

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA

RURIK RODRIGUES

ANÁLISE DOS FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A CLASSIFICAÇÃO DE RISCOS
GEOLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA NA CIDADE DE JOINVILLE/SC

Joinville

2021

RURIK RODRIGUES

ANÁLISE DOS FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A CLASSIFICAÇÃO DE RISCOS
GEOLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA NA CIDADE DE JOINVILLE/SC

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel no Curso de
Graduação em Engenharia Civil de
Infraestrutura do Centro Tecnológico de
Joinville da Universidade Federal de Santa
Catarina.

Orientador(a): Dr(a). Helena Paula Nierwinski

Joinville

2021

RURIK RODRIGUES

ANÁLISE DOS FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A CLASSIFICAÇÃO DE RISCOS
GEOLÓGICOS E MOVIMENTOS DE MASSA NA CIDADE DE JOINVILLE/SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 06 de maio de 2021.

Banca Examinadora:

Professora Doutora Helena Paula Nierwinski
Orientadora/Presidente

Professora Doutora Simone Malutta
Universidade Federal de Santa Catarina

Mestre em Engenharia Wiviam Nereida Silveira
Defesa Civil de Joinville

Dedico este trabalho às vítimas de desastres naturais

AGRADECIMENTOS

Jesus Cristo, meu salvador merece toda a gratidão que cabe no meu coração, pois quando clamei Ele me ouviu, deu-me força, coragem, visão e disposição, nos momentos de fraqueza manifestou seu poder e graça sobre mim, nos momentos de escuridão e trevas fez Sua luz brilhar para que eu não esquecesse que em todo tempo estava comigo.

Aos meus pais Ademar e Maristela que desde a minha concepção não mediram esforços para que eu chegasse ao fim da graduação, abriram mão de seus bem-estares para que eu pudesse seguir em frente. Essa conquista pertence a eles.

Aos meus irmãos Rian e Bruna aos quais sempre pude contar.

Agradeço especialmente aos meus irmãos e irmãs de alma, amigos da infância, adolescência, vida adulta, da universidade ao estágio. Pessoas fundamentais que dia após dia me davam palavras de motivação e ânimo, compartilharam alegrias e risadas quando eu mais precisava, demonstrando companheirismo e fidelidade. Mayara, Débora, Felipe Arthur, Fernanda, Thays e Bianca, obrigado por todos os momentos que passamos juntos. Ana Karolina, Ana Paula, Karine, Leandro, Bruna Tavares, sou muito grato por ter trilhado esse caminho ao lado de vocês junto à UFSC.

Aos servidores públicos da SEPUD e SEPROT que contribuíram com seus ensinamentos e ideias, registro aqui meu reconhecimento e gratidão.

Ao meu namorado Diogo pelo seu amor, carinho e paciência, por ter cuidado de mim no período mais difícil da graduação e da pandemia devido à COVID-19.

À minha Orientadora Professora Doutora Helena Paula Nierwinski, obrigado por dar importância e contribuição para este trabalho, sua parceria foi fundamental.

Por fim, agradeço a comunidade LGBTQIA+! Que outras histórias de superação e desconstrução aconteçam dentro dos cursos de engenharias.

RESUMO

O avanço da ocupação urbana em áreas de risco é um tema importante em cidades que sofrem com as dinâmicas climatológicas. No Brasil os altos índices de precipitação desencadeiam movimentos de massa, agentes principais dos desastres naturais no país. Joinville em Santa Catarina, é uma cidade que apresenta diversas ocorrências por deslizamentos, fenômenos que contribuem para a classificação de riscos geológicos. A Defesa Civil do município atuou fortemente no início de 2021 após fortes chuvas causarem prejuízos à população e ao poder público. Por isso, este trabalho visa contribuir com análises e estudos sobre esse tema tão relevante da área de gerenciamento de riscos, a partir da coleta de dados do SIMGeo, da EPAGRI, dos registros da Defesa Civil e manipulação das ferramentas de geoprocessamento no QGIS, sendo possível fazer um levantamento de como esses processos tão danosos se comportam na área urbana de Joinville. Os 62 riscos geológicos foram georreferenciados e inseridos em planilha para que as análises quanto à pedologia, declividade, hidrografia e pluviometria pudessem ser quantificadas, sendo possível observar o comportamento dos graus de riscos classificados nas situações mais críticas de cada fator. Pode-se observar um elevado registro nos dois principais morros da cidade: Boa Vista e Finder, logo foi calculada quantas edificações sofrem influência e qual a população estimada e vulnerável no entorno. Ao final das análises foram apresentadas algumas medidas de intervenção que podem funcionar como medidas mitigadoras nas áreas de risco já ocupadas.

Palavras-chave: Movimentos de Massa. Gerenciamento de Riscos. Geoprocessamento.

ABSTRACT

The advance of urbanization in risk areas is an important issue in cities that suffer from climatic dynamics. In Brazil, high levels of precipitation are the fuel to landslides, the main agents of natural disasters in the country. Joinville in Santa Catarina, is a city that presents several occurrences due to landslides, phenomena that contribute to the classification of geological risks. The City Civil Protection acted strongly in the beginning of 2021 after heavy rains caused damage to the population and the public authorities. Therefore, this research aims to contribute with analyzes and studies on this very relevant topic in the risk management area, from the data collection of SIMGeo, EPAGRI, Civil Protection records and manipulation of geoprocessing tools in QGIS, it is possible to make a survey of how these so damaging processes present in the urban area of Joinville. The 62 geological risks were first georeferenced and inserted in a spreadsheet so that the analysis of pedology, slope, hydrography and rainfall could be quantified, making it possible to observe the behavior of the levels of risk classified in the most critical situations of each factor. It is possible to observe a high record in the two main hills of the city: Boa Vista and Finder, so it was calculated how many buildings are influenced and what is the estimated and vulnerable population in the surroundings. At the end of the analysis, some intervention measures were presented that can act as mitigating measures in the risk areas already occupied.

Keywords: Landslides. Geological Risk Management. Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Movimento de massa do tipo queda	21
Figura 2 - Movimento de massa do tipo tombamento	21
Figura 3 - Movimento de massa do tipo deslizamento rotacional	22
Figura 4 - Movimento de massa do tipo deslizamento translacional ou planar	23
Figura 5 – Movimento de massa do tipo deslizamento em cunha.....	24
Figura 6 - Movimento de massa do tipo espalhamento lateral	25
Figura 7 - Movimento de massa do tipo corrida.....	26
Figura 8 - Classes de solos e simbologia de acordo com o manual de pedologia do IBGE.....	28
Figura 9 - Classes de solos e simbologia de acordo com o manual de pedologia do IBGE.....	29
Figura 10 - Fases da gestão de riscos da Defesa Civil	31
Figura 11 - Sistema de alertas sonoros do Alerta Rio	34
Figura 12 - Esquema básico de implantação de inclinômetro em encostas.....	35
Figura 13 - Equipamentos de instrumentação de um inclinômetro	36
Figura 14 - Esquema de retaludamento com canaletas de drenagem	38
Figura 15 - Arquitetura de um SIG.....	39
Figura 16 - Sobreposição de camadas em um software SIG	40
Figura 17 - Evolução da mancha urbana em Joinville.....	43
Figura 18 - Clima de Santa Catarina	44
Figura 19 - Série histórica das chuvas para Joinville	44
Figura 20 - Pluviograma de 2020 em Joinville.....	45
Figura 21 - Fluxograma de construção da pesquisa	49
Figura 22 - Delimitação do perímetro urbano de Joinville.....	51
Figura 23 - Mapa Litológico do perímetro urbano de Joinville	52
Figura 24 - Mapa pedológico do perímetro urbano de Joinville	54
Figura 25 - Declividades do perímetro urbano de Joinville	56
Figura 26 - Mapa hidrográfico do perímetro urbano de Joinville	57
Figura 27 - Mapa dos riscos geológicos registrados em 2021 na cidade de Joinville.....	59
Figura 28 - Riscos geológicos na cidade de Joinville.....	60
Figura 29 - Número de riscos geológicos quanto à pedologia	61
Figura 30 - Classificação dos riscos quanto ao tipo de solo.....	62
Figura 31 - Número de riscos geológicos quanto à declividade média do setor	63

Figura 32 - Classificação de riscos quanto às declividades médias dos setores.....	64
Figura 33 - Pluviograma do mês de janeiro de 2021	65
Figura 34 - Vistorias realizadas pela Defesa Civil devido aos movimentos de massa.....	66
Figura 35 - Número de riscos geológicos quanto às condições da drenagem superficial	67
Figura 36 - Ocorrências registradas pela Defesa Civil de Joinville em Janeiro de 2021	70
Figura 37 - Raios de 50 metros de abrangência dos riscos geológicos na área analisada	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos movimentos de massa segundo Augusto Filho, 1992	19
Quadro 2 - Classificação dos movimentos de massa por Cruden e Varnes, 1996	20
Quadro 3 - Efeitos causadores de movimentos de massa (Cruden e Varnes, 1996)	27
Quadro 4 - Tipos de Horizonte A	30
Quadro 5 - Descrição dos conceitos sobre gerenciamento de riscos (Defesa Civil de SC)	32
Quadro 6 - Hierarquização dos graus de riscos geológicos	33
Quadro 7 - Obras de estabilização	37
Quadro 8 - Informações da litologia do perímetro urbano de Joinville	53
Quadro 9 - Informações da pedologia do perímetro urbano de Joinville	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de estudo espaciais ao utilizar o SIG.....	39
Tabela 2 - Precipitação diária em Joinville	46
Tabela 3 - Dados das bacias hidrográficas de Joinville.....	58
Tabela 4 - Distância dos locais dos riscos geológicos às feições hidrológicas	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

CCJ – Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira

CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

COR – Centro de Operações do Rio

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville

PMJ – Prefeitura Municipal de Joinville

SIG – Sistema de Informações Georreferenciadas

SIMGeo – Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas de Joinville

SEPROT – Secretaria de Proteção Civil e Segurança Pública

MDT – Modelo Digital do Terreno

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

USGS – United States Geological Survey

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVOS	16
1.1.1. Objetivo Geral	16
1.1.2. Objetivos Específicos	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1. MOVIMENTOS DE MASSA	18
2.1.1. Queda	20
2.1.2. Tombamento	21
2.1.3. Deslizamento	22
2.1.4. Espalhamento Lateral	24
2.1.5. Corrida	25
2.3. EFEITOS CAUSADORES DE MOVIMENTOS DE MASSA	26
2.4. PEDOLOGIA	27
2.5. GERENCIAMENTO DE RISCOS	31
2.5.1 Medidas de prevenção e intervenção	34
2.6. SISTEMA DE INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS.....	38
3. METODOLOGIA	42
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	42
3.2. MATERIAIS PARA ANÁLISES GEORREFERENCIADAS	45
3.1.1. Materiais SIG	45
3.1.2. Dados Pluviométricos	46
3.1.3. Dados da Defesa Civil	47
3.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE	48
4. ANÁLISES E DISCUSSÕES	51
4.1 MAPAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	51
4.1.1. Delimitação da área de estudo	51
4.1.2. Geomorfologia	52
4.1.3. Declividade	55
4.1.4. Hidrografia	57
4.1.5. Mapa de Riscos Geológicos de 2021	58
4.2. ANÁLISES DOS FATORES	60

4.2.1. Riscos geológicos.....	60
4.2.2. Geomorfologia.....	61
4.2.3. Declividade	62
4.2.4. Pluviometria	64
4.2.5. Drenagem Superficial e Hidrografia.....	66
4.2.6. Ocorrências da Defesa Civil em 2021	69
4.3. BAIROS COM MAIOR INCIDÊNCIA DE RISCOS GEOLÓGICOS	70
4.4. SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO.....	72
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
5.1. CONCLUSÕES.....	74
5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	75
5.3. SUGESTÕES PARA A DEFESA CIVIL DE JOINVILLE.....	75
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA A DEFESA CIVIL	81
APÊNDICE B – MAPAS E TABELA GEORREFERENCIADA DOS RISCOS	82

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população e urbanização dos espaços é uma realidade na concepção de um território. Entretanto, o crescimento acelerado e desordenado das cidades estimula a construção de edificações em áreas de risco, que por sua vez carece em segurança, estabilidade e infraestrutura. No Brasil, a soma da ocupação destas áreas aos recorrentes movimentos de massa resulta em problemas que potencializam danos materiais e à vida.

Na última década o Rio de Janeiro registrou o mais grave desastre natural do país. Em 2011, após dias de intensas chuvas, 506 pessoas perderam a vida e cerca de 14 mil ficaram desalojadas na região serrana do estado (EXAME, 2011). Já em Santa Catarina, o pior cenário foi em novembro de 2008, quando fortes chuvas provocaram cerca de 4 mil ocorrências de deslizamentos (G1, 2018). As regiões do Litoral Norte, Vale do Itajaí e Grande Florianópolis foram as mais atingidas e contabilizaram 133 vítimas fatais, além de desabrigar 78 mil pessoas, em 60 municípios (EPAGRI, 2018).

De acordo com o estudo realizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2018), Joinville, a maior cidade do estado de Santa Catarina, contabilizava cerca de 116.736 pessoas vivendo em áreas suscetíveis a enchentes ou deslizamentos. Em 2013, o mapeamento realizado pelo órgão contemplava quase 30 mil moradias expostas às ocorrências de catástrofes.

Recentemente a cidade sofreu novamente com os grandes volumes de chuva no réveillon de 2021, marcado por inúmeros deslizamentos e inundações. A Defesa Civil do município, junto à Prefeitura da cidade, decretou situação de emergência e a população afetada pode utilizar de parte do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço – FGTS, como instrumento de reparação financeiro aos danos sofridos (ND, 2021). A ocupação urbana nas áreas de morrarias e a intensidade de chuvas acima da média mensal foram os fatores principais a contribuir com esses eventos.

A cidade de Joinville possui largo histórico de ocorrências relacionadas ao caráter geológico em sua área urbana. Instrumentos urbanísticos, leis de uso do solo e a ocupação indevida de áreas de risco resultam cada vez mais em danos à população. Com o intuito de minimizar os danos causados por movimentos de massa, é de interesse tanto de moradores quanto do poder público, o mapeamento ou gerenciamento de áreas de risco, bem como, a disponibilidade destas informações como medidas de prevenção.

Com o interesse de contribuir junto à Defesa Civil de Joinville, este trabalho visa realizar estudos e análises da área urbana a partir da realidade dos dados disponibilizados pela

Defesa Civil de ocorrências e de riscos geológicos. Assim será possível avaliar os fatores que contribuem para a ocorrência de movimentações de massa e buscar identificar como os órgãos de proteção civil podem atuar nas áreas mais afetadas.

Esta pesquisa está estruturada da seguinte forma: objetivos gerais e específicos, fundamentação teórica dos temas abordados, materiais e metodologias, caracterização da área de estudo, análises e discussões, medidas de intervenção e ao fim as considerações finais e sugestão de trabalhos futuros.

1.1. OBJETIVOS

Para discutir a problemática a respeito dos fatores que influenciam nos movimentos de massa e classificação de riscos geológicos no município de Joinville-SC, propõe-se neste trabalho os seguintes objetivos.

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar quais são os fatores que contribuem para a classificação de áreas de risco geológico no município de Joinville/SC, apresentando propostas de intervenção para minimizar o número de ocorrências ou danos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Contextualizar e elaborar mapas temáticos do perímetro urbano da cidade de Joinville, a partir dos dados georreferenciados disponíveis na base do SIMGeo da prefeitura municipal;
- Georreferenciar os riscos geológicos registrados pela Defesa Civil em Joinville, no período de janeiro até março de 2021, bem como utilizar as ferramentas do QGIS para a extração de análises;
- Analisar a ocorrência dos riscos geológicos a partir dos dados pedológicos, de declividade média, hidrografia, pluviométricos e classe de risco;
- Gerar um mapa temático de riscos geológicos a partir dos dados georreferenciados utilizados para análise.
- Estimar a população e edificações atingidas nas áreas de risco de maior ocorrência dentro do perímetro urbano;

- Propor medidas de intervenção para a cidade de Joinville para diminuir as ocorrências quanto aos movimentos de massa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será abordada a fundamentação teórica pertinente à construção desta pesquisa, a fim de contribuir para o entendimento da metodologia e resultados ao longo do trabalho, além de conceituar os principais assuntos relacionados ao tema de movimentos de massa e auxílio das ferramentas de geoprocessamento.

A revisão bibliográfica está exposta em subtópicos como: movimentos de massa, classificação de solos quanto à pedologia, gerenciamento de risco, medidas de prevenção e intervenção e auxílio das tecnologias de geoprocessamento para mapeamento.

2.1. MOVIMENTOS DE MASSA

De acordo com Souza *et al.* (2009), os movimentos de massa são processos de movimentação de solos, rochas ou vegetações devido às ações da gravidade. Como este fenômeno é recorrente em áreas urbanizadas, o tema tem chamado a atenção e concentra estudos em diversos países (GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

O Brasil sofre todos os anos com esse problema, a extensão territorial do país, ocupação urbana desordenada, relevo e condições climáticas contribuem fortemente para o agravamento dos danos provocados pelos movimentos de massa (FERNANDES; AMARAL, 1996).

De acordo com Souza *et al.* (2009), as classificações brasileiras dos movimentos podem ser atribuídas aos seguintes autores: Freire (1965), Guidicini & Nieble (1984) e Filho (1992), sendo que este último autor descreveu cada tipo de movimento, como é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos movimentos de massa segundo Augusto Filho, 1992

Tipo	Dinâmica/Geometria/Material
Rastejos	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
Escorregamentos	Poucos planos de deslocamento (externos) Velocidades médias (m/h) a altas (m/s) Pequenos a grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis: <ul style="list-style-type: none"> • Planares – solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; • Circulares – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas <ul style="list-style-type: none"> • 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 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: SOUZA *et al.* (2009)

Uma das classificações mais utilizadas no mundo é a proposta por Cruden e Varnes em 1996, aperfeiçoada após a revisão da proposta de Varnes de 1978 (COUTINHO; SILVA, 2006 *apud* HENRIQUE, 2014). Os tipos de movimentação de massa variam de acordo com o tipo de movimento e do material transportado, como pode ser observado no Quadro 2 e descrito nos itens a seguir.

Quadro 2 - Classificação dos movimentos de massa por Cruden e Varnes, 1996

Tipo		Tipo de Material		
		Rocha	Solo Grosso	Solo Fino
Queda		Queda de blocos	Queda de detritos	Queda de Solo
Tombamento		Tombamento de rocha	Tombamento de detritos	Tombamento de solo
Deslizamento	Rotacional	Deslizamento de rocha	Deslizamento de detritos	Deslizamento de solo
	Translacional			
Espalhamento Lateral		Expansões laterais de rocha	Expansões laterais de detritos	Expansões laterais de solo
Fluxo/Corrida		Movimento lento / Corrida de rocha	Movimento lento / Corrida de detritos	Movimento lento / Corrida de solo

Fonte: COUTINHO; SILVA (2006 *apud* HENRIQUE, 2014)

2.1.1. Queda

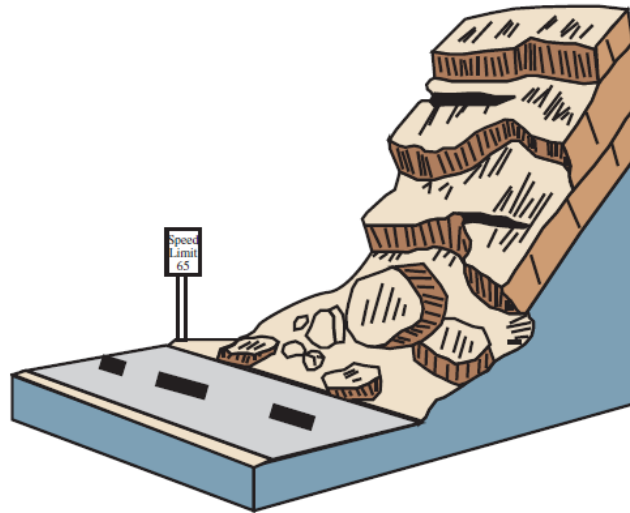
O movimento de queda é caracterizado pelo desprendimento do material rochoso ou de solo, sendo que, geralmente essa falha ocorre quando há descontinuidades no maciço, tais como: fraturas, planos de ruptura e articulações. A ação da gravidade, desgaste mecânico e presença de água no meio intersticial são fortes influenciadores para a ocorrência deste movimento (USGS, 2004).

