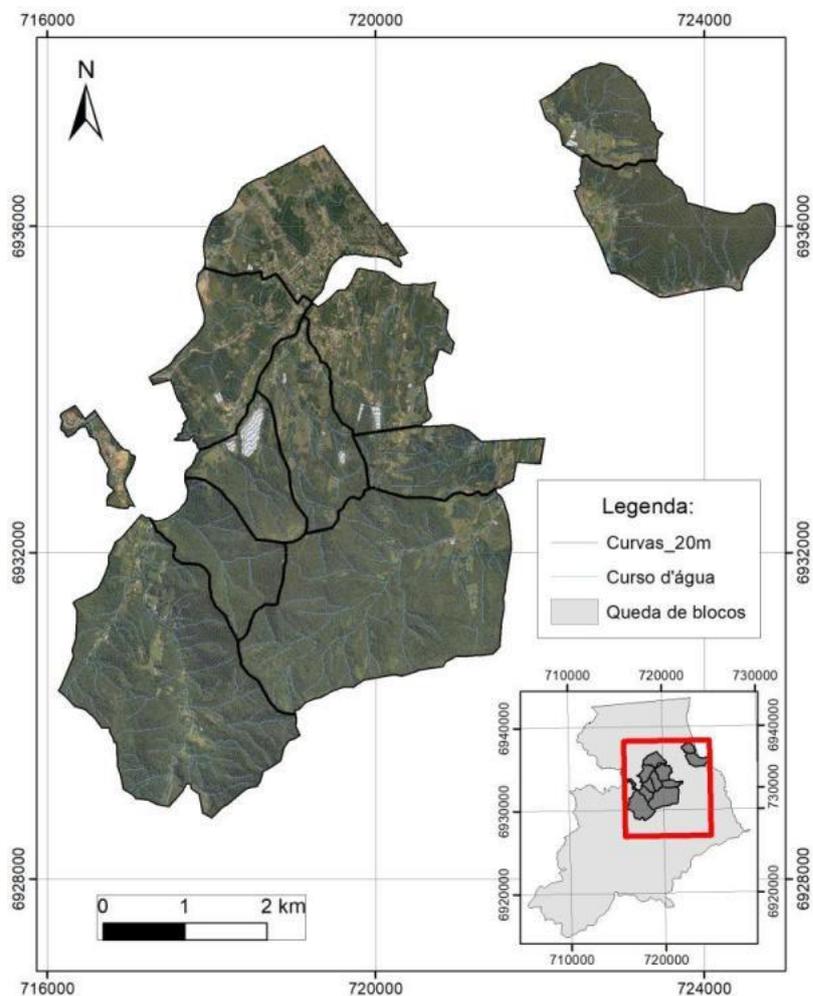


Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

5.3.4 Setores de perigo a queda de blocos

Na área de estudo foram identificados 19 setores de perigo sujeitos a quedas de blocos (Figura 68).

Figura 68 - Setores de perigo a queda de blocos em Santo Amaro da Imperatriz (Polígonos em cinza claro)



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Em algumas das encostas não vegetadas de Santo Amaro da Imperatriz há grandes campos de blocos rochosos, como os identificados nos bairros Sul do Rio e Fabrício (

Figura 69 e

Figura 70). No caso da encosta mostrada na

Figura 70, segundo a moradora, há blocos rochosos que podem se movimentar a qualquer momento, pois está apenas apoiado sobre a superfície. Segundo a narrativa da mesma tal alegação gera apreensão entre os residentes.

Além dos campos de blocos, há blocos que fazem parte de colúvio que estão sendo expostos em razão de taludes de corte. É o caso do bloco mostrado na

Figura 71, situado em encosta parcialmente ocupada no Centro da cidade.

Figura 69 – Campo de blocos situados no bairro Sul do Rio



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Figura 70 - Campo de blocos situados no bairro Fabrício



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

Figura 71 – Bloco rochoso de colúvio parcialmente exposto em encosta do bairro Centro



Fonte: Serviço Geológico do Brasil (2019).

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O tema mapeamento de perigo de movimentos gravitacionais de massa é muito complexo. Pois depende de vários fatores como geomorfologia, geologia, pedologia, declividade, drenagens e fluxo d'água nas encostas e intervenções antrópicas.

Buscou-se com esta pesquisa, aumentar o conhecimento acerca dos perigos na área urbana central de Santo Amaro da Imperatriz, de alguns movimentos de massa, como: deslizamentos planares, rotacionais, área propensa a fluxo de detritos e queda de blocos na área do recorte da pesquisa, utilizando a metodologia do autor e comparando-a com a metodologia utilizada pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil em algumas áreas do município, elencadas pela Defesa Civil municipal como áreas de interesse.

De acordo com as análises realizadas pelo autor para identificação de feições potenciais de perigo, tais como anfiteatros, cicatrizes de deslizamentos, campo de blocos, taludes de corte, aterro, talvegues, com base em ortofotos e curvas de nível. E balizando estas feições com mapas geomorfológico, geológico, pedológico, declividade e drenagens. Foi possível identificar várias áreas de perigos de movimentos gravitacionais de massa na área de estudo. Estas áreas após identificadas foram confirmadas nos trabalhos de campo para checagem dos processos perigosos através de pontos de campo. Assim esta metodologia de mapeamento de áreas de perigos mostrou-se satisfatória e resultou em um elevado embasamento para a comparação com os resultados de setorização de perigos proposto pela CPRM no município. Evidenciando que ambas as metodologias são eficazes para o mapeamento de perigos a movimentos gravitacionais de massa. Mas alguns pontos de atenção são importantes seguir para melhor conformidade dos

mapeamentos e análise dos perigos de movimentos gravitacionais de massa na gestão municipal.

As análises para checagem de campo e validação das feições levantadas em escritório demandam um maior tempo de campo. Para isto, o mapeamento deverá ser sistemático, uma vez que as áreas de perigos e riscos se transformam diariamente com a expansão urbana e as interferências antrópicas no meio, geram espaços com maior perigo. Respeitando sempre a escala compatível e nível de detalhe do trabalho proposto. Pois a setorização de perigos e riscos onde os polígonos gerados são extrapolados, inflacionam os graus de perigos e riscos, resultando também para a população uma perda elevada do valor da terra, seja ela em área urbana ou rural.

A necessidade de inclusão de maior áreas de interesses pelo município, independente das áreas estarem ou não ocupadas. Daí a necessidade do órgão público municipal criar um banco de dados para registros dos eventos de movimentos de massa, para maior calibração da metodologia de análise de mapeamento de perigos. Onde também como ferramenta complementar, a implantação de registros de curva de limiares críticos de precipitação, sendo esta o principal gatilho para deflagração dos processos geodinâmicos.

Sistematizar no município pela Defesa Civil o mapeamento de áreas de perigos e riscos para melhor aderência ao planejamento territorial, servindo de base para as revisões constantes no Plano Diretor, Plano de Contingências, emissão de alertas as populações e obras de prevenção para mitigação dos perigos e riscos geológicos.

O mapeamento de perigo é uma ferramenta imprescindível na projeção e classificação de áreas aptas a urbanização. Mas como fator contribuinte, a necessidade de, em paralelo, com os órgãos municipais relacionados ao tema, realizar mapeamento geotécnico, das áreas mais críticas em relação aos riscos geológicos para indicação e execução de intervenções estruturais para minimizar o risco e tornar a área apta a urbanização. Pois estas áreas críticas de maior perigo e riscos, são as de maior probabilidade de produzir danos e prejuízos a população e infraestrutura municipal.

Nesse sentido, a gestão adequada do território contribui para um desenvolvimento sustentável, equilibrado e integrado, o que por sua vez é o resultado de um planejamento urbano eficaz e integrador. Trazendo uma grande quantidade de dados e uma precisão concordante com a necessidade das escalas normalmente utilizadas no mapeamento de perigos, com foco na prevenção de desastres e planejamento urbano em escala compatível que podem variar entre (1:10.000 e 1:20.000), tanto para áreas ocupadas e não ocupadas.