O maciço geralmente se desprende de encostas muito íngremes ou penhascos e atinge o local de impacto em ângulos inferiores ao local do início do movimento, em alguns casos, a colisão com o terreno inferior resulta em saltos ou desfragmentação do material (USGS, 2008).

As quedas são movimento de massa muito rápidos que podem atingir até 30 metros/segundo a depender do formato da encosta e altura de desprendimento do material (VARNES, 1978 *apud* ARAÚJO, 2004).

A Figura 1 ilustra o movimento de queda.

Figura 1 - Movimento de massa do tipo queda



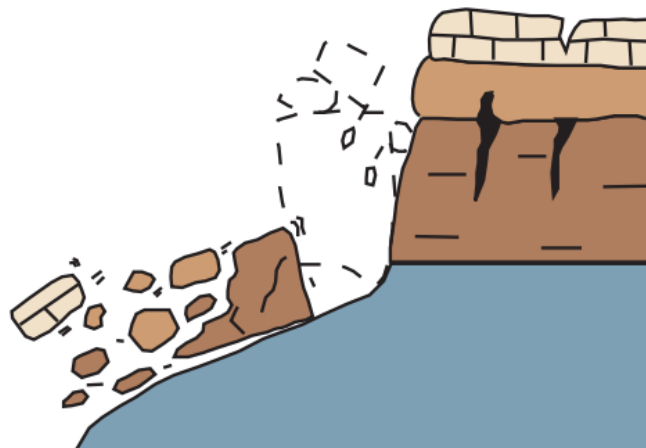
Fonte: (USGS, 2004)

2.1.2. Tombamento

O processo de tombamento é quase semelhante ao processo de queda, porém o maciço não apenas se desprende, mas também gira em torno de um ponto na base ou abaixo do centro de gravidade da massa deslocada (USGS, 2004). Do mesmo modo ao anterior, esses movimentos ocorrem em alta velocidade, principalmente quando a massa percorre uma longa distância. (USGS, 2008).

A Figura 2 demonstra um movimento típico de tombamento.

Figura 2 - Movimento de massa do tipo tombamento



Fonte: (USGS, 2004)

2.1.3. Deslizamento

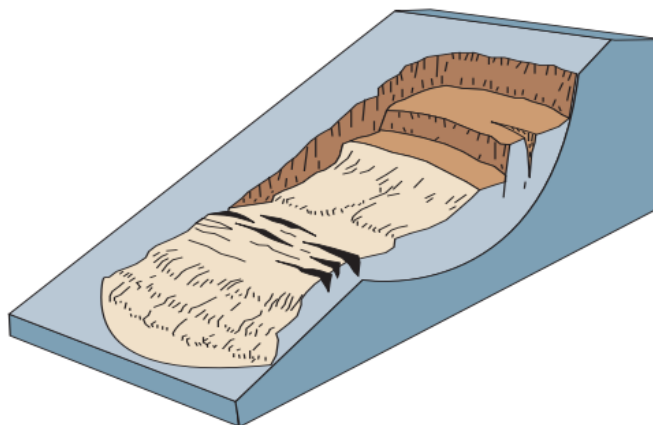
O deslizamento é um tipo de movimento de massa que ocorre predominantemente nas superfícies de ruptura e em zonas finas de intensa tensão cisalhante. O material rompido pode se estender além do plano de ruptura e cobrir a superfície original do terreno (CRUDEN; VARNES, 1996).

Por razão da característica do plano da superfície de ruptura, os deslizamentos podem ser classificados em dois grupos: movimentos de massa rotacionais (ou circulares) e os movimentos translacionais (USGS, 2008).

De acordo com Coutinho *et* Silva (2006 *apud* HENRIQUE, 2014), os movimentos rotacionais ocorrem a partir de uma superfície de ruptura circular, onde há um eixo de rotação imaginário. Este tipo de movimento é mais frequente em regiões com materiais homogêneos e espessos, sendo as chuvas intensas e aumento do nível do lençol freático fatores potenciais para a ocorrência, já que provocam a saturação da maciço. Abalos sísmicos também podem induzir esse fenômeno (USGS, 2008).

A Figura 3 ilustra o deslizamento rotacional.

Figura 3 - Movimento de massa do tipo deslizamento rotacional



Fonte: (USGS, 2008)

Já o deslizamento translacional ou planar apresenta uma superfície de ruptura paralela à declividade do terreno natural e pode se estender a longas distâncias quando a superfície é suficientemente inclinada, o que vai na contra-mão do que é provocado pelo deslizamento rotacional que possui a característica de restaurar o equilíbrio (USGS, 2008).

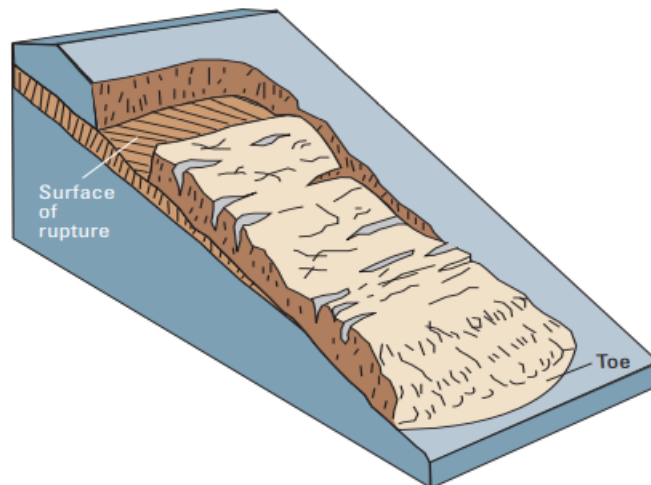
De acordo com Tominaga (2007), os deslizamentos translacionais estão associados às anisotropias presentes no maciço. Geralmente os deslizamentos translacionais representam

descontinuidades mecânicas ou hidrológicas derivadas de processos geológicos, geomorfológicos e pedológicos.

Em comparação com o movimento rotacional, o movimento translacional apresenta em geral, uma superfície de ruptura mais rasa que pode variar de 0,5 metro até 5,0 metros de profundidade (FERNANDES; AMARAL, 1996). É comum que a superfície de ruptura esteja localizada na interface solo-rocha do talude, e por conta disso, chuvas intensas contribuem para que as rupturas ocorram em um curto período de tempo (TOMINAGA, 2007).

A Figura 4 ilustra o deslizamento translacional ou planar.

Figura 4 - Movimento de massa do tipo deslizamento translacional ou planar

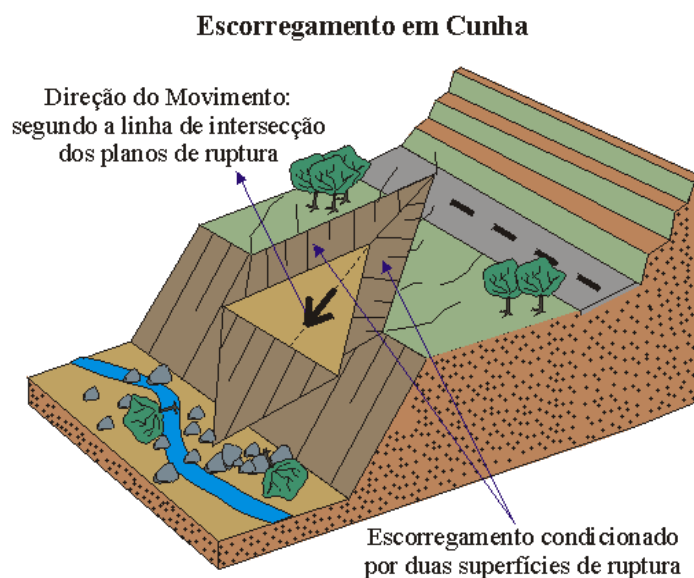


Fonte: (USGS, 2008)

Algumas literaturas descrevem sobre o deslizamento em cunha, comum a solos residuais jovens e maciços rochosos, onde a existência de dois planos de ruptura contribuem para a instabilidade da encosta e desprendem-se em formato semelhante a um prisma (TOMINAGA, 2007). Segundo Carvalho *et al.* (2007), este tipo de deslizamento associa-se aos taludes de corte ou encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento no material, processos erosivos ou movimentos de massa anteriores.

A Figura 5 ilustra o deslizamento em cunha.

Figura 5 – Movimento de massa do tipo deslizamento em cunha



Fonte: INFANTI; FORNASARI (1998 *apud* TOMINAGA, 2007)

2.1.4. Espalhamento Lateral

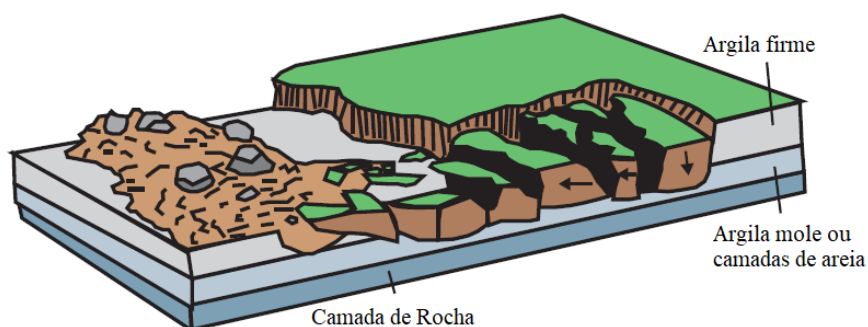
O espalhamento lateral é um tipo de movimento de massa associado à uma extensão de solo coeso ou rochoso em um movimento de subsidência, ou seja, para dentro de um material menos resistente. Tal fenômeno se deve à liquefação da camada subjacente (USGS, 2006).

Estes movimentos são lentos, já que o maciço se desprende da região mais estável e vai de encontro ou apoiando-se sobre a camada mais frágil, sem necessariamente criar uma superfície de ruptura.

A sobrecarga causada por obras de grande porte sobre solos instáveis, saturação das camadas inferiores devido às mudanças do nível do lençol freático, liquefação de argila marinha após distúrbios erosivos às margens do talude e a deformação plástica de materiais instáveis e profundos, são alguns dos mecanismos que provocam este tipo de movimento de massa (USGS, 2008).

A Figura 6 ilustra o movimento de espalhamento lateral.

Figura 6 - Movimento de massa do tipo espalhamento lateral



Fonte: (USGS, 2008)

2.1.5. Corrida

A corrida é um tipo de movimento de massa contínuo de detritos, solo e rocha, aonde superfícies de cisalhamento tem vida curta e não é preservada. Dependendo da quantidade de água, esse tipo de movimento tem comportamento semelhante a um fluido viscoso (USGS, 2008).

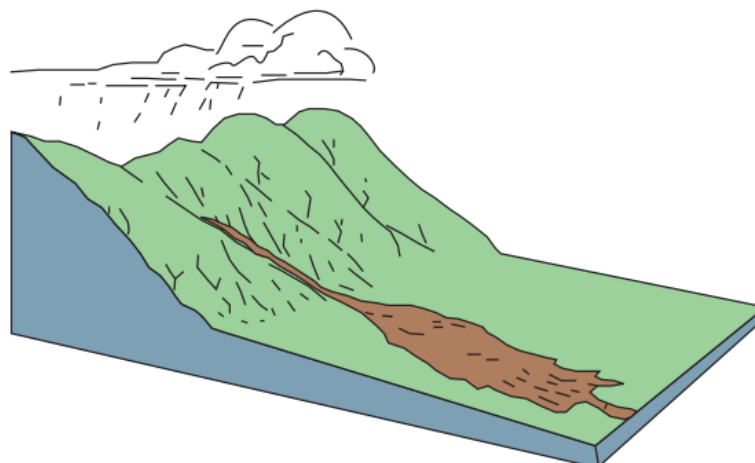
Segundo Lopes (2006), em virtude do grande acúmulo de massa deslocada, esse movimento atinge velocidades elevadas mesmo em áreas relativamente planas. Por conta disso, pode ter consequências destrutivas maiores que outros tipos de movimento de massa, já que pode ser comparado à uma avalanche.

As corridas são consideradas muito destrutivas, pois a alta velocidade de movimento (60 km/h) e o fato de incorporar rochas ou outros detritos, podem mover edificações em seu trajeto e preencher espaços rapidamente com acúmulo de sedimentos e matéria orgânica (USGS, 2008).

De acordo com Henrique (2014), esse tipo de movimento está associado ao vazamento de tubulações provocados pelo homem, desmatamento da vegetação natural e acúmulo de lixo nas encostas. Para o IPT (1987, *apud* LOPES, 2006) outro fator agravante é depósito de sedimentos e barramento natural nas linhas de drenagem.

A Figura 7 ilustra o comportamento das corridas.

Figura 7 - Movimento de massa do tipo corrida



Fonte: (USGS, 2008)

As movimentações de massa podem ser condicionadas a diversos fatores, a depender da situação das particularidades de cada local, quando as forças atuantes no sentido para baixo na encosta superam as forças de estabilidade há as ocorrências de deslizamentos. Quanto às origens dos processos causadores de movimentação de massa no Brasil e a intensidade como que se manifesta, depende de uma série de fatores como: geologia, clima da região, topografia, entre outros. A ocupação urbana em locais inadequados se comporta como um agravante antropológico.

2.3. EFEITOS CAUSADORES DE MOVIMENTOS DE MASSA

As encostas ou taludes são regidos por suas condições de estabilidade e harmonia dos materiais presentes no terreno. A instabilidade por ser explicada por uma série de agentes causadores e esses podem ter origem geológica, morfológica, físicas e antropológicas, como foi proposto por Cruden e Varnes em 1996 (HENRIQUE, 2014).

O Quadro 3 descreve as causas e características de cada uma das origens mencionadas.

Quadro 3 - Efeitos causadores de movimentos de massa (Cruden e Varnes, 1996)

Origem	Características ou agentes causadores
Geológica	Materiais enfraquecidos, alterados ou intemperizados Materiais sensíveis, cisalhados, fraturados ou fissurados Massa descontínua orientada adversamente (estratificação, xistosidade etc.) Estrutura descontínua orientada adversamente (falha, contato, em conformidade etc.) Contrastes na permeabilidade Contrastes na dureza (material denso sobre material plástico)
Morfológica	Tectonismo ou vulcanismo Todos os tipos de erosão Carregamento no topo ou na base do talude
Física	Chuvas intensas Derretimento rápido de neve Precipitação excepcional prolongada Terremoto Erupção vulcânica Descongelamento Intemperismo/desgaste devido ao congelamento e descongelamento Intemperismo/desgaste devido à contração e inchamento
Antropológica	Escavação (no talude ou na base) Carregamento (do talude ou da sua crista) Rebaixamento de reservatórios Desmatamento Irrigação Mineração Vibração artificial Vazamentos de águas servidas

Fonte: COUTINHO; SILVA (2006 *apud* HENRIQUE, 2014)

De acordo com Camarinha (2016), dentre os eventos físicos e meteorológicos que mais impactam no Brasil, a precipitação é o mais preocupante, visto que esse se desenvolve e desloca-se rapidamente e agrava as inundações e movimentos de terra, sendo esses os dois processos que mais causam morte de pessoas no país. Vedovello e Macedo (2007 *apud* HENRIQUE, 2014), também reforçam que devido às condições climáticas e geológicas do Brasil, as chuvas intensas são os principais agentes deflagradores dos movimentos de massa.

2.4. PEDOLOGIA

Pedologia é a ciência que estuda os solos, a palavra tem origem grega e é a junção de *pedon* (solo) e *logos* (estudo) (UFRGS, 2016). O solo é um material presente na crosta terrestre

que se forma a partir da decomposição de rochas, esse fenômeno é configurado pela ação de agentes físicos e químicos e potencializados em regiões tropicais (PINTO, 2000).

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2006), classifica os solos de acordo com a coleção de corpos naturais, constituídos de partes sólidas, líquidas, gasosas e formação de materiais minerais e/ou orgânicos, eventualmente modificados por natureza humana. O Manual Técnico de Pedologia, produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007) descreve as classes de solos mostradas nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Classes de solos e simbologia de acordo com o manual de pedologia do IBGE

1) ARGISSOLOS			4) ESPODOSSOLOS			
Subordem	Grande Grupo	Símbolo	Subordem	Grande Grupo	Símbolo	
BRUNO-ACINZENTADO	Alítico	PBACal	HUMILÚVICO	Hidro-hiperespesso	EKg	
ACINZENTADO	Distrocoeso	PACdx		Hidromórfico	EKg	
	Distrófico	PACd		Hiperespesso	EKu	
AMARELO	Eutrófico	PACe	Órtico	EKo		
	Alítico	PAal	FERRILÚVICO	Hidro-hiperespesso	ESgu	
	Alumínico	PAa		Hidromórfico	ESg	
	Distrocoeso	PAdx		Hiperespesso	ESu	
	Distrófico	PAd	Órtico	ESo		
Eutrocoeso	PAex	FERRIHUMILÚVICO	Hidro-hiperespesso	ESKgu		
Eutrófico	PAe		Hidromórfico	ESKg		
VERMELHO	Alítico	PVal	Hiperespesso	ESKu		
	Alumínico	PVa	Órtico	ESKo		
	Ta Distrófico	PVvd	5) GLEISSOLOS			
	Distrófico	PVd	Subordem	Grande Grupo	Símbolo	
	Eutroférrico	PVef	TIOMORFICO	Húmico	GJh	
Eutrófico	PVe	Órtico	GJo			
VERMELHO-AMARELO	Alítico	PVAal	SÁLICO	Sódico	GZn	
	Alumínico	PVAa		Órtico	GZo	
	Ta Distrófico	PVAvd	MELÂNICO	Carbonático	GMk	
	Distrófico	PVAd		Alítico	GMal	
	Eutrófico	PVAe		Alumínico	GMA	
2) CAMBISSOLOS	Subordem	Grande Grupo		Símbolo	Ta Distrófico	GMvd
	HUMICO	Aluminoférrico		CHaf	Ta Eutrófico	GMve
		Alumínico	CHa	Tb Distrófico	GMbd	
		Distroférrico	CHdf	Tb Eutrófico	GMbe	
		Distrófico	CHd	HÁPLICO	Carbonático	GXk
FLUVICO	Carbonático	CYk	Alítico		GXal	
	Sódico	CYn	Alumínico		GXA	
	Sálico	CYz	Ta Distrófico		GXvd	
	Alumínico	CYa	Ta Eutrófico		GXve	
	Ta Distrófico	CYvd	Tb Distrófico	GXbd		
Ta Eutrófico	CYve	Tb Eutrófico	GXbe			
Tb Distrófico	CYbd	6) LATOSSOLOS				
Tb Eutrófico	CYbe	Subordem	Grande Grupo	Símbolo		
3) CHERNOSSOLOS	RENDZICO	Lítico	BRUNO	Acriférrico	LBvf	
		Órtico		MDI	Acrico	LBw
	EBANICO	Carbonático		MEk	Aluminoférrico	LBaf
		Órtico		MEo	Alumínico	LBa
	ARGILÚVICO	Férrico		MTf	Distroférrico	LBdf
		Carbonático		MTk	Distrófico	LBd
		Órtico		MTo	AMARELO	Acriférrico
	HÁPLICO	Férrico	MXf	Acrico		LW
		Carbonático	MXk	Alumínico		LWa
		Órtico	MXo	Distroférrico		LWdf
		Distroférrico	MXd	Distrocoeso		LWAdx
	Distrófico	MXdf	Distrófico	LWAd		
	Eutrófico	MXe	Eutrófico	LWae		
	VERMELHO-AMARELO	HÁPLICO	Órtico	VERMELHO-AMARELO	Perférrico	LVj
Acriférrico					LVvf	
Acrico					LVw	
Aluminoférrico					LVaf	
Distroférrico					LVdf	
Distrófico					LVd	
Eutroférrico					LVef	
Eutrófico	LVe					
Acriférrico	LVAwf					
Acrico	LVAw					
Alumínico	LVAa					
Distroférrico	LVAdf					
Distrófico	LVAAd					
Eutrófico	LVAe					