Daí a necessidade de integração com mapas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa, através de caracterização geomecânica das unidades geotécnicas mapeadas para melhor qualidade de informação gerada, objetivando melhor adequação das estruturas de contenção de acordo com o conhecimento intrínseco do terreno em conformidade com as normas e legislações atuais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. **NBR 11682**: Estabilidade de encostas – Norma Brasileira Regulamentadora. [S. l.]: ABNT, 2009.

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica 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. 1992. p. 721-733.

BARROSO, J. A. Experiências de mapeamento Geológico-Geotécnico no Rio de Janeiro: escalas, detalhes a considerar e resultados. *In*: Colóquio de Solos Tropicais e Subtropicais e suas Aplicações em Engenharia Civil, 2. **Anais [...]**. Porto Alegre, UFRGS, 1989. p. 218-227.

BARBOSA, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na Bacia do Rio Mamanguape/PB**. 2006. 39 p.

BASTOS, G.; ZUQUETTE, L. V. Uma abordagem sobre banco de dados em geotecnia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 12. **Anais [...]**. São Paulo, SP, 2002, v.1, p.167-176.

BATEIRA, C. **Recuperação de paisagens de terraços e prevenção de riscos naturais**. Porto-Portugal: [s. n.], 2006. TERRISC: (SUDOE III B).

BRASIL. **Anuário brasileiro de desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2012.

BRASIL. **Instrução normativa n. 01**, de 24 de Agosto de 2012. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília: DF, 31 de ago. 2012 p. 30-39.

BRASIL. **Lei n. 12.608**, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2018.

BRASIL. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Celso Santos Carvalho, Cidades/IPT, 2007. 176 p.

BRASIL. **Manual de desastres**. v. 1 (Desastres, Secretaria Nacional de Defesa Civil). 2003. 69 p. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Manuais-de-Defesa-Civil/Manual-PLANEJAMENTO-1.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Banco de dados e registros de desastres**: sistema integrado de informações sobre desastres S2ID. 2013. Disponível em: <http://s2id.integracao.gov.br>. Acesso em: 24 maio. 2018.

BRESSANI, L. A. *et al.* Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 36, n. 2, p. 285-305, 19 maio 2016.

- BUENO, L. S. **Estudo em áreas de ocupação urbana com fatores de risco: o caso do bairro Córrego Grande - Florianópolis, SC, 2002.**
- CANHOLI, P. A. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo: Oficina de Texto, 2005. 22 p.
- CARSON, M. A.; KIRKBY, M. J. **Hillslope form and process.** London: Cambridge University Press. 1972. 475 p.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres naturais.** Brasília: MIN, 2003.174 p.
- CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos geológicos. *In:* BRITO, S. N. A.; OLIVEIRA, A. M. S. **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE, 1998. p. 301-310.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.
- CRUDEN, D.M., VARNES, D. J. Landslide types and processes, special report, transportation research board. **National Academy of Sciences**, n. 247, p. 36-75, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA. Portal Embrapa. **Classificação dos solos.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- EINSTEIN, H. H. Landslides risk assessment procedure. *In:* INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES, 5. **Anais [...].** Lausanne, 1988. v. 2. p. 1075-1090.
- FARAH, F. **Ocupação urbana e instabilidade de encostas.** São Paulo: IPT, 2003. 312p. (Habitar - Habitação e Encostas, v. 2).
- FERRAZ, J. C. F. **Urbs nostra.** São Paulo: PINI/EDUSP, 1991. 464 p.
- FONTES, M. M. M. **Contribuição para o desenvolvimento da metodologia de análise, gestão e controle de riscos geotécnicos para a área urbana da cidade de Ouro Preto.** Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.132p.
- GEORIO. **Manual técnico de encostas: Análise e Investigação.** Rio de Janeiro: Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, 2000. 253p.
- GERSCOVICH, D. **Estabilidade de taludes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- GIANNINI, P.C.F.; RICCOMINI, C. Sedimentos e processos sedimentares. *In:* TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a Terra.** São Paulo: Of. de Textos, p. 167-190, 2001.
- GODOI, Cesar Schimdt. **Caracterização geomecânica de um solo residual de gnaiss – Santo Amaro da Imperatriz, Santa Catarina.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- GOMES, R. A. T. **Modelagem de Previsão de Movimentos de Massa a Partir da Combinação de Modelos de Escorregamentos e Corridas de Massa.** Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.101 f.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 194p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 junho 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. **Estudos ambientais da Grande Florianópolis**: síntese temática – Solos. Florianópolis: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, 1995. Mapa Escala - 1:100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 setembro 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO IPT. **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo**. 2 v. 1994. São Paulo: IPT Publicação, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Curso de treinamento de técnicos municipais para o mapeamento e gerenciamento de áreas urbanas com risco de escorregamentos e inundações**. Relatório Técnico 74186-205. São Paulo. 2004.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO IPT. **Manual de ocupação de encostas de São Paulo**. São Paulo. 1991.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO IPT. **Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do município de Potim, SP**. Relatório Técnico 142750-205. São Paulo, 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO IPT. **Mapeamento e diagnóstico das áreas de risco associado a processos de instabilização do terreno nas encostas dos Morros de Arujá, SP**. Relatório Técnico 77889-205. São Paulo, 2005.

JOINT TECHNICAL COMMITTEE ON LANDSLIDES AND ENGINEERED SLOPES – **JTC-1** - FELL, R. COROMINAS, J. BONNARD, C. CASCINI, L. LEROI, E. SAVAGE, W. (org.) Engineering Geology, 2008.

KANJI, M. A.; CRUZ, P. T.; MASSAD, F. **Debris flow affecting the Cubatão oil refinery, Brazil**, Landslides, v. 5, p. 71–82, 2008.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de Desastres Naturais**: conceitos básicos. Florianópolis: Organic Trading, 2006. 122 p. Material extraído do site do Labdren – UFSC. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proclima/file/publicacoes/adaptacao/portugues/prevencaodedesastresnaturaisconceitosbasicos.pdf>. Acesso em: 16 set. 2018.

LUIZ, E. L. **Influência da dinâmica hidrológica e das características das formações superficiais nos mecanismos de ruptura das encostas com rochas granitoides de áreas**

subtropicais – São Pedro de Alcântara. 2003. 238f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

MATTOS, K. C. A. **Processos de instabilização em taludes rodoviários em solos residuais arenosos: Estudo na Rodovia Castelo Branco (SP 280), km 305 a 313.** 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. USP. São Carlos, 2009.

MONTOYA, C.A.H. **Incertezas, vulnerabilidade e avaliação de risco devido a deslizamento em estrada.** 2013, 250 f. Tese (Doutorado em Geotecnia), Universidade de Brasília, 2013.

MOTTER, I.; SIRTOLI, A. E.; SIRTOLI, A. R. A.; SANTOS, M. F. Planejamento da expansão urbana a partir de dados geográficos e ambientais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 4. **Anais [...]**. Brasília, DF, 2001, Meio Digital.

NUMMER, V.A. **Parâmetros geológico-geotécnicos controladores dos movimentos de massa na Rota do Sol, RS-486, Itati, RS.** 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

OLIVEIRA, C. M. G.; LOLLO, J. A. Uso da avaliação do terreno para o zoneamento de solos colapsíveis na área urbana de Ilha Solteira (SP). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 4. **Anais [...]**. Brasília, DF, 2001, Meio Digital.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS ONU. 2004. **Living with risk.** A global review of disaster reduction initiatives. Inter-Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra, Suíça. Disponível em: www.unisdr.org. Acesso em: 10 nov. 2018. 152 p.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. “**Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification**”. Hydrology and Earth System Sciences. 2007.
PIRES, J. de L.; COITINHO, J. B. L.; FREIRE, F. de A.; FERNANDES, E. **Estudos ambientais da Grande Florianópolis: síntese temática - Geologia.** Florianópolis: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, 1995. 24 p. Mapa Escala - 1:100.000.

PRANDINI, F. L.; NAKAZAWA, V. A.; LUZ DE FREITAS, C. G.; DINIZ, N. C. **Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais.** Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente, São Paulo, SP, 1995, p. 187-202.

RODRIGUES-CARVALHO, J. A. Perigos geológicos, cartografia geotécnica e proteção civil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3. ed. **Anais [...]**. Florianópolis: ABGE, 1998. 1 CD-ROM.