Fonte: IBGE (2007)

Figura 9 - Classes de solos e simbologia de acordo com o manual de pedologia do IBGE

7) LUVISSOLOS			10) ORGANOSSOLOS		
Subordem	Grande Grupo	Simbolo	Subordem	Grande Grupo	Simbolo
CRÔMICO	Carbonático	Tck	TIOMÓRFICO	Fibrício	OJfi
	Pálico	TCp		Hêmico	OJy
	Órtico	TCo		Sáprico	OJs
HÁPLICO	Pálico	TXp	FOLICO	Fibrício	OOfi
	Órtico	TXo		Hêmico	OOy
				Sáprico	OOs
8) NEOSSOLOS			HÁPLICO	Fibrício	OXfi
Subordem	Grande Grupo	Simbolo		Hêmico	OXy
				Sáprico	OXs
LITOLICO	Hístico	RLi	11) PLANOSSOLOS		
	Húmico	RLh	Subordem	Grande Grupo	Simbolo
	Carbonático	RLk	NÁTRICO	Carbonático	SNk
	Chernossólico	RLm		Sálico	SNz
	Distro-úmbrico	RLdh		Órtico	SNo
	Distrófico	RLd	HÁPLICO	Carbonático	SXk
	Eutro-úmbrico	RLeh		Sálico	SXz
Eutrófico	RLa	Alítico		SXal	
		Aluminico		SXa	
FLÚVICO	Carbonático	RYk	Eutrófico	SXe	
	Sódico	RYn	Distrófico	SXd	
	Sálico	RYz	12) PLINTOSSOLOS		
	Psamítico	RYq	Subordem	Grande Grupo	Simbolo
	Ta Eutrófico	RYve	PETRICO	Litoplíntico	FFf
Tb Distrófico	RYbd	Concrecionário		FFc	
Tb Eutrófico	RYbe	ARGILUVICO	Alítico	FTal	
REGOLITICO	Húmico		RRh	Aluminico	FTa
	Distro-úmbrico		RRdh	Distrófico	FTd
	Distrófico		RRd	Eutrófico	FTe
	Eutro-úmbrico	RReh	HÁPLICO	Alítico	FXal
Eutrófico	RRe	Aluminico		FXa	
QUARTZARENICO	Hidromórfico	RQg		Ácrico	FXw
	Órtico	RQo		Distrófico	FXd
			Eutrófico	FXe	
9) NITOSSOLOS			13) VERTISSOLOS		
Subordem	Grande Grupo	Simbolo	Subordem	Grande Grupo	Simbolo
BRUNO	Aluminoférrico	NBaf	HIDROMÓRFICO	Carbonático	VGk
	Aluminico	NBa		Sódico	VGn
	Distroférrico	NBdf		Sálico	VGz
VERMELHO	Distrófico	NBd	Órtico	VGo	
	Alítico	NVal	EBANICO	Carbonático	VEk
	Aluminico	NVa		Sódico	VEen
	Distroférrico	NVdf		Órtico	VEo
	Distrófico	NVd	HÁPLICO	Carbonático	VXk
Eutroférrico	NVef	Sódico		VXn	
Eutrófico	NVe	Sálico		VXz	
HÁPLICO	Aluminico	NXa	Órtico	VXo	
	Distrófico	NXd			
	Eutrófico	NXe			

Fonte: IBGE (2007)

A descrição morfológica dos solos inclui a delimitação dos horizontes e camadas, com suas profundidades e espessuras, além das cores, textura, estrutura e consistência. Com o intuito de descrever sobre o diagnóstico da camada superficial, ou também chamada de Horizonte A, o Quadro 4 traz as informações de cada característica associada a esta camada.

Quadro 4 - Tipos de Horizonte A

Horizonte A	Descrição
Antrópico	É um horizonte formado ou modificado pelo uso contínuo do solo pelo homem, como lugar de residência ou cultivo, por períodos prolongados, com adições de material orgânico em mistura ou não com material mineral, ocorrendo às vezes, fragmentos de cerâmicas e restos de ossos e conchas.
Chernozêmico	É um horizonte mineral superficial, relativamente espesso, escuro, com alta saturação por bases, que mesmo após revolvimento superficial atenda às seguintes características: estrutura suficientemente desenvolvida (com agregação e grau de desenvolvimento moderado ou forte) para que o horizonte não seja simultaneamente maciço e, de consistência quando seco, dura ou mais coeso muito dura e extremamente dura).
Fraco	É um horizonte mineral superficial fracamente desenvolvido, seja pelo reduzido teor de colóides minerais ou orgânicos ou por condições externas de clima e vegetação, como as que ocorrem na zona semi-árida com vegetação de caatinga hiperxerófila.
Húmico	É um horizonte mineral superficial, com valor e croma igual ou inferior a 4 para solo úmido, saturação por bases (V%) inferior a 65% e que apresenta espessura e conteúdo de carbono orgânico dentro de limites específicos
Moderado	São incluídos nesta categoria horizontes superficiais que não se enquadram no conjunto das definições dos demais horizontes diagnósticos superficiais. Em geral o horizonte A moderado difere dos horizontes A chernozêmico, proeminente e húmico pela espessura e/ou cor e do horizonte A fraco pelo teor de carbono orgânico e estrutura, não apresentando ainda os requisitos para caracterizar o horizonte hístico ou A antrópico.
Proeminente	As características deste horizonte são comparáveis àquelas do A chernozêmico, no que se refere à cor, teor de carbono orgânico, consistência, estrutura e espessura, diferindo essencialmente, por apresentar saturação por bases (V%) inferior a 65%.
Hístico	Constituído por material orgânico resultante de acumulações de resíduos vegetais, ainda que, no presente, possa encontrar-se recoberto por horizontes ou depósitos minerais ou camadas orgânicas mais recentes. Mesmo após revolvimento da parte superficial do solo, os teores de carbono orgânico continuam atendendo ao critério para material orgânico. Compreende materiais depositados nos solos sob condições de excesso de água (horizonte H), por longos períodos ou todo o ano, ainda que no presente tenham sido artificialmente drenados, bem como materiais depositados em condições de drenagem livre, sem estagnação permanente de água, condicionados pelo clima úmido, como em ambiente altimontano.

Fonte: IBGE (2007)

As condicionantes relacionadas a geomorfologia dos solos, impactam diretamente nas classificações de riscos geológicos.

2.5. GERENCIAMENTO DE RISCOS

Na busca da minimização dos efeitos causados pelos desastres naturais no Brasil, foi instituída através da Lei Federal nº 12.608 de 10 de abril de 2012, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. Este instrumento serve de combate e redução de risco de desastres, e impõe à União, aos Estados, ao Distrito Federal, e aos Municípios as medidas cabíveis e necessárias sobre o tema.

No âmbito municipal, o Artigo 8º da Lei citada anteriormente menciona as atribuições dos municípios, com destaque para: incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal; identificar e mapear as áreas de risco de desastres; promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas; declarar situação de emergência e estado de calamidade pública; vistoriar edificações e áreas de risco, bem como intervir e evacuar a população quando necessário; manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres (BRASIL, 2012).

A Defesa Civil de Santa Catarina descreve três ações diferentes, porém inter-relacionadas que compreendem a gestão de riscos, são elas: prevenção, mitigação e preparação e suas descrições podem ser visualizadas na Figura 10.

Figura 10 - Fases da gestão de riscos da Defesa Civil

PREVENÇÃO	MITIGAÇÃO	PREPARAÇÃO
<p>Medidas e atividades prioritárias destinadas a evitar a instalação de riscos e desastres.</p> <p>Envolvem a identificação, mapeamento e monitoramento de riscos, ameaças e vulnerabilidades, bem como a capacitação da sociedade.</p>	<p>Medidas e atividades imediatamente adotadas para reduzir ou evitar as consequências do risco de desastre.</p>	<p>Medidas desenvolvidas para otimizar as ações de resposta e minimizar os danos e as perdas decorrentes do desastre.</p> <p>Envolvem os planos de contingência, simulações, monitoramento, emissão de alertas e a evacuação da população.</p>

Fonte: SANTA CATARINA (2020)

Com o intuito de descrever os conceitos relacionados aos gerenciamentos de riscos, o Quadro 5 organiza as terminologias e definições utilizadas.

Quadro 5 - Descrição dos conceitos sobre gerenciamento de riscos (Defesa Civil de SC)

Conceito	Definição
Evento	Quando uma situação ou um fato previsto realmente ocorre, ele se torna um evento. São fenômenos da natureza ou causados pela ação antrópica e que, em geral, não causam danos ou prejuízos significativos. Dependendo dos danos e prejuízos causados por esse evento, as suas consequências podem ser graves e neste caso, a ameaça, que se transformou em um evento pela sua gravidade, torna-se um evento adverso.
Ameaça	É um evento em potencial, natural, tecnológico ou de origem antrópica, com elevada possibilidade de causar danos humanos, materiais e ambientais e perdas socioeconômicas públicas e privadas. E segundo a Estratégia Internacional para Redução de Desastres – EIRD da Organização das Nações Unidas – ONU, é um evento físico, potencialmente prejudicial, fenômeno e/ou atividade humana que pode causar a morte e/ou lesões, danos materiais, interrupção de atividade social e econômica ou degradação do meio ambiente. Exemplo: uma chuva intensa, ou deslizamento de terra em uma encosta.
Suscetibilidade	Entendida como a maior ou menor predisposição de ocorrência de um determinado processo em uma área específica, sem considerar os possíveis danos ou prejuízos de recorrência (probabilidade).
Vulnerabilidade	É a exposição socioeconômica ou ambiental de um cenário sujeito à ameaça do impacto de um evento adverso natural, tecnológico ou de origem antrópica. Deste modo, as características locais, sejam elas sociais, econômicas, políticas, ambientais, institucionais, geográficas, entre outras, bem como a exposição, podem criar condições para que o desastre ocorra ou tenha impactos fortes.
Resiliência	É a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade expostos a uma ameaça para resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se de seus efeitos de maneira oportuna, eficaz, o que inclui a preservação e a restauração de suas estruturas e funções básicas

Fonte: SANTA CATARINA (2020)

De acordo com o Henrique (2014), a metodologia de hierarquização dispostas em quatro graus, proposta pelo Ministério das Cidades em parceria com o Instituto Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, tem ótimo engajamento a nível nacional. Essa metodologia de avaliação qualitativa é realizada a partir do preenchimento de fichas cadastrais dos fatores de instabilidade das encostas, e tem-se por objetivo apresentar prioridades de intervenção.

Tominaga (2012) define risco como a possibilidade da ocorrência de um evento e a magnitude de danos ou consequências socioeconômicas sobre um dado elemento ou comunidade. O risco é a relação direta entre ameaça e vulnerabilidade. Em algumas literaturas perigo e ameaça são sinônimos. O Quadro 6 descreve cada grau de risco.

Quadro 6 - Hierarquização dos graus de riscos geológicos

Conceito	Definição
<p>R1 Baixo</p>	<p>Os condicionantes geológico geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos; Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens; É a condição menos crítica; Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano.</p>
<p>R2 Médio</p>	<p>Os condicionantes geológico geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente (s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.</p>
<p>R3 Alto</p>	<p>Os condicionantes geológico geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa se a presença de significativa (s) evidência (s) de instabilidade (trincas no solo, de graus de abatimento em taludes, etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.</p>
<p>R4 Muito Alto</p>	<p>Os condicionantes geológico geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade (trincas no solo, de graus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.</p>

Fonte: BRASIL (2007)

Com base nas classificações de riscos e fichas cadastrais preenchidas pela Defesa Civil, é possível analisar os fatores que contribuem para as movimentações de massa do local caracterizado e levantar medidas de gerenciamento de riscos, como: alerta de ocorrências ou intervenções sugeridas para corrigir e impedir novas ocorrências.

2.5.1 Medidas de prevenção e intervenção

a) Sistema de Alertas

A Defesa Civil de SC já possui um serviço gratuito de envios de mensagens SMS com alertas de riscos de ocorrências de enchente ou movimentação de massa, principalmente quando há incidência de alta pluviosidade.

Após as fortes chuvas que atingiram o Rio de Janeiro no início da década, a gestão para prevenção de desastres enriqueceu o sistema Alerta Rio, que incorpora ações da Defesa Civil da cidade. A implantação de sirenes e alto falantes visa indicar quando a população deve evacuar a área devido aos riscos de deslizamentos.

Os avisos são controlados remotamente pelo Centro de Operações do Rio (COR), no caso de uma possível falha, há treinamento de pessoas da comunidade para acionamento manual, geralmente são pessoas da associação de moradores. (RIO DE JANEIRO, 2016). Há dois tipos de toque, o de estado de alerta e o de evacuação. Quando há incidência de 40 milímetros de chuva a cada hora, a Defesa Civil e o COR definem se as sirenes serão acionadas e devem monitorar o processo de evacuação da área caso necessário. A Figura 29 ilustra o sistema. A Figura 11 - Funcionamento do sistema de alertas sonoros no Rio de Janeiro

Figura 11 - Sistema de alertas sonoros do Alerta Rio



Fonte: RIO DE JANEIRO (2016)

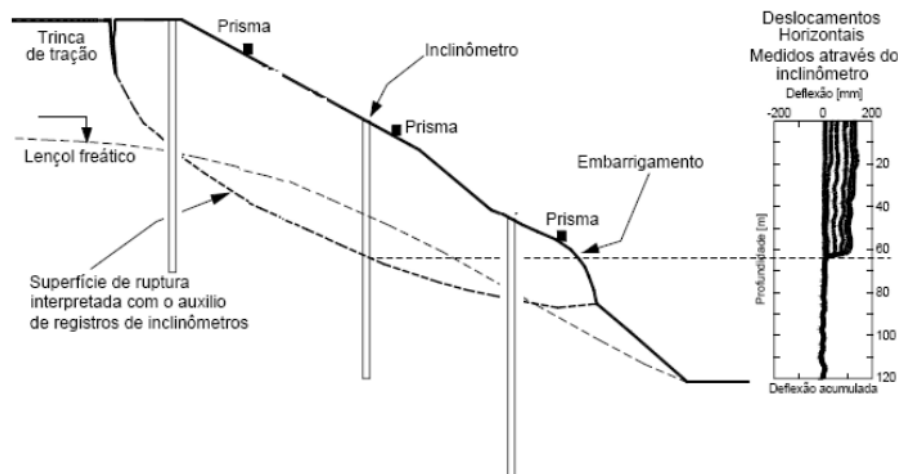
b) Instrumentação

De acordo com o USGS (2008) a detecção imediata de movimentação de terra fornecida por sistemas em tempo real, pode ser vital para salvar vidas humanas, bem como proteger edificações e demais bens materiais.

Para Michaelsen (2011), a instrumentação no campo da geotecnia além de permitir a compreensão da interação solo-estrutura, permite a obtenção de parâmetros iniciais de resistência do solo para direcionar projetos e ainda ilustra as movimentações no terreno.

As ações de instrumentação visam antecipar a magnitude dos problemas e a natureza das eventuais intervenções corretivas (FONTES, 2011). O autor ainda estabelece um modelo básico de instrumentação por inclinômetros e medidas de deslocamento sub-superficiais, como pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12 - Esquema básico de implantação de inclinômetro em encostas



Fonte: Fontes (2011)

No interior dos tubos demonstrados na Figura 30, são inseridos os “torpedos”, que atuam como pêndulos sob ação da gravidade, a partir de acelerômetros as inclinações são enviadas a um equipamento de leitura na superfície. Os equipamentos podem ser visualizados na Figura 13.

Figura 13 - Equipamentos de instrumentação de um inclinômetro



Fonte: Fontes (2011)

Na Figura 31 as indicações 1,2,3 e 4 demonstram respectivamente: o torpedo dotado de sonda e acelerômetro, aparelho de leitura e gravação dos dados, roldana de apoio e por fim o cabo sustentador indicador de profundidade.

c) Obras de Estabilização

O Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife é um documento que contempla uma ótima abordagem sobre estabilização de encostas ocupadas, pois se assemelha a Joinville e aos casos de movimentos de massa da região.

O Quadro 7 descreve as obras de estabilização propostas pelo manual.

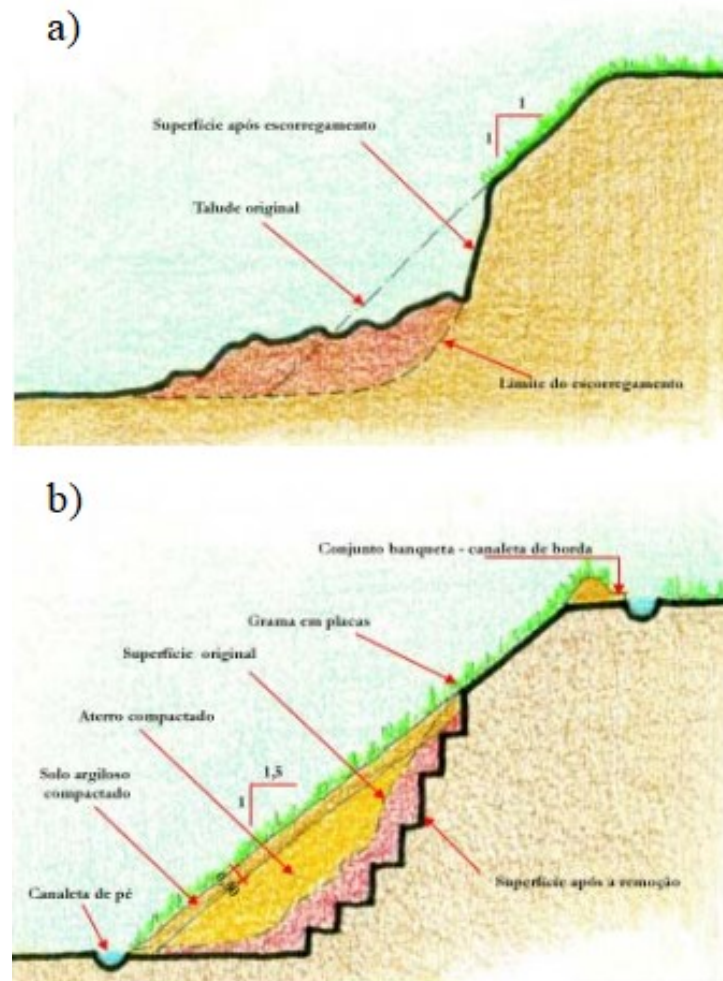
Quadro 7 – Tipos de obras de estabilização de encostas e taludes

Grupo	Subgrupo		Tipo de Obra
Obras sem estrutura de contenção	Retaludamento	Cortes	Taludes contínuo ou escalonado
		Aterro Compactado	Carga de fase de talude (muro de terra)
	Proteção superficial	Materiais naturais	Gramíneas, grama armada com geossintético, vegetação, selagem de fendas com solo argiloso
		Materiais artificiais	Canaleta de borda, de pé e de decida, cimentado, geomanta, geocélula, tela argamassada, pano de pedra ou lajota, alvenaria armada, asfalto, lonas sintéticas
	Estabilização de bloco	Retenção	Tela metálica e tirante
		Remoção	Desmonde
	Obras com estrutura de contenção	Muro de arrimo	Solo cimento
Pedra rachão			Pedra seca
			Alvenaria de pedra
Concreto			Concreto armado
			Concreto ciclópico
Gabião			Gabião-caixa
Bloco de concreto		Bloco de concreto	
Solo-pneu		Solo-pneu	
Outras soluções de contenção		Terra armada	Placa pré-moldada de concreto, ancorada
		Micro-ancoragem	Placa e montade de concreto
	Solo compactado reforçado	Paramento de pré-moldado	
Obras para massas movimentadas	Contenção de massas	Materiais naturais	Barreira vegetal
		Materiais artificiais	Muro de espera

Fonte: PERNAMBUCO (2003)

Uma das propostas de intervenção demonstradas no Quadro 7, é a de proteção superficial com materiais artificiais, como por exemplo a instalação de canaletas de borda, de pé e de decida nos taludes. Essa medida visa redirecionar o fluxo de água a fim de que não haja saturação do maciço. O esquema desse sistema de retaludamento pode ser visualizado na Figura 14.