SAITO, S. **Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamentos e quedas de blocos no maciço central de Florianópolis-SC.** 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SAITO, S. M; HERRMANN, M. L. P.; PELLERIN, J. R. G. M. Avaliação da suscetibilidade a escorregamentos nos assentamentos precários do Maciço Central de Florianópolis-SC. *In*:

CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 11. **Anais [...]**. Florianópolis, 2005, v. 1, p. 1251-1261.

SANTOS, A. R. **Enchentes e deslizamentos: causas e soluções: áreas de risco no Brasil**. São Paulo: Pini, 2012. 136p.

SATO, R. D. O. **Investigação hidrogeológica das ocorrências termais e termo-minerais da Região Centro-Sul da Borda Oriental do Estado de Santa Catarina e possíveis modelos genéticos**. 2006. 156 f.. Dissertação (Mestrado em Geociências), Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA SDC-SC. **Gestão de riscos e gestão de desastres**. Florianópolis: Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina. 2017.159 p.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA SDC-SC. **Os CONSEGS e a redução de riscos**. Governo do Estado de Santa Catarina. 2. ed. 2008. 154p. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/LivroCONSEGSReducaodeRiscos.pdf>. Acesso em: 23 março 2018.

SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO SEDEC/MI. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília, DF: MI, 2014.

SELBY, M. J. **Earth's changing surface: an introduction to geomorphology**. New York: Oxford University Press, 1985.

SELBY, M. J. **Hillslope materials and process**. New York: Oxford Universty, 2. ed., 1993. 450 p.

SERPA, R. R. **As metodologias de análises de risco e seu papel no licenciamento de indústrias e atividades perigosas**. In: Freitas, C.M. Souza, M.F. Machado, J.M. (org.). *Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção*. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2001.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL CPRM. **Manual de mapeamento de perigo e riscos a movimentos gravitacionais de massa**. Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais (GIDES). Rio de Janeiro: CPRM. 2018. 212 p.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Setorização de riscos de movimentos de massa e inundações em Santo Amaro da Imperatriz/SC**. 2014. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-Riscos-Geologicos/Setorizacao-de-Riscos-Geologicos---Santa-Catarina-4866.html>. Acesso em: 15 julho 2018.

SILVA, F. A. **Percepção dos riscos e desastres ambientais dos anos de 2008 e 2011 em Jaraguá Do Sul-SC**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas/MS, 2012. 106 p.

SILVA, A. S.; CARVALHO, E. T.; FANTINEL, L. M.; ROMANO, A. W.; VIANA, C. S. **Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no**

município de Belo Horizonte: relatório final. Convênio: PMBH, SMP, FUNDEP/ UFMG, [S. l. : s. n.], 2005. 490 p.

STAMM, C.; STADUTO, J. A. R.; LIMA, J. F. de; WADI, Y. M. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. **Revista Interações**, Campo Grande, v. 14, n. 2, p. 251-265, jul./dez. 2013.

STINY, J. Die Muren. Verlag der Wagner'schen Universitätsbuchhandlung, Innsbruck, 1910. **Debris Flows**. Translation by M. Jakob and N. Skermer. Vancouver, CA: Engineering Consultants, 1997. 106 p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais:** conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.) **Desastres naturais:** conhecer para prevenir. 1. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2011. 196 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA UFSC. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES CEPED. **Atlas Brasileiro de desastres naturais:** 1991a 2010. 2. ed. rev. ampl. Florianópolis: CEPED, 2012. 168p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA UFSC. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES CEPED. **Capacitação básica em Defesa Civil.** 5 ed. Florianópolis: CEPED, 2014.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION UNISDR **Terminología sobre reducción del riesgo de desastres.** Ginebra, Suiza: UN, 2009.

VARNES, D. J. **Landslide hazard zonation:** review of principles and practice. Paris: UNESCO, 1984. 56 p.

VIANA, C. S. **Caracterização dos processos erosivos no município de Belo Horizonte uma contribuição à gestão ambiental e ao planejamento urbano.** 2000. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Sanitária, Ambiental, Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, [Belo Horizonte], 2000, 217 p.