Figura 14 - Esquema de retaludamento com canaletas de drenagem
 a) encosta após o deslizamento b) situação corrigida.



Fonte: Cunha (1991, *apud* PERNAMBUCO, 2003)

Como ferramenta de prevenção e análises do tema de movimentos de massa, as tecnologias associadas ao mapeamento de informações no âmbito geotécnico estão cada vez mais presentes. O mapeamento das áreas suscetíveis aos movimentos de massa, monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das áreas em risco, são alguns dos temas que podem colaborar para auxílio dos órgãos de proteção civil de todas as esferas governamentais.

2.6. SISTEMA DE INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS

Para uma boa análise sob problemas enfrentados principalmente pela gestão pública, as prefeituras podem fazer uso de ferramentas computacionais para melhor gerir, conhecer e otimizar as diversas malhas e redes que costumam seu território, como por exemplo, o

geoprocessamento, presente cada vez mais para um bom gerenciamento ou planejamento urbano.

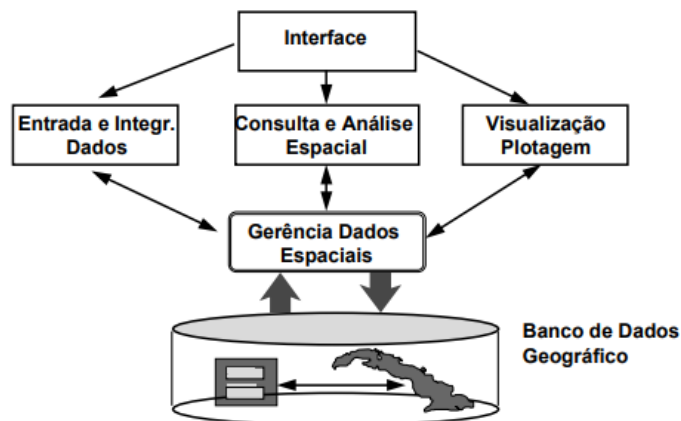
O geoprocessamento é um conjunto de tecnologias que permite coletar e tratar informações de cunho espacial a fim de atender um determinado objetivo. As atividades envolvendo as tarefas do geoprocessamento são gerenciadas por softwares ou sistemas específicos, conhecidos como Sistema de Informações Cartográficas – SIG (HIGASHI, 2002).

Os dados são espacializados e referenciados geograficamente (georreferenciados), destes é possível extrair mapas, análises, simulações e um vasto acervo digital, permitindo assim, gerar e interpretar informações de diversos temas. (SPRING, 2006).

Segundo Aronoff (1989 *apud* FERRAZ; VETORAZZI, 1998), o SIG também é definido em 4 tipos de capacidades de manipulação dos dados georreferenciados: (1) entrada, (2) gerenciamento, (3) manipulação e análise e (4) saída dos dados.

A Figura 15 ilustra a arquitetura de um SIG.

Figura 15 - Arquitetura de um SIG



Fonte: CAMARA *et al.* (2003)

Já a Tabela 1 traz algumas análises espaciais utilizadas e exemplifica a importância do geoprocessamento como forma de auxiliar diversos estudos, pois com uma infinidade de informações, é possível quantificar, qualificar, gerenciar e organizar os dados.

Tabela 1 - Exemplos de estudo espaciais ao utilizar o SIG

(continua)

Análise	Pergunta Geral	Exemplo
Condição	O que está...?	Qual a população desta cidade?
Localização	Onde está...?	Quais as áreas com declividade acima de 20%?
Tendência	O que mudou...?	Esta terra era produtiva há 5 anos atrás?

Tabela 1 - Exemplos de estudo espaciais ao utilizar o SIG

(conclusão)		
Roteamento	Por onde ir...?	Qual o melhor caminho para o metrô?
Padrões	Qual o padrão...?	Qual a distribuição da dengue em Fortaleza?
Modelos	O que acontece se...?	Qual impacto no clima se desmatarmos a Amazônia?

Fonte: SPRING (2006)

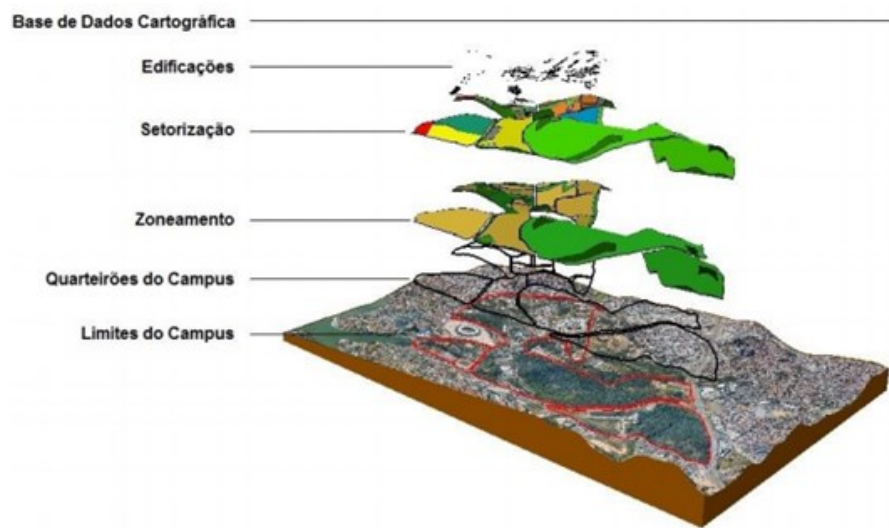
De acordo com Camara *et al.* (2000), os dados alimentados em SIG possuem duas formas básicas de exibição, em formato vetorial e matricial, também chamado de raster.

Os dados vetoriais estão associados às geometrias dos tipos pontos, linhas e polígonos. Segundo Higashi (2006), aos pontos são dadas informações cartográficas no plano x e y, por exemplo. As linhas são conjuntos de pontos conectados para formar feições unidimensionais, já os polígonos criam uma área no plano. Essas geometrias permitem identificar a localização e ocorrências de um determinado agente no espaço, como por exemplo um movimento de massa, sua extensão no território e área atingida, respectivamente.

As matrizes ou dados *raster* utilizam de uma grade regular sobre a qual se representa célula a célula o elemento caracterizado, nesta representação o espaço pode ser tratado como uma superfície onde cada célula é uma pequena porção do terreno, formado geralmente por *pixels*. (HIGASHI, 2006).

A Figura 16 ilustra a sobreposição das diferentes camadas ou *layers* em um ambiente SIG.

Figura 16 - Sobreposição de camadas em um software SIG



Fonte: CAVALCANTE (2015)

Através das técnicas e diversas ferramentas de análises, a localização e representação das informações sobre a divisão política, aspectos naturais e geográficos e atividades antrópicas, várias áreas podem usar suas técnicas para auxiliar a tomada de decisão, como: agricultura, saúde, educação, e as diversas atividades da gestão pública.

Para a área da geotecnia, Higashi (2006) comenta que as ferramentas SIG para o mapeamento geotécnico proporcionam a elaboração de mapas temáticos, cartografia geotécnica, modelagens para identificação de áreas de risco, gerenciamento ambiental e possibilitar diversas outras análises como sistema de apoio para tomadas de decisões.

No Brasil, o pioneirismo do mapeamento geotécnico no país foi em 1907, após a confecção do primeiro documento de geologia aplicados às obras de engenharia do prolongamento da estrada de ferro do nordeste (HIGASHI, 2002).

Para quando se deseja mapear as áreas de suscetibilidade a movimentação de massa no sul do Brasil, utiliza-se a metodologia proposta por Davison Dias em 1995, que contempla a realidade dos solos brasileiros. Esta metodologia foi usada, por exemplo, para mapear as áreas suscetíveis a movimentos de massa por Souza (2015) na região da bacia do rio Camboriú, por Guessser (2013) na cidade de Antônio Carlos e por Monteiro (2016) na bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição em Florianópolis.

3. METODOLOGIA

Esta seção contempla informações do local de estudo (cidade de Joinville-SC) e dados que foram utilizados na pesquisa e de onde puderam ser extraídos. Na sequência será explicado como foi construída a metodologia do trabalho.

3.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A cidade de Joinville está localizada no litoral norte do estado de Santa Catarina, mais precisamente na longitude Oeste $48^{\circ}50'38''$ e latitude sul $26^{\circ}18'05''$, banhada pela Baía da Babilonga ao leste e ao oeste confrontada com um trecho da cadeia de montanhas da Serra do Mar.

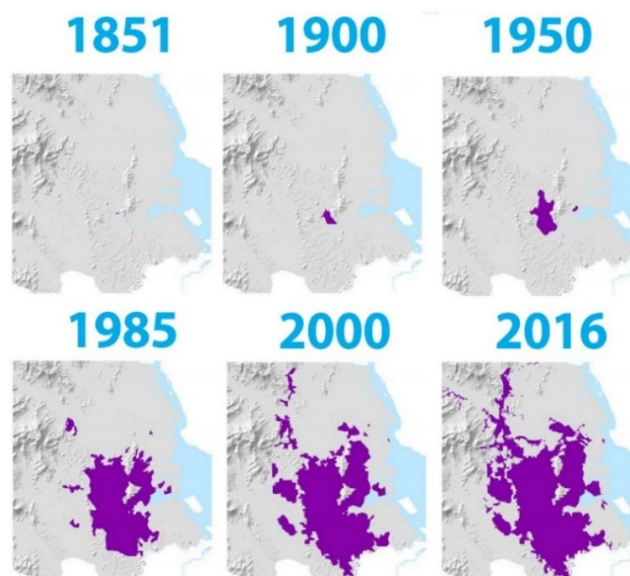
A área total do município é de 1.127,96 km², sendo que o perímetro urbano, local escolhido para o estudo, ocupa uma área total de 212,52 km², cerca de 18,84% da área total. O perímetro urbano de Joinville contempla um total de 43 bairros, distribuídos ao longo de 8 regiões: Pirabeiraba, Nordeste, Leste, Sul, Oeste, Sudeste, Sudoeste e Centro-Norte (JOINVILLE, 2020).

De acordo com o último censo do IBGE, realizado em 2010, a população de Joinville era de 515.288 habitantes, com uma densidade demográfica de 457,58 habitantes/km². Estima-se que população atual do município é de 597.658 habitantes (IBGE, 2020).

A primeira delimitação do território do município foi instituída em 1866, mas o crescimento da cidade e evolução da mancha urbana em todo o tempo, pode ser diretamente vinculada à expansão da economia industrial (JOINVILLE, 2020).

A Figura 17 ilustra a evolução da ocupação urbana em Joinville.

Figura 17 - Evolução da mancha urbana em Joinville



Fonte: Adaptado de Joinville (2020)

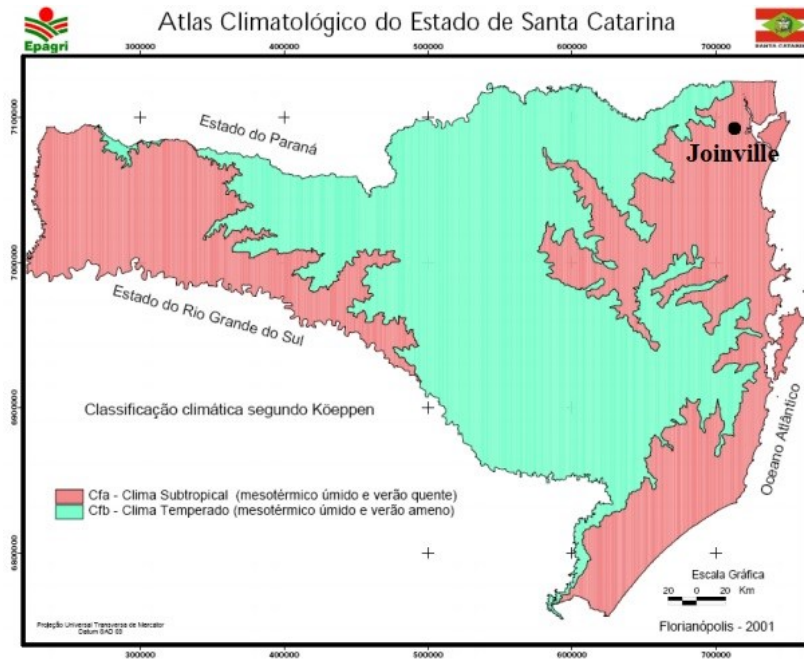
De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville - PMSB (2010), a município está localizado entre o Planalto e a Planície Flúvio-Marinha. Por conta disso, o município possui as maiores altitudes na região oeste e se aproxima do nível do mar a leste. O ponto mais alto é o pico da Serra Queimada a 1.325 metros de altitude (Joinville, 2020). Já no perímetro urbano, o pico do Morro do Boa Vista está a 225 metros de altitude.

De acordo com as informações dispostas na revista eletrônica anual Joinville Cidade em Dados (2020), a distribuição dos solos está vinculada a particularidade do relevo, divididas em Terras Altas e Terras Baixas. Nas Terras Altas ocorre a predominância de solos argissolos amarelos, neossolos litólicos e cambissolos háplicos, originados de rochas cristalinas, já nas Terras Baixas, predominante dentro do perímetro urbano, há a predominância de material sedimentar dos depósitos aluvionares, com destaque para o Solo Indiscriminado de Manguezal, nos estuários e as margens da Baía da Babitonga.

De acordo com Maia *et al.* (2013), Joinville possui 7 bacias hidrográficas, que proporcionam um grande potencial hídrico ao município, por conta do relevo, condições climáticas e da vegetação.

De acordo com a classificação de Köppen, Joinville apresenta a condição climática do tipo subtropical mesotérmico e úmido de verão quente (Cfa), já a umidade trazida do oceano atlântico e o relevo próximo a Serra do Mar, intensificam a condensação e precipitação orográfica (BARBOSA, 2009). A Figura 18 caracteriza o clima predominante em SC.

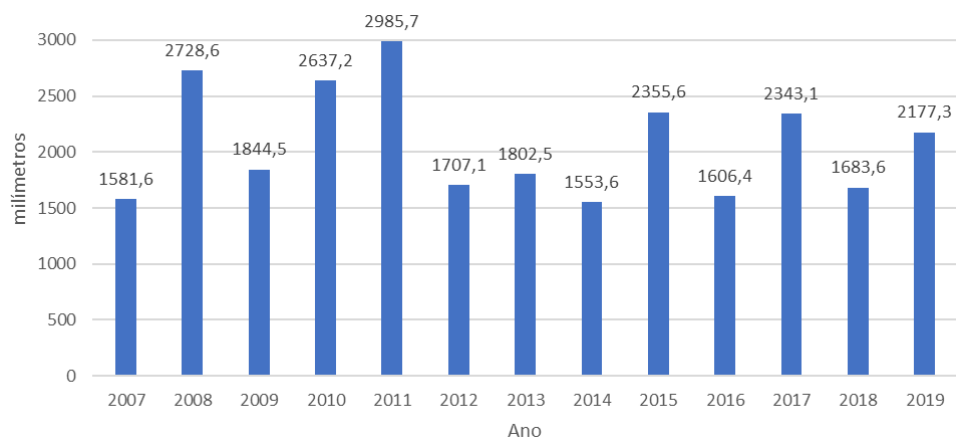
Figura 18 - Clima de Santa Catarina



Fonte: Adaptado de SANTA CATARINA *apud* BARBOSA (2009)

Joinville se destaca por ser uma cidade com elevados índices pluviométricos, por conta da condição regional já mencionada anteriormente. A Agência Nacional das Águas – ANA disponibiliza os dados de chuva, através da estação meteorológica “Joinville (RVPS)” de código 2648014, pode ser elaborado um pluviograma. Na Figura 19 pode ser visualizado o pluviograma anual de chuvas de 2006 até 2019.

Figura 19 - Série histórica das chuvas para Joinville



Fonte: Adaptado de ANA (2021)

Para o ano de 2020 o Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira – CCJ disponibiliza o pluviograma mensal. A Figura 20 mostra acumulados mensais (linha vermelha), bem como a quantidade de dias chuvosos para cada mês.

Figura 20 - Pluviograma de 2020 em Joinville



Fonte: CCJ (2020)

Com o intuito de caracterizar a área de estudo de forma a analisar os fatores que contribuem para os eventos de movimentação de massa, o próximo subcapítulo descreve os materiais obtidos e metodologias para construir os mapas de Joinville contemplando a geomorfologia (como litologia e pedologia), declividade, hidrografia e georreferenciamento dos riscos geológicos de 2021.

3.2. MATERIAIS PARA ANÁLISES GEORREFERENCIADAS

3.1.1. Materiais SIG

Os materiais selecionados para o estudo deste trabalho podem ser encontrados no site da Prefeitura Municipal de Joinville – PMJ, no Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas – SIMGeo, que dispõe de uma base de variadas informações. Estas informações estão disponíveis em formato *shape*, sendo que as principais para o estudo de movimentação de massa e caracterização da área de estudo são:

- Curvas de nível (altimetria);
- Modelo Digital do Terreno – MDT;

- Pedologia;
- Litologia;
- Limites;
- Levantamento Hidrográfico;
- Malha Fundiária;
- Edificações.

3.1.2. Dados Pluviométricos

Para utilização dos dados pluviométricos, optou-se por escolher as informações disponibilizadas pelo site do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina – CIRAM, vinculado à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI. Os dados são fornecidos de forma diária e *on-line*, através da plataforma AgroConnect, a estação meteorológica encontra-se na área rural de Joinville, próxima ao bairro Morro do Meio.

A Tabela 2 lista o acumulado de chuvas em Joinville na estação localizada na área rural ao leste do bairro Morro do Meio, de 1 de janeiro de 2021 à 22 de março de 2021.

Tabela 2 - Precipitação diária em Joinville

(continua)

Precipitação Mensal (mm)			
Dia	Janeiro	Fevereiro	Março
1	59.4	10.4	128.0
2	1.4	0.6	1.2
3	10.0	0.0	4.8
4	0.4	3.4	2.4
5	54.0	0.0	7.6
6	15.2	0.0	1.8
7	62.8	0.0	3.4
8	1.6	5.6	0.6
9	29.8	0.0	4.0
10	16.0	15.0	0.0
11	8.0	31.2	0.0
12	5.2	6.0	2.4
13	14.0	16.0	0.8
14	15.8	15.0	46.4
15	11.2	23.0	1.0

Tabela 2 - Precipitação diária em Joinville
(conclusão)

16	8.6	2.2	0.0
17	3.0	0.2	12.0
18	62.2	0.0	4.2
19	38.6	0.0	3.8
20	18.0	1.4	1.4
21	59.4	0.0	0.0
22	75.2	0.0	0.2
23	1.4	0.0	
24	2.0	0.0	
25	3.2	0.2	
26	1.2	16.4	
27	7.2	82.4	
28	37.2	107.0	
29	3.8		
30	0.2		
31	0.2		
Total	626.2	336.0	226.0

Fonte: EPAGRI (2021)

3.1.3. Dados da Defesa Civil

A Defesa Civil de Joinville registrou em 2021, um total de 62 pontos de risco geológico (período até 15 de março). O documento disponibilizado para esta pesquisa contempla a localização exata dos movimentos de massa, com coordenadas geográficas, além de possuir informações dos fatores que contribuem para o risco, como:

- Situação da encosta;
- Declividade média do setor;
- Material predominante;
- Concentração de água;
- Situação de drenagem;
- Vegetação;
- Evidências de movimentação;
- Tipo de movimentação;
- Grau do risco.

De acordo com a Defesa Civil, os riscos geológicos apresentados no documento são identificados a partir de uma vistoria no local, que é realizada a partir da ocorrência registrada pelo morador da área. As informações sobre todas as ocorrências recebidas de janeiro e fevereiro, também foi disponibilizada. As ocorrências se referem basicamente aos seguintes eventos vistoriados pelo corpo técnico:

- Movimentos de terra;
- Quedas de árvore;
- Alagamentos;
- Patologias das construções.

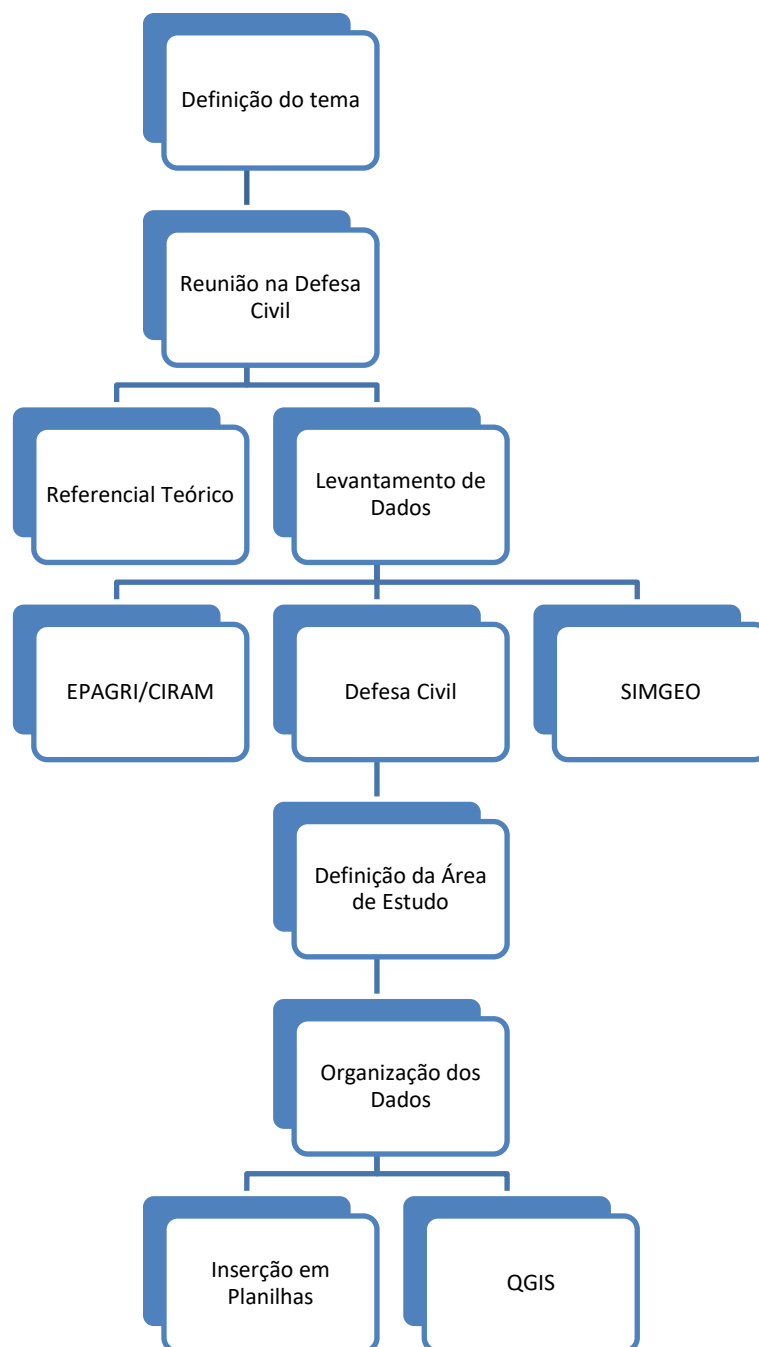
3.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE

É importante ressaltar que para a concepção e construção deste trabalho, foi realizada uma reunião com a presença de dois profissionais da Defesa Civil de Joinville, encontro este realizado na sede da Secretaria de Proteção Civil e Segurança Pública – SEPROT. O objetivo da reunião foi colher informações e dados para auxiliar no desenvolvimento desta pesquisa. Previamente a reunião, foi elaborado um questionário com 13 perguntas abertas sobre o tema: Movimento de massa em Joinville. O questionário pode ser visualizado no Apêndice A.

As análises se darão por conta de manipular os dados conhecidos e extrair informações quantitativas e ilustrativas em formas de mapas, gráficos e planilhas, podendo-se interpretar o comportamento dos riscos geológicos na área urbana de Joinville, bem como conhecer os impactos negativos à população e ao ambiente inserido. O Software utilizado para manipular os dados SIG foi o QGIS 2.14.

A Figura 21 ilustra a organização da pesquisa em forma de fluxograma.

Figura 21 - Fluxograma de construção da pesquisa



Fonte: Autor (2021)

Após a reunião com a Defesa Civil, foi requerido o relatório de riscos geológicos identificados em Joinville elaborado pelo próprio órgão (documento citado no item 3.1.3).

Os dados do documento foram transferidos para uma planilha em Excel e posteriormente importados dentro do QGIS, já que possuíam coordenadas geográficas. Os 62 riscos geológicos então puderam ser espacializados dentro do município de Joinville. A planilha com as coordenadas encontra-se no Apêndice B.

Com as ferramentas de geoprocessamento no QGIS, além de elaborar material cartográfico, como será apresentado no capítulo 4, foi possível obter as informações através do cruzamento das camadas *shape* disponibilizadas no SIMGeo. Estas informações espaciais retornaram informações que contemplam a análise. Desta forma, permitem compreender o comportamento das ocorrências dos riscos geológicos quanto à litologia, pedologia, declividade, hidrografia. É o que será observado no próximo capítulo.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão demonstradas as análises descritas nos objetivos específicos deste trabalho. Em formato de mapas e gráficos, será possível analisar o comportamento dos riscos geológicos em Joinville em relação aos fatores que contribuem para o acontecimento do evento. Os mapas expostos nesse capítulo, também estão presentes no Apêndice B.

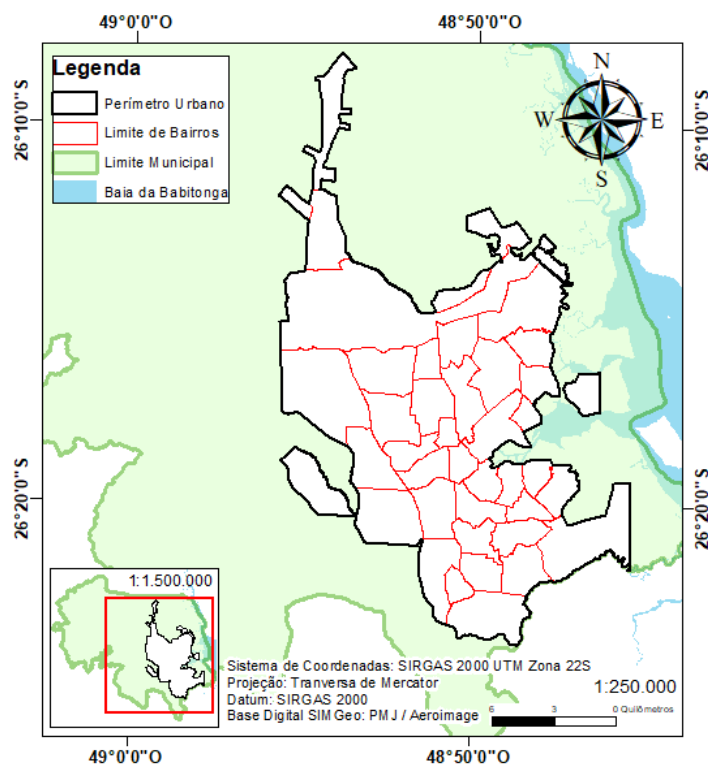
4.1 MAPAS DA ÁREA DE ESTUDO

Os mapas inseridos nesse subcapítulo foram gerados no software QGIS, cada um de acordo com sua temática e dados expostos no item 3.1.1.

4.1.1. Delimitação da área de estudo

Através das camadas disponíveis na pasta “limites” do SimGEO, é possível gerar o mapa da área urbana de Joinville que pode ser visualizada na Figura 22.

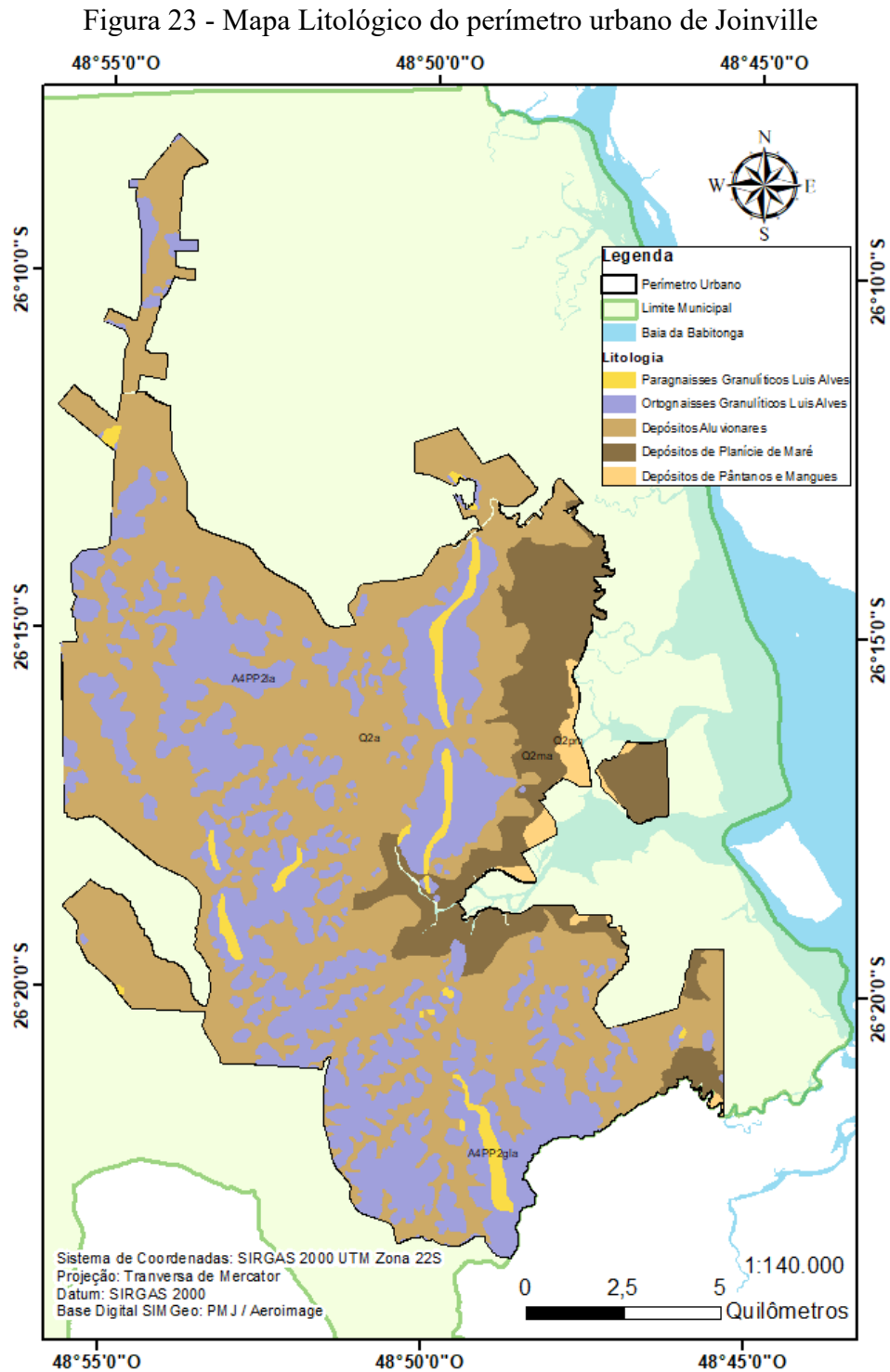
Figura 22 - Delimitação do perímetro urbano de Joinville



Fonte: Autor (2021)

4.1.2. Geomorfologia

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, através do Serviço Geológico do Brasil, disponibiliza uma base de dados sobre a litologia do estado de Santa Catarina, o mapa da área de estudo em relação a litologia pode ser visualizado na Figura 23.



Fonte: Autor (2021)

De acordo com o mapa de litologia, pode-se encontrar 5 unidades no perímetro urbano de Joinville, as características das coberturas segundo o CPRM estão descritas no Quadro 8, que contém também, as respectivas áreas e porcentagem em relação ao entorno:

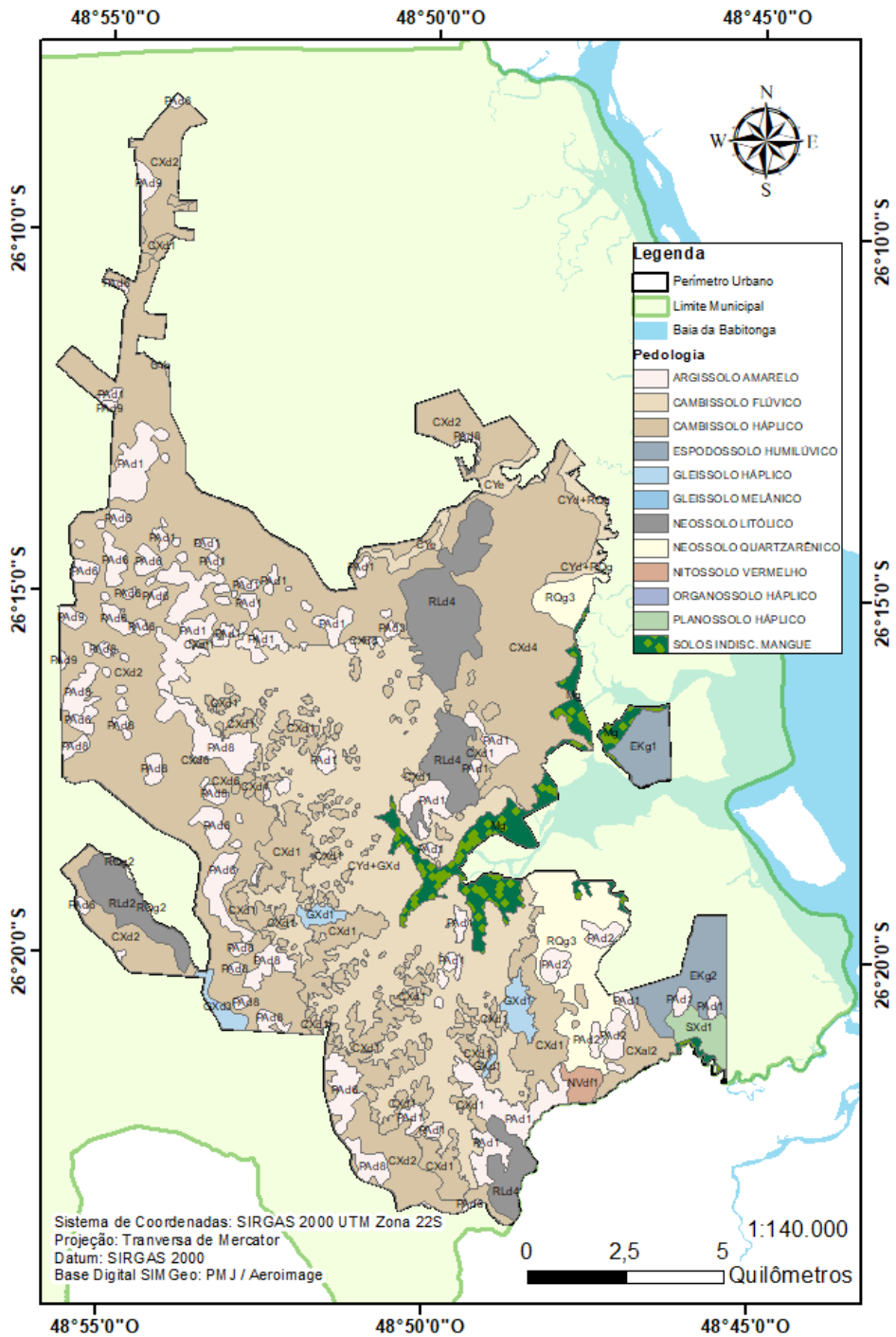
Quadro 8 - Informações da litologia do perímetro urbano de Joinville

Unidade litológica	Sigla	Descrição	Área (km ²)	Percentual (%)
Paragnaisses Granulíticos Luis Alves	A4PP2gla	Metassedimentos representados por lentes de quartzitos a fuchsitita, formações ferríferas, gnaisses, kinzigíticos e calcissilicatados subordinados	4,36	2,06
Ortognaisses Granulíticos Luis Alves	A4PP2la	Gnaisses enderbíticos, charnoenderbíticos e trondhjemitos com enclaves máficos de gabronoritos, piroxenitos e hornblenditos	67,24	31,72
Depósitos Aluvionares	Q2a	Areais grossas a finas, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos, em calhas de rios e planícies de inundação	114,30	53,92
Depósitos de Planície de Maré	Q2ma	Areias quartzosas e siltico-argilosas, mal selecionadas, cores cinza a creme, ricas em matéria orgânica, retrabalhadas pela ação das marés acima do nível dos mangues atuais	23,73	11,19
Depósitos de Pântanos e Mangues	Q2pm	Sedimentos argilo-arenosos, mal selecionados, ricos em matéria orgânica, depositados em ambientes sob influência de marés	2,18	1,03

Fonte: Autor (2021)

Já a Figura 24 mostra a o mapa de solos quanto à classificação pedológica na área de estudo.

Figura 24 - Mapa pedológico do perímetro urbano de Joinville



Fonte: Autor (2021)

O Quadro 9 descreve as informações e características quanto à pedologia dos solos encontrados na área de estudo.