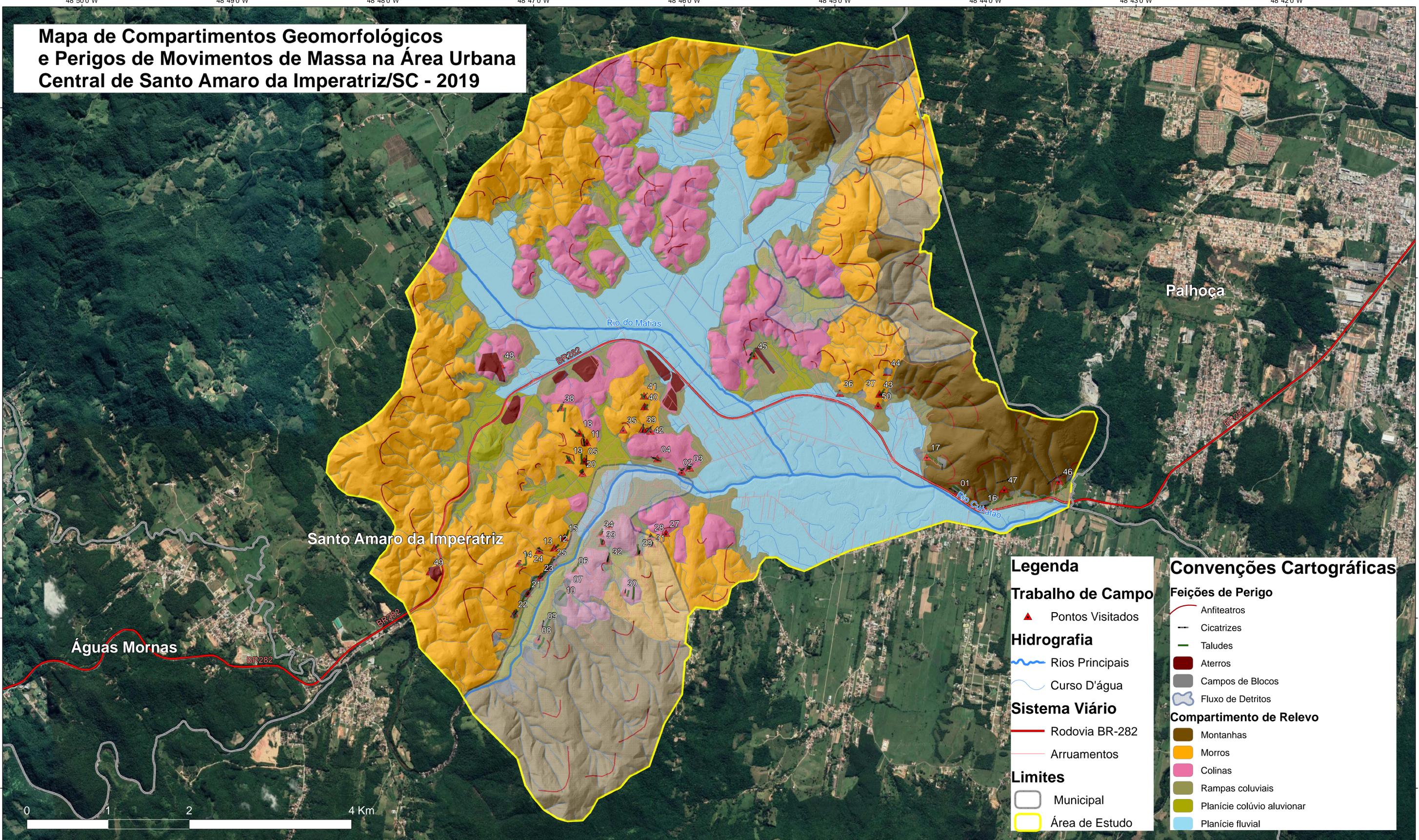
YODER, E. J.; WITCZACK, M. W. **Principles of pavement design.** 2. ed. [S. l.]: John Wiley & Sons, 1975.

ZANINI, L. F. P. *et al.* **Florianópolis - Lagoa: folha SG.22-Z-D-V - folha SG.22-Z-D-VI:** estado de Santa Catarina. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Brasília: CPRM, 1997.

ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para exploração.** 1993. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2 v. 1993.

ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. Mapeamento: análise das metodologias e sistemáticas mais utilizadas. *In:* CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7. **Anais [...].** Belém, PA, v. 1, 1988.

Mapa de Compartimentos Geomorfológicos e Perigos de Movimentos de Massa na Área Urbana Central de Santo Amaro da Imperatriz/SC - 2019

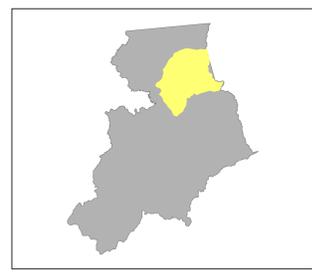


Legenda

- Trabalho de Campo**
- ▲ Pontos Visitados
- Hidrografia**
- Rios Principais
 - Curso D'água
- Sistema Viário**
- Rodovia BR-282
 - Arruamentos
- Limites**
- Municipal
 - Área de Estudo

Convenções Cartográficas

- Feições de Perigo**
- Anfiteatros
 - Cicatrizes
 - Taludes
 - Aterros
 - Campos de Blocos
 - Fluxo de Detritos
- Compartimento de Relevo**
- Montanhas
 - Morros
 - Colinas
 - Rampas colúvias
 - Planície colúvio aluvionar
 - Planície fluvial



Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
 Zona 22S - Meridiano Central: 51° W. Gr.
 Acrescida das constantes: 500 km (E) e 10.000 (N)
 Datum Horizontal - SIRGAS2000
 Datum Vertical Marégrafo de Imbituba - SC

Fontes dos Dados
 Base Cartográfica - IBGE/EPAGRI 1:50.000.
 Limites administrativos: SPG - Malha Municipal Digital 2018
 Geomorfologia: Adaptado a partir das Ortofotos de composição colorida - SDS/2012
 Escala: 1:10.000 - SDS/2012.

Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 22S

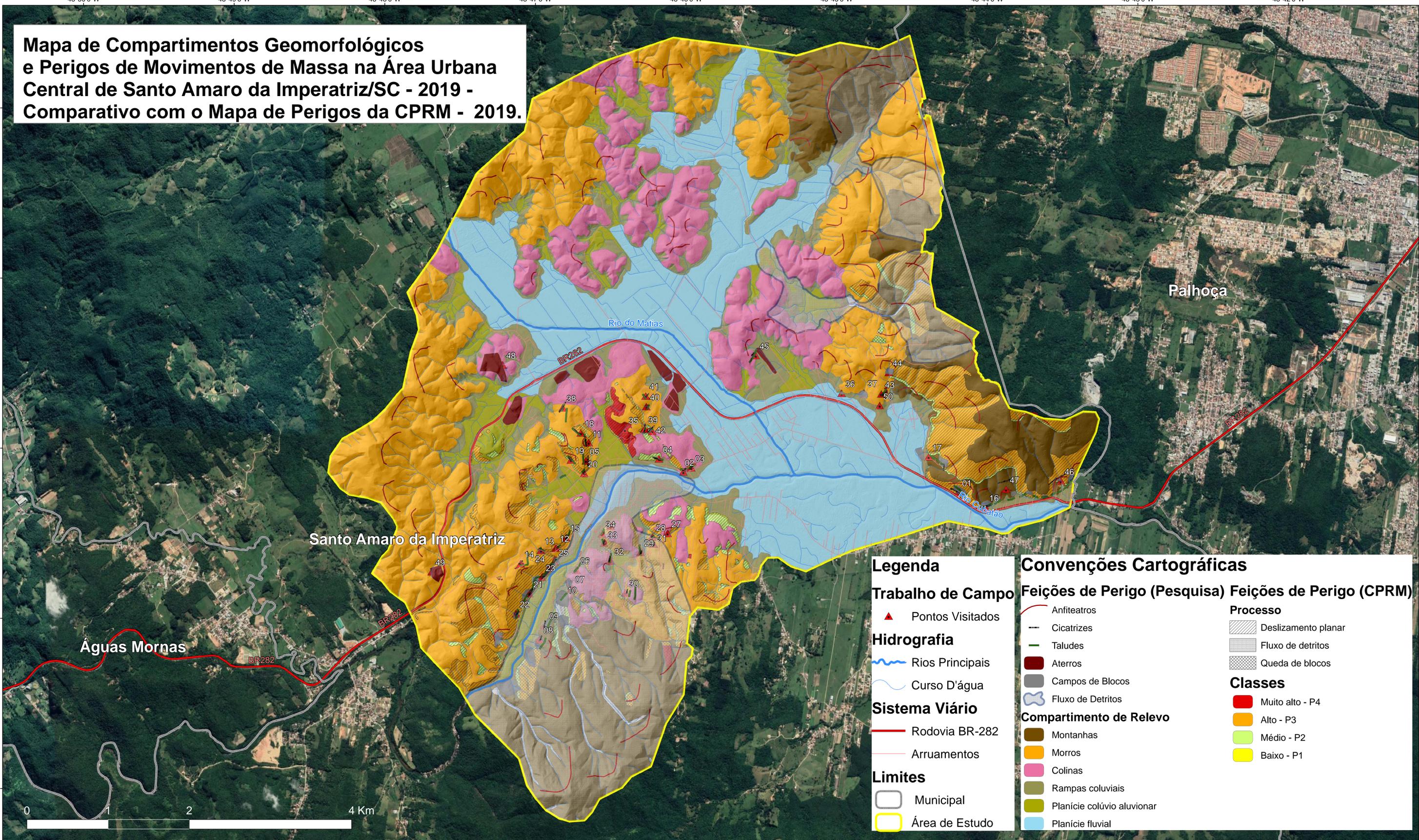
Escala - 1:15.000

ELABORAÇÃO: Edna Lindaura Luiz e Humberto Alves da Silva
 Edição: Anderson Pace e Jéssica Vasconcelos

Data: Setembro/2019



Mapa de Compartimentos Geomorfológicos e Perigos de Movimentos de Massa na Área Urbana Central de Santo Amaro da Imperatriz/SC - 2019 - Comparativo com o Mapa de Perigos da CPRM - 2019.



Legenda

Trabalho de Campo
▲ Pontos Visitados

Hidrografia
Rios Principais
Curso D'água

Sistema Viário
Rodovia BR-282
Arruamentos

Limites
Municipal
Área de Estudo

Convenções Cartográficas

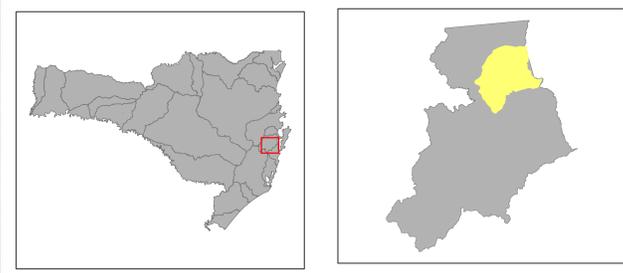
Feições de Perigo (Pesquisa)
Anfiteatros
Cicatrizes
Taludes
Aterros
Campos de Blocos
Fluxo de Detritos

Feições de Perigo (CPRM)
Deslizamento planar
Fluxo de detritos
Queda de blocos

Compartimento de Relevo
Montanhas
Morros
Colinas
Rampas colúviais
Planície colúvio aluvionar
Planície fluvial

Processo
Deslizamento planar
Fluxo de detritos
Queda de blocos

Classes
Muito alto - P4
Alto - P3
Médio - P2
Baixo - P1



Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Zona 22S - Meridiano Central: 51° W. Gr.
Acrescida das constantes: 500 km (E) e 10.000 (N)
Datum Horizontal - SIRGAS2000
Datum Vertical Marégrafo de Imbituba - SC

Fontes dos Dados
Base Cartográfica - IBGE/EPAGRI 1:50.000.
Limites administrativos: SPG - Malha Municipal Digital 2018
Geomorfologia: Adaptado a partir das Ortofotos de composição colorida - SDS/2012
Escala: 1:10.000 - SDS/2012.

Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 22S

Escala - 1:15.000

ELABORAÇÃO: Edna Lindaura Luiz e Humberto Alves da Silva
Edição: Anderson Pace e Jéssica Vasconcelos

Data: Setembro/2019