Quadro 9 - Informações da pedologia do perímetro urbano de Joinville

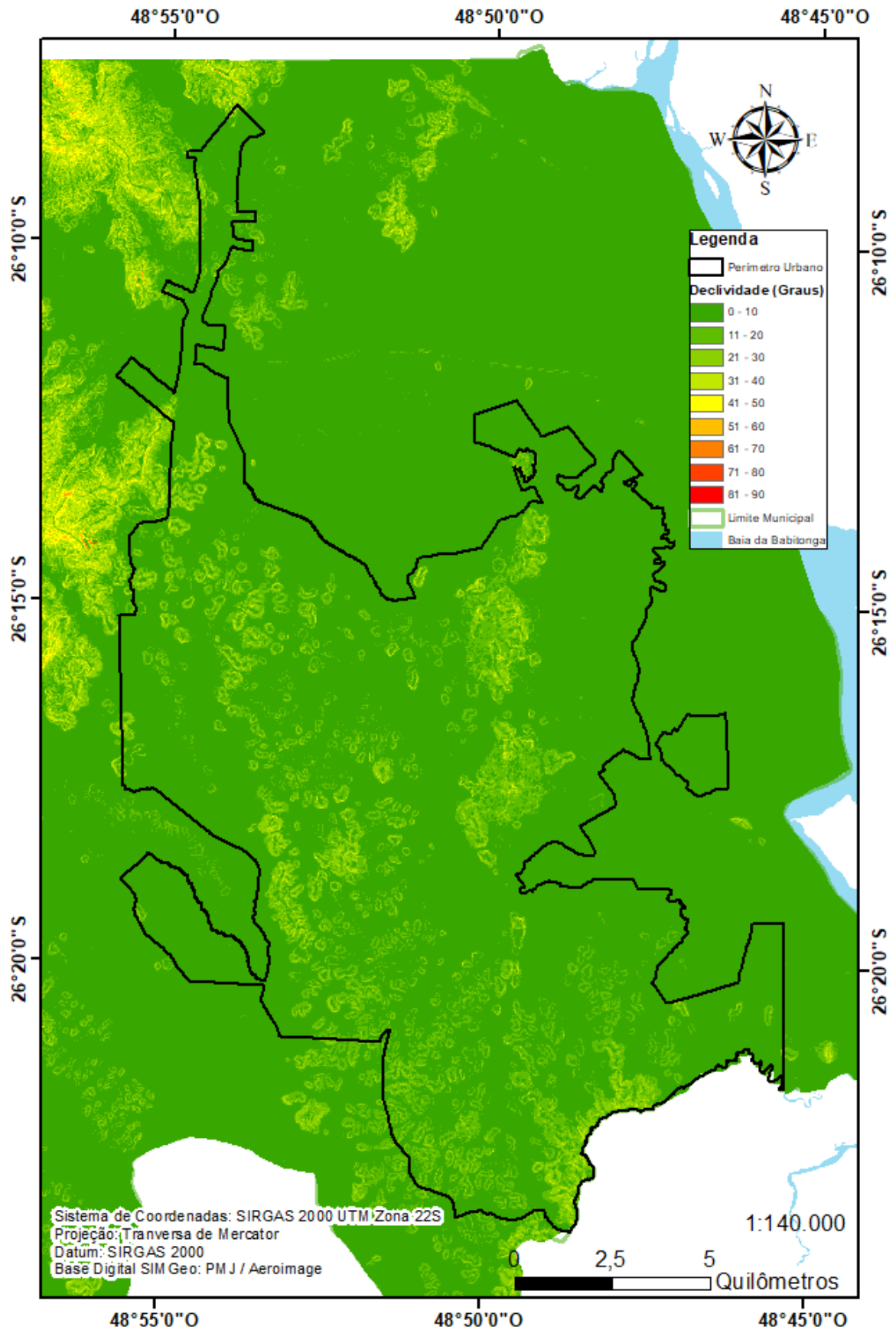
Classe	Sigla	Grupo	Horizonte A	Textura
Argissolo Amarelo	PAd8	distrófico típico	proeminente	argilosa
	PAd1	distrófico típico	moderado	argilosa
	PAd2	distrófico típico	moderado	argilosa
	PAd6	distrófico típico	proeminente	argilosa
	PAd3	distrófico típico	moderado	argilosa
	PAd9	distrófico típico	proeminente	argilosa
Cambissolo Flúvico	CYd+RQg	distrófico típico	moderado	argilo/arenosa
	CYe	distrófico típico	proeminente	média
	CYd+GXd	distrófico gleissólico	proeminente	argilosa
Cambissolo Háptico	CXa12	alítico gleissólico	proeminente	argilosa
	CXd1	distrófico típico	moderado	argilosa
	CXd6	distrófico típico	proeminente	argilosa
	CXd8	distrófico típico	proeminente	argilosa
	CXd2	distrófico típico	moderado	argilosa
	CXa11	alítico gleissólico	moderado	argilosa
	CXd4	distrófico típico	moderado	argilo-siltosa
Espodossolo Humilúvico	EKg2	hidromórfico arênico	moderado	arenosa
	EKg1	hidromórfico arênico	proeminente	arenosa
Gleissolo Háptico	GXd3	distrófico típico	proeminente	argilosa
	GXd1	distrófico típico	moderado	argilosa
Neossolo Litólico	RLd2	distrófico típico	fraco	média
	RLd4	distrófico típico	proeminente	argilosa
Neossolo Quartzarênico	RQg2	hidromórfico típico	moderado	arenosa
	RQg3	hidromórfico típico	proeminente	arenosa
Nitossolo Vermelho	NVdf1	distrófico típico	moderado	muito argilosa
Planossolo Háptico	SXd1	distrófico arênico	proeminente	média
Solo Indiscriminado Mangue	Mg	-	-	-

Fonte: Autor (2021)

4.1.3. Declividade

Através do Modelo Digital do Terreno – MDT é possível reproduzir o mapa de declividades em graus do perímetro urbano de Joinville. A Figura 25 ilustra o mapa da área de estudo.

Figura 25 - Declividades do perímetro urbano de Joinville

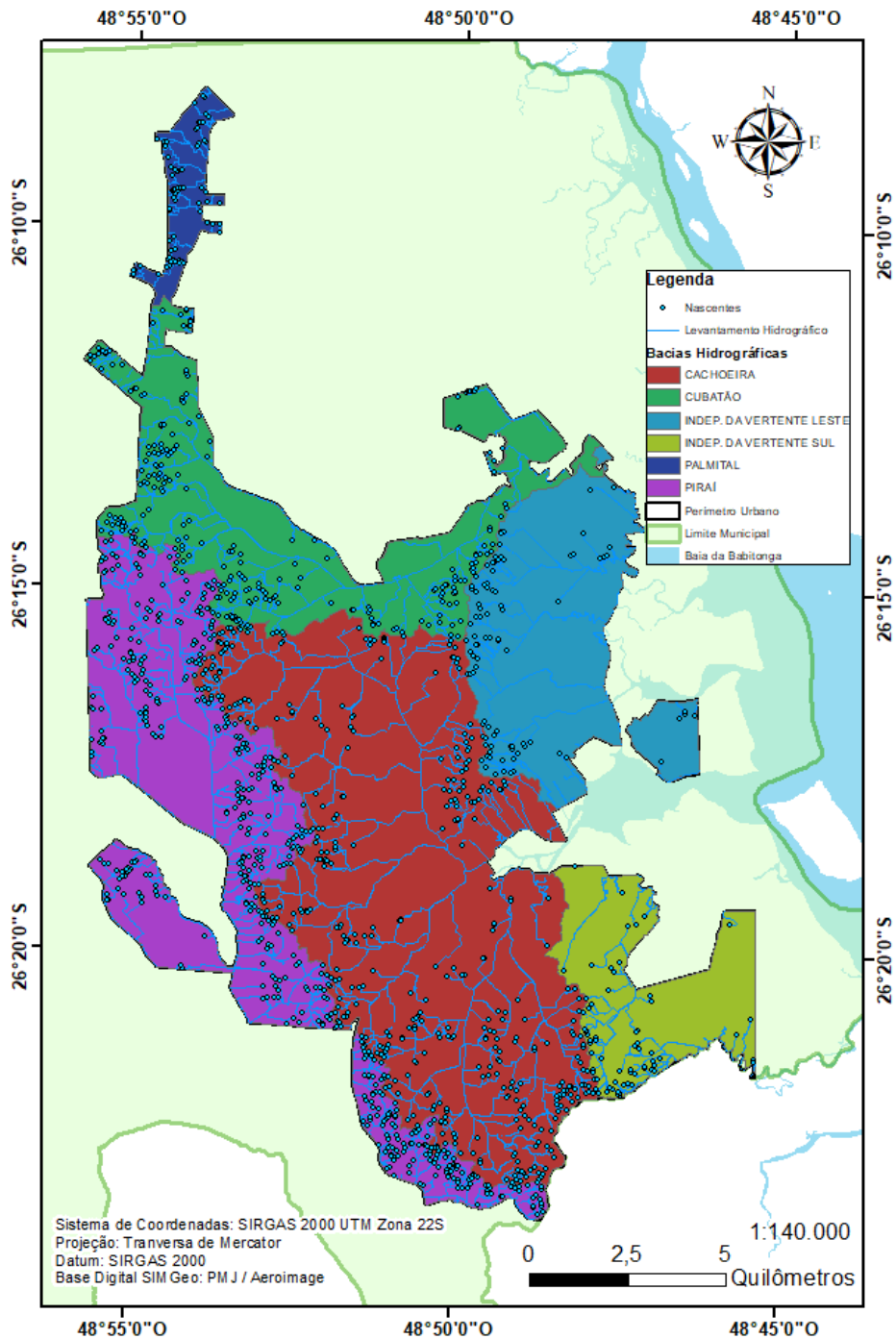


Fonte: Autor (2021)

4.1.4. Hidrografia

A Figura 26 localiza as bacias hidrográficas e nascentes presentes no perímetro urbano de Joinville, nota-se que a Bacia Hidrográfica do Itapocuzinho e a Bacia Hidrográfica do Paraná, não conflitam com os limites urbanos já que estão localizadas no quadrante noroeste do município.

Figura 26 - Mapa hidrográfico do perímetro urbano de Joinville



Fonte: Autor (2021)

A Tabela 3 organiza os dados das bacias hidrográficas e total de nascentes de cada uma dentro do perímetro urbano. A última coluna calcula a taxa de ocupação de cada bacia dentro da área urbana.

Tabela 3 - Dados das bacias hidrográficas de Joinville

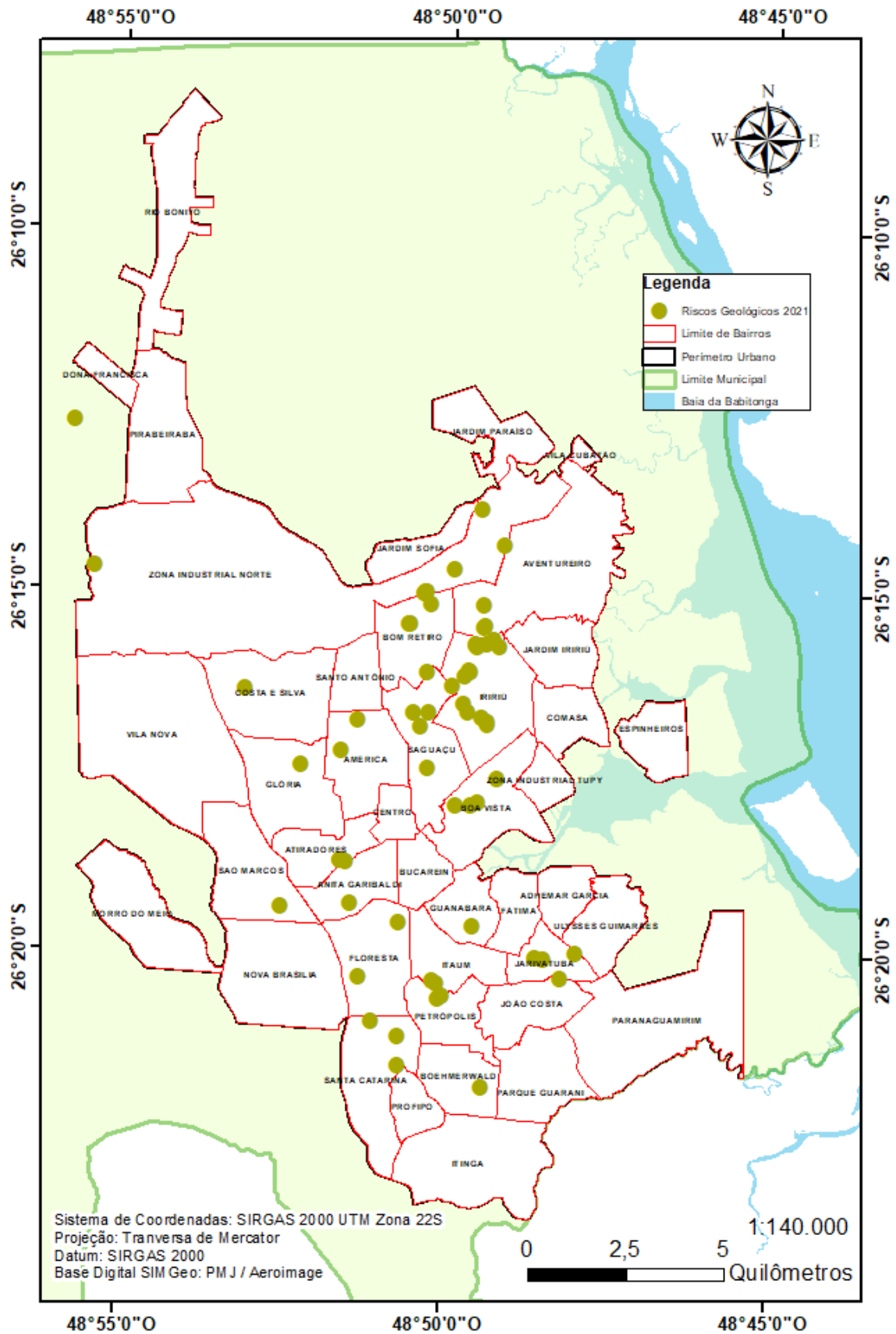
Bacia	Nascentes	Área (km²)	Área Urbana (km²)	Taxa (%)
Cachoeira	406	82,84	81,05	97,84
Cubatão	244	392,42	34,20	8,71
Independente da Vertente Leste	88	55,11	28,99	52,60
Independente da Vertente Sul	65	42,92	17,69	41,22
Palmital	74	99,51	4,91	4,93
Pirai	494	310,44	45,53	14,67

Fonte: Autor (2021)

4.1.5. Mapa de Riscos Geológicos de 2021

Dos 62 riscos geológicos, 61 estão dentro da área urbana, um dos motivos pelos quais se decidiu caracterizar o perímetro urbano como área de estudo. A Figura 27 apresenta a localização dos 62 riscos geológicos registrados pela Defesa Civil em Joinville no início de 2021, e que serão objeto de avaliação do presente estudo.

Figura 27 - Mapa dos riscos geológicos registrados em 2021 na cidade de Joinville



Fonte: Autor (2021)

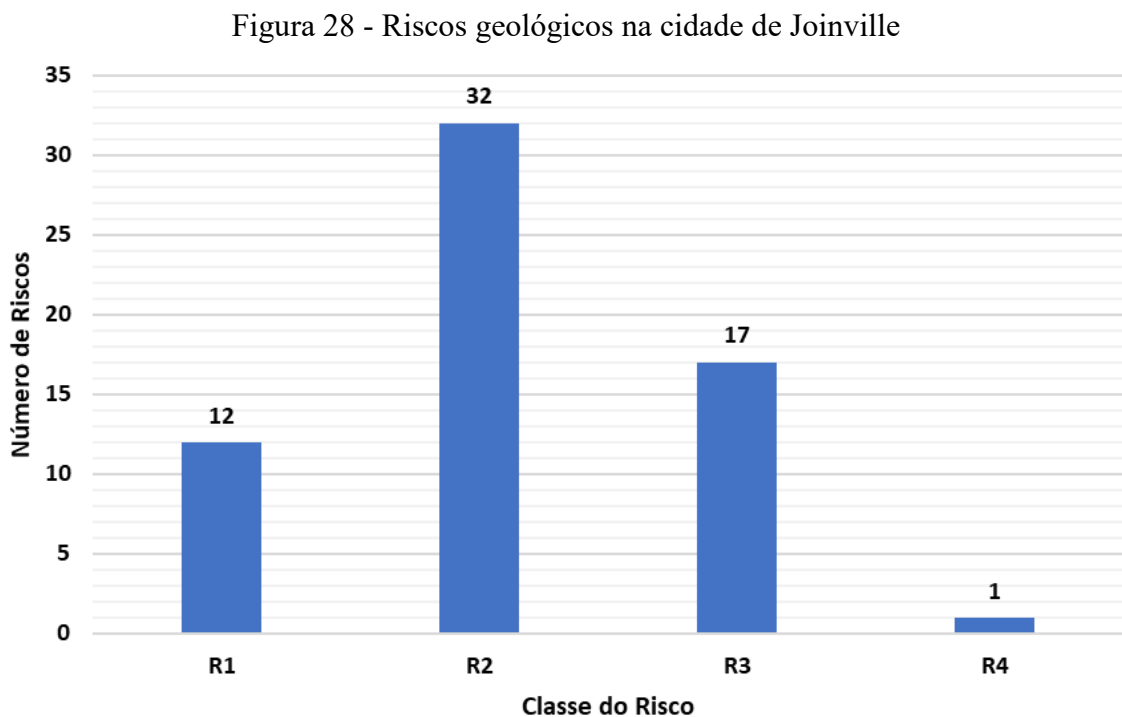
O mapa dos riscos geológicos representado pela Figura 27 mostra um aglomerado de pontos na localidade dos bairros Boa Vista, Saguacu, Iririu, Aventureiro e Bom Retiro. Nestes bairros estão localizados o Morro do Boa Vista e Morro do Finder. Mas no geral, os riscos estão bem distribuídos sobre a área urbana da cidade.

4.2. ANÁLISES DOS FATORES

Com as informações dos dados da Defesa Civil e dados georreferenciados é possível obter as análises propostas nos objetivos desse trabalho. De forma geral, primeiramente é importante observar como os riscos geológicos já registrados em 2021 estão classificados em Joinville.

4.2.1. Riscos geológicos

A frequência e grau de cada risco pode ser visualizado na Figura 28.



Fonte: Autor (2021)

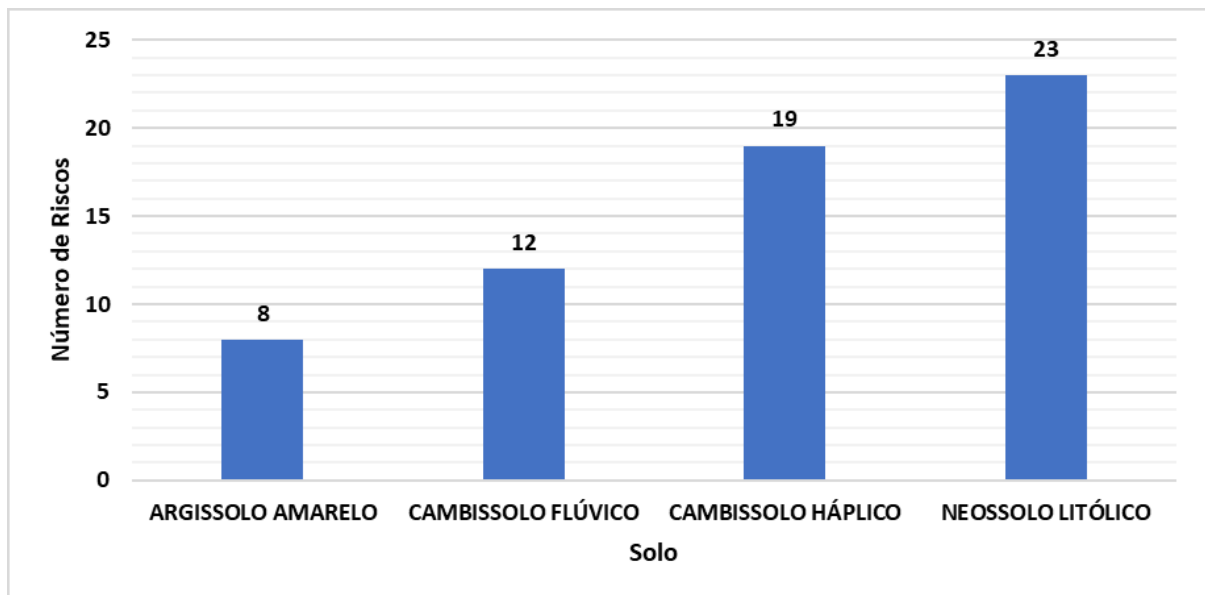
Nota-se que 32 riscos geológicos estão associados a gravidade R2, representando 51,61% do total registrado. O risco R1 sendo de menor gravidade possui 12 registros, enquanto

que R3 de alto risco foi registrado 17 vezes, já o grau mais severo R4, possui apenas 1 registro. A seguir serão demonstrados como os riscos se comportam de acordo com cada fator mencionado na metodologia.

4.2.2. Geomorfologia

Em relação à pedologia e o cruzamento dos dados de riscos geológicos registrados, é possível estabelecer a frequência de ocorrências de movimentação de massa por tipo de solo. A Figura 29 ilustra a ocorrência de riscos geológicos quanto à pedologia.

Figura 29 - Número de riscos geológicos quanto à pedologia



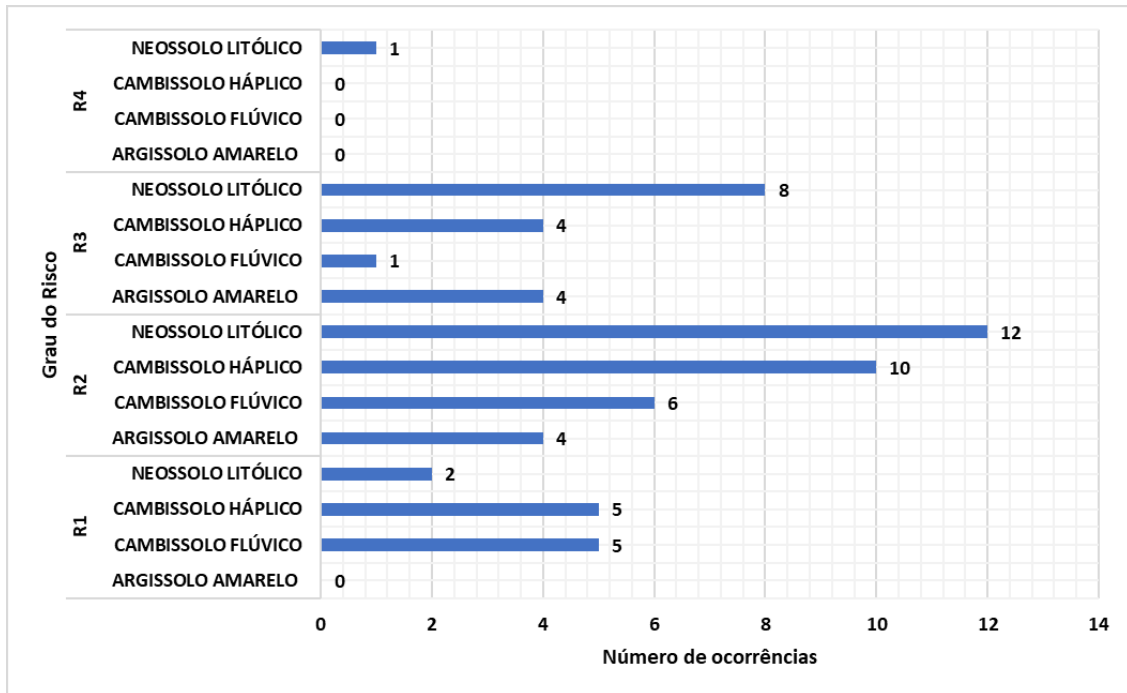
Fonte: Autor (2021)

Na Figura 29 é possível observar que o maior número de ocorrências está relacionado ao solo do tipo Neossolo Litólico e Cambissolo Háptico, que somados resultam em 42 pontos e representam 67,74% do total.

O Neossolo Litólico está presente na formação geomorfológica dos morros Finder e Boa Vista e caracteriza-se por ser um solo assentado diretamente sobre a rocha ou sobre maciços formados por 90% de fragmentos de rochas como: cascalhos, calhaus e matações, de diâmetros: 2 mm a 20 mm, 20 mm a 200 mm e 200 mm, respectivamente.

É possível analisar como os graus de risco estão distribuídos para cada tipo de solo. Esse gráfico está representado na Figura 30.

Figura 30 - Classificação dos riscos quanto ao tipo de solo



Fonte: Autor (2021)

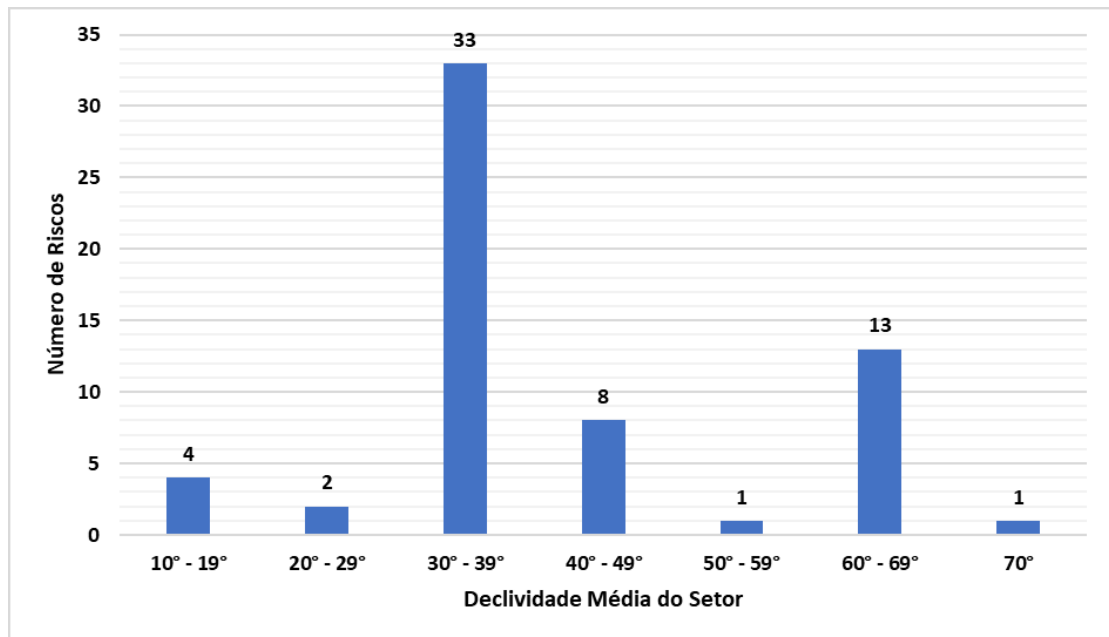
As ocorrências do Cambissolos Háplicos e Flúvicos, são de 19 e 12, respectivamente, esses solos estão presentes na transição de um relevo ondulado para plano, o que indica que a declividade não é um fator tão agravante nesse caso.

Já o Argissolo Amarelo, apesar da pouca ocorrência, apresenta 100% de riscos de grau 3. Ao correlacionar esse solo com o mapa hidrológico, pode-se observar que os riscos geológicos estão presentes em áreas mais próximas às nascentes.

4.2.3. Declividade

Quanto à declividade, a Figura 31 mostra o número de registros associados às declividades médias em graus, para facilitar a visualização do gráfico, foram atribuídos intervalos para as declividades.

Figura 31 - Número de riscos geológicos quanto à declividade média do setor

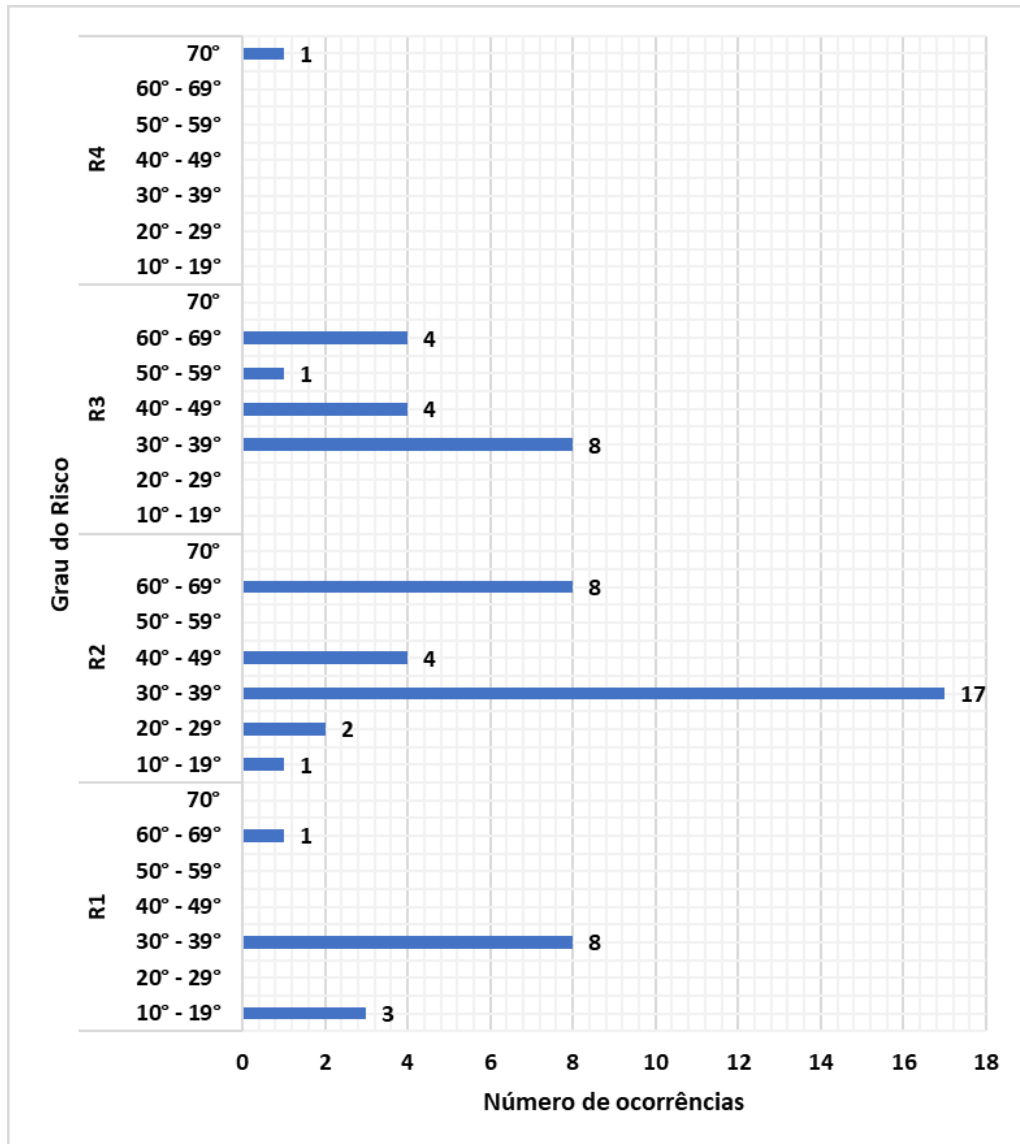


Fonte: Autor (2021)

É possível observar que 33 riscos geológicos foram registrados em áreas com faixa de declividades médias entre 30° e 39°, esse número de ocorrências representa 53,23% das 62 classificações de riscos registrados em 2021 pela Defesa Civil de Joinville.

Como mostrado na Figura 27 – Localização dos riscos geológicos em Joinville, os bairros que compreendem o Morro do Finder e Morro do Boa Vista registram 30 pontos, isso significa que 48,39% dos riscos de toda área urbana estão localizados nos bairros: Bom Retiro, Aventureiro, Saguçu, Iririu e Boa Vista. Nessas localidades há 13 dos 33 riscos com declividade média de 30° - 39°, 4 riscos entre 40° e 49°, 1 risco em 50°, 11 riscos entre 60 e 69° e o 1 risco de 70°. A Figura 32 mostra como os graus de risco se comportam de acordo com cada intervalo de declividade média.

Figura 32 - Classificação de riscos quanto às declividades médias dos setores



Fonte: Autor (2021)

4.2.4. Pluviometria

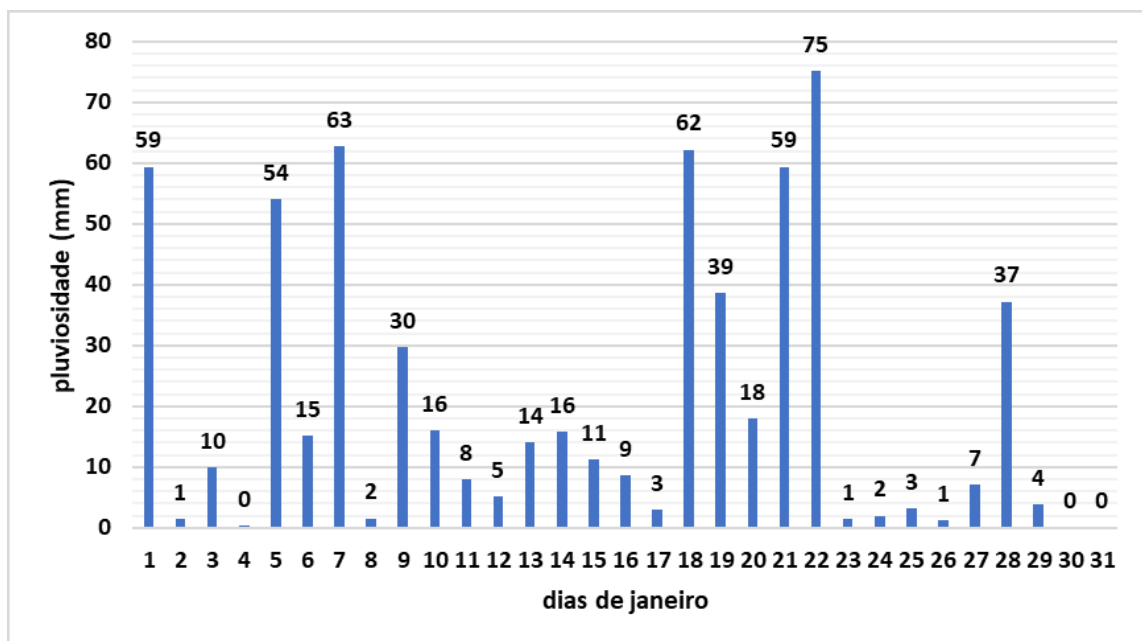
A próxima análise é realizada mediante a manipulação dos dados pluviométricos disponibilizados pela Epagri/CIRAM através da plataforma Agroconnect, assim pode ser feito um panorama quanto aos riscos geológicos registrados a partir do volume de chuva diário do dia em questão. Devido a algumas inconsistências nas datas registradas dos riscos geológicos, não se pode analisar em quais dias foram registrados os riscos mais graves, como R3 e R4 por exemplo, logo essa análise de grande importância não pode ser realizada.

No subcapítulo 3.1, a Figura 20 mostrou o pluviograma de Joinville de janeiro a novembro de 2020. Em de janeiro, fevereiro e março de 2020 o acumulado de chuvas foi de

110 mm, 280 mm e 90 mm, respectivamente. Em 2021, a estação meteorológica da EPAGRI registrou no mesmo período, 626,2 mm, 336,0 mm e 226,0 mm de chuva. Com base nisso, pode-se calcular que as chuvas nos meses de janeiro, fevereiro e a parcial do mês de março de 2021 superaram os valores de cada mês do ano passado em 469,27%, 20,00% e 151,11%, respectivamente.

Ao analisar somente o mês de janeiro de 2021, o mais crítico, constrói-se o seguinte pluviograma ilustrado na Figura 33.

Figura 33 - Pluviograma do mês de janeiro de 2021

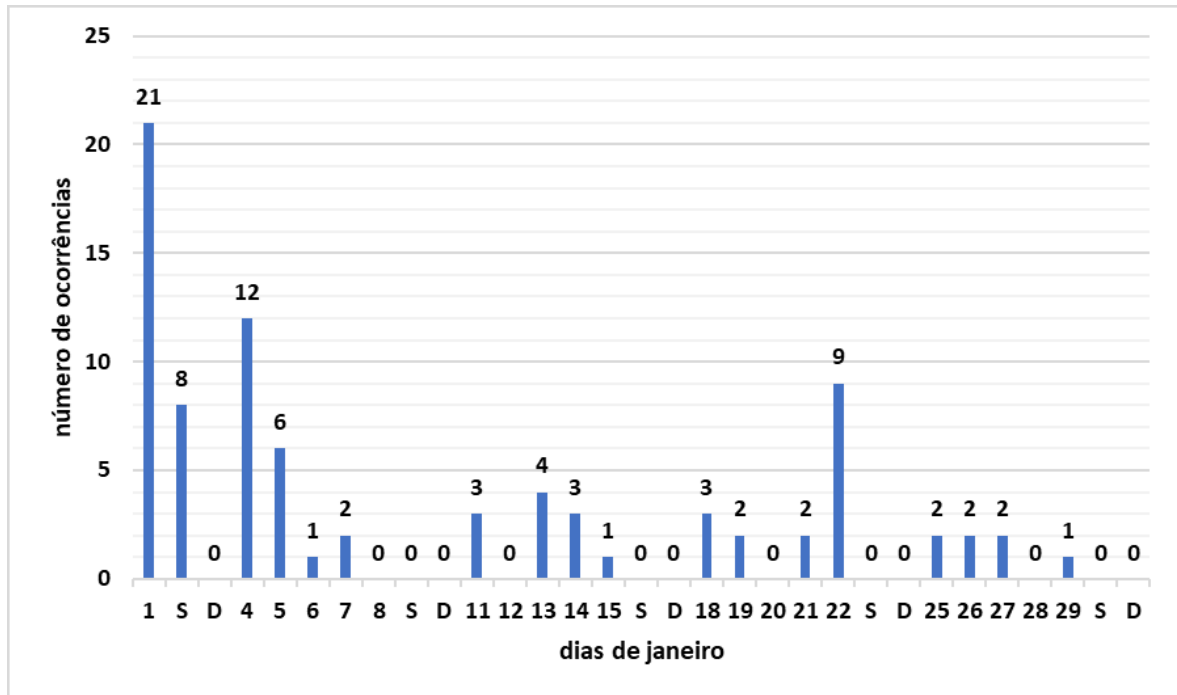


Fonte: Autor (2021)

Ao transportar os dados do relatório das ocorrências registradas pela Defesa Civil no mês de janeiro de 2021 para o Excel, é possível analisar que foram registradas 84 ocorrências de movimentos de massa em Joinville, 50 delas somente nos primeiros sete dias de janeiro, o que representa cerca 59,5% das ocorrências de todo o mês.

Após essa listagem é possível elaborar um gráfico que permite visualizar a demanda de vistorias por dia. De acordo com a Defesa Civil, por motivo da alta demanda de vistorias, o registro da ocorrência e vistoria no local podem ter um intervalo de até 3 dias. A Figura 34 demonstra a alta demanda nos dias mais chuvosos. As letras S e D significam sábado e domingo, sendo dias que não ocorre o registro de ocorrência de vistoria.

Figura 34 - Vistorias realizadas pela Defesa Civil devido aos movimentos de massa



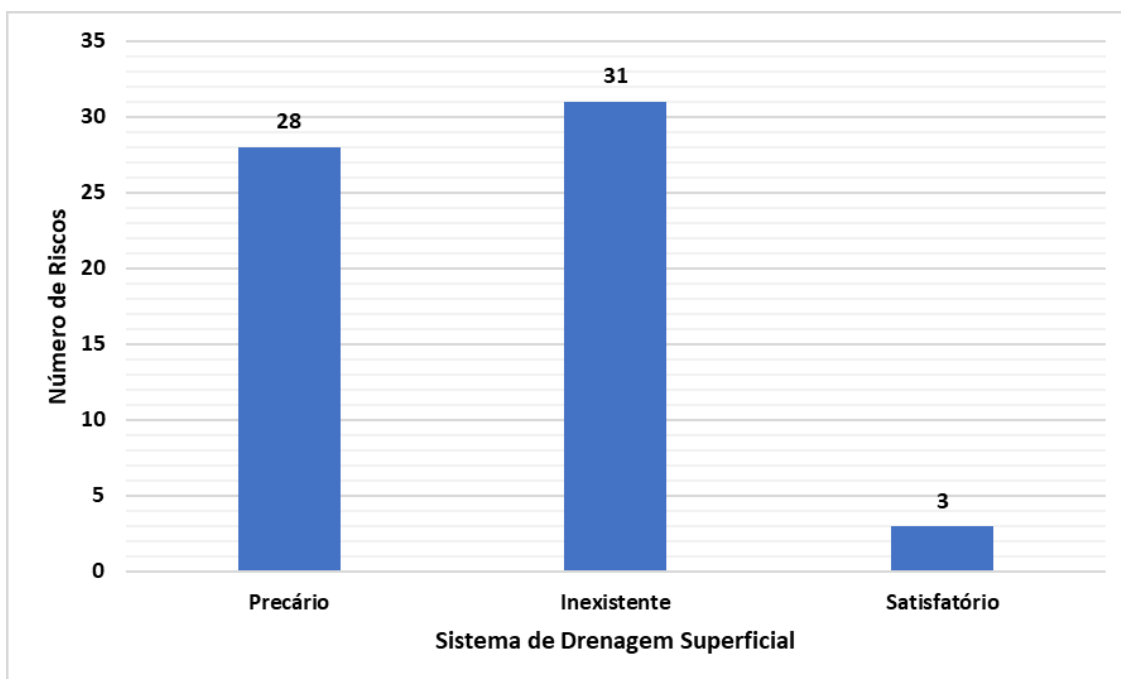
Fonte: Autor (2021)

Quando comparado ao gráfico das duas Figuras anteriores, é possível destacar a quantidade de vistorias realizadas nos 7 primeiros dias de janeiro, coincidindo com as altas pluviosidades registradas pela EPAGRI. Nota-se que o período entre os dias 18 e 22 de janeiro, também há grandes ocorrências de chuvas registradas, o que colabora para 23 novas vistorias (inclui-se o período após o fim de semana) nos locais onde houve movimentação de massa.

4.2.5. Drenagem Superficial e Hidrografia

Altos índices pluviométricos sobrecarregam os sistemas de drenagem superficial, por isso a análise da condição de drenagem das áreas de risco pode ser visualizada na Figura 35.

Figura 35 - Número de riscos geológicos quanto às condições da drenagem superficial



Fonte: Autor (2021)

Apenas 3 riscos geológicos possuem condições satisfatórias de drenagem superficial, dois desses riscos estão classificados como R1 e o outro R2, ou seja, no momento da vistoria é improvável que ocorra novas movimentações de massa no período de um ano. Já para as condições precárias e inexistentes, observa-se como a drenagem natural da encosta ou ausência de dispositivos para direcionar o fluxo de água em taludes de corte impactam negativamente às condições de estabilidade do maciço.

Como a drenagem superficial das águas está relacionada a capacidade hídrica da bacia, ao utilizar a ferramenta de proximidade no QGIS, é possível calcular quão distante cada risco geológico está de um corpo hídrico. Para essa análise foi escolhida a camada de levantamento hidrográfico, assim é possível ver quão distante o risco foi registrado em relação ao corpo d'água mais próximo. A Tabela 4 lista as distâncias (em ordem crescente) mais próximas de cada risco, juntamente com seu grau de classificação e inclinação média do setor.

Tabela 4 - Distância dos locais dos riscos geológicos às feições hidrológicas

(continua)		
Inclinação média do setor em graus	Grau do risco	Distância mais próxima (m)
60	R3	1,11
60	R3	3,65
30	R1	5,23

Tabela 5 - Distância dos locais dos riscos geológicos às feições hidrológicas

(continua)

Inclinação média do setor em graus	Grau do risco	Distância mais próxima (m)
60	R3	11,22
30	R3	11,63
60	R2	19,60
30	R2	20,91
20	R2	23,86
30	R1	26,90
40	R3	28,24
30	R3	28,42
30	R2	28,52
10	R1	31,68
60	R2	32,63
45	R2	41,03
40	R3	43,86
30	R2	50,80
30	R3	61,43
45	R3	61,61
20	R2	62,99
60	R2	66,62
60	R2	70,89
30	R2	71,30
30	R2	72,02
30	R1	79,39
40	R3	90,66
30	R2	98,99
60	R2	118,83
40	R2	127,75
30	R1	131,83
60	R2	138,56
30	R1	139,86
35	R2	141,27
30	R2	143,20
30	R1	151,81
17	R1	158,12
40	R2	158,49
30	R3	159,48
45	R2	166,29
50	R3	167,93
65	R3	170,15
10	R2	171,54
30	R1	180,67
30	R2	194,77
35	R2	199,36
60	R1	204,24
60	R2	225,88

Tabela 6 - Distância dos locais dos riscos geológicos às feições hidrológicas

Inclinação média do setor em graus	Grau do risco	Distância mais próxima (m)
70	R4	228,38
60	R2	244,21
30	R1	252,10
30	R2	264,20
35	R2	271,36
30	R2	292,00
30	R3	293,88
30	R2	314,08
30	R3	315,25
30	R2	341,50
30	R2	375,74
10	R1	400,77
30	R2	411,73
30	R3	498,37

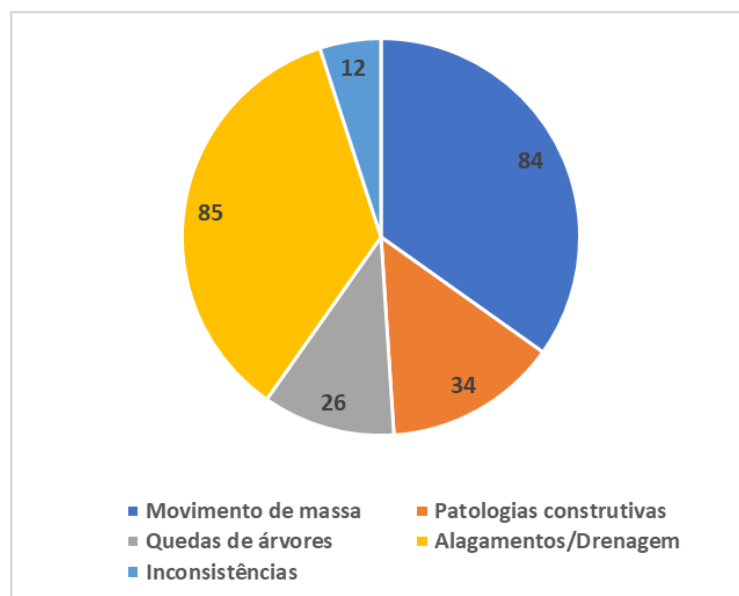
Fonte: Autor (2021)

A Tabela 4 relata que os 12 primeiros riscos se encontram dentro da faixa de 30 metros das Áreas de Preservação Permanente – APP dos cursos d’água inferiores a 10 metros de largura, o que assegura a importância de não ocupar áreas de mata ciliar.

4.2.6. Ocorrências da Defesa Civil em 2021

A título de ilustrar todas as ocorrências registradas pela Defesa Civil, a Figura 36 demonstra a quantidade de ocorrências registradas pelos seguintes eventos: movimentos de massa, quedas de galhos ou árvores, patologias construtivas (esse item contabiliza elementos como muros de cercamento, por exemplo, que apresentaram algum tipo de falha estrutural devido a processos erosivos por conta das fortes chuvas), alagamentos ou problemas com drenagem, inconsistências é um grupo sem informação do tipo de ocorrência (morador não se encontrava no local ou situação sem classificação).

Figura 36 - Ocorrências registradas pela Defesa Civil de Joinville em Janeiro de 2021



Fonte: Autor (2021)

Com o intuito de analisar as áreas de influência dos riscos geológico, o subcapítulo 4.3 demonstrará o panorama de edificações e população vulnerável nas duas principais áreas de morraria do perímetro urbano (Morro do Finder e Boa Vista).

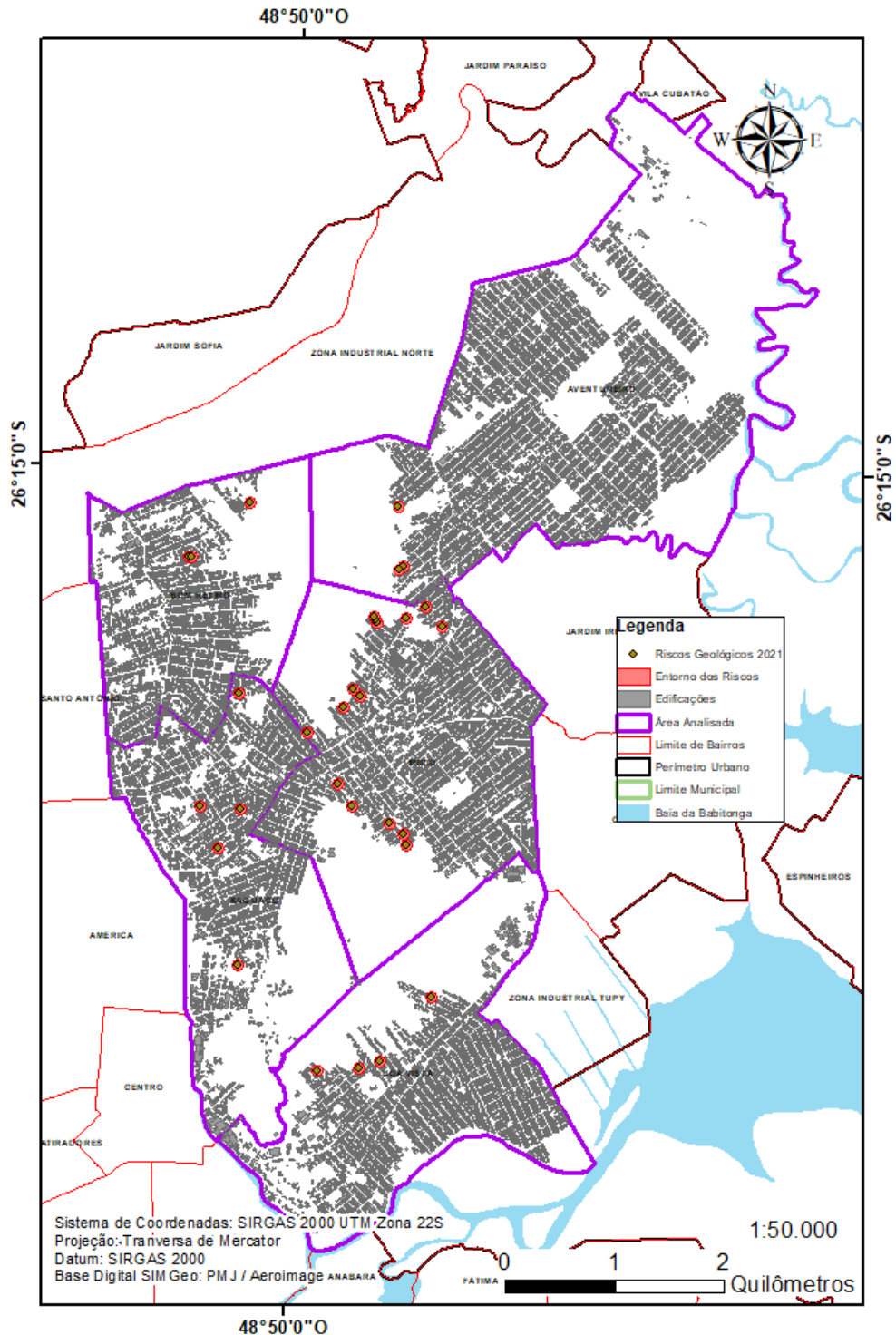
4.3. BAIROS COM MAIOR INCIDÊNCIA DE RISCOS GEOLÓGICOS

De acordo com o banco de dados do SIMGeo, há uma densa ocupação urbana nas áreas de morraria dos bairros: Boa Vista, Saguçu, Iririu, Aventureiro e Bom Retiro. Ao analisar o mapa de riscos geológicos é possível observar a densidade de pontos sobre os bairros Boa Vista, Saguçu, Iririu, Aventureiro e Bom Retiro, nessa região há 30 dos 62 riscos geológicos da cidade de Joinville, uma taxa de 48,38%. Ao observar esse cenário, é possível calcular via ferramenta *buffer* no QGIS, a partir dos riscos pontuados no mapa, a quantidade de edificações presentes no entorno. Essa ferramenta é de grande valia e auxilia a estimar as características de ocupação da área, já que a Defesa Civil inclui o número de moradias no entorno do risco geológico.

Com base nisso, pode-se estimar as edificações possivelmente afetadas a partir de um raio arbitrário de 50 metros para cada risco, esse raio foi arbitrado aleatoriamente devido os riscos contarem com uma condicionante: as moradias no setor. Os registros da Defesa Civil mostram que um dos riscos possui até 10 edificações. Isso não significa que o risco afete diretamente a edificação ou a população, mas serve de estudo preliminar para identificar uma

parcela da vulnerabilidade na área em questão, já que apresenta as mesmas características pedológicas, geomorfológicas, hidrológicas e ocupação urbana de mesmo modelo (residencial). A Figura 37 apresenta o recorte da área, a localização dos riscos geológicos e a área de influência de cada um.

Figura 37 - Raios de 50 metros de abrangência dos riscos geológicos na área analisada



Fonte: Autor (2021)

Somente com o raio de abrangência de 50 metros, já é possível calcular um total de 462 edificações em situação de vulnerabilidade, isso apenas na área recortada dentro de toda a zona urbana de Joinville. Ao estimar 3 habitantes em cada edificação, a população vulnerável por conta desses 30 riscos, seria de 1386 pessoas. Para se ter uma ideia, caso esse mesmo raio fosse utilizado para todos os 62 riscos geológicos da cidade, o número de residências afetadas seria de 854, deixando uma população de 2.562 habitantes em situação vulnerável. Vale ressaltar que as edificações presentes no mapa são àquelas cadastradas pela prefeitura, ou seja, edificações em situação irregular pode não estar inserida nos dados, porém presente na cidade.

4.4. SUGESTÕES DE INTERVENÇÃO

As obras de intervenção poderiam minimizar e diminuir as ocorrências de movimentos de massa na cidade de Joinville, pois a Defesa Civil registrou muitas ocorrências devido a cortes irregulares em taludes naturais ou encostas que já são prejudicados pela ausência de drenagem. Como visto na Figura 35, 59 dos 62 riscos geológicos registrados em Joinville indicam que o sistema de drenagem das encostas é inexistente ou precário, com indicação de processos erosivos em praticamente toda sua totalidade.

Com base na interpretação do documento e das fotos registradas, é possível elencar 3 tipos de intervenções necessárias por parte da população a depender do tipo de problema encontrado no momento da vistoria:

- a) Riscos associados a encosta natural com vegetação inclinada: sugere-se a remoção das árvores inclinadas, já que essas promovem sobrecarga sobre o terreno, principalmente nas ocorrências de fortes chuvas com ventania. Ainda nos casos de riscos mais graves, sugere-se reduzir a declividade da encosta.
- b) Cortes irregulares em taludes com residências no topo e ao pé do talude: essa característica está associada às edificações justapostas umas às outras em diferentes escalonamentos do talude, como por exemplo em ruas íngremes onde uma casa está em um nível mais alto que a anterior. A falta de drenagem correta faz com que os movimentos de massa atuem com mais frequência, potencializado por muros que dividem os lotes. O ideal é que se faça o retaludamento do terreno, plantação de gramíneas na face do talude com implantação de dispositivos de calha no topo e no pé do talude, assim as águas da chuva não sobrecarregam o maciço no topo, bem como não

se deixar acumular água ao pé do talude para que não ocorra processos de liquefação do solo.

- c) Obras efetivas de contenção: apesar de mais caras, a necessidade desse tipo de obra se deve ao fato de que taludes muito íngremes, próximos dos 90° estarem presentes nas delimitações dos imóveis, seja para terrenos vizinhos ou para calçadas e vias públicas. Nota-se que em alguns registros há escavação próximas as edificações vizinhas, com isso o processo de desconfinamento e alívio de tensões horizontais nos solos, além dos processos erosivos por conta da chuva, contribuam para que as edificações possam sofrer movimentações e rachaduras, sendo de vital importância a implantação de muros de contenção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais obtidas neste trabalho, junto a sugestões para trabalhos futuros e no fim orientações à Defesa Civil para que melhor possa gerir os riscos geológico na cidade de Joinville.

5.1. CONCLUSÕES

Joinville, assim como o restante do território brasileiro, está exposto às condições climáticas de caráter tropical, por isso, a ocorrência de grandes precipitações de chuva contribui diretamente para a principal causa de desastres naturais no país.

A vulnerabilidade social construída ao longo das décadas, faz com que as áreas mais suscetíveis a movimentações de massa sejam ocupadas por um aglomerado de construções. Com a evolução da mancha urbana as classificações dos graus de riscos geológicos nas encostas e áreas de morraria ficam cada vez mais frequentes e severas.

A manipulação dos dados da Defesa Civil, da base do SIMGeo, do EPAGRI, juntamente às ferramentas de geoprocessamento e o software QGIS demonstram como o auxílio do mapeamento das informações sobre riscos geológicos contribuem para as análises dos fatores que desencadeiam os eventos de movimentação de massa.

Em relação as análises pedológicas, pode-se observar como o Neossolo Litólico está presente nas formações do relevo nos morros do Boa Vista e Finder, contribuindo para que houvesse o maior número de ocorrências, já que a área é ocupada por edificações residenciais em declividades médias de 30° a 40°.

Joinville está inserida entre a baía da Babitonga e a Serra do Mar, fator que contribui para que as quantidades de chuva impactem negativamente à população inserida. As chuvas no início de 2021 além de ocasionar os antigos problemas de enchentes e inundações, agora põe em risco a segurança frente às encostas ocupadas ou intervenções antropológicas em áreas que previamente não ofereciam risco, como por exemplo cortes em taludes sem grandes declividades, mas que por conta dos processos erosivos trazem danos às edificações presentes. A análise de sistema de drenagem superficial inexistentes ou precários nas regiões em questão, ilustra essa condicionante, já que a maioria das obras realizada pela população carecem de sistema de calhas ou drenos.

Os registros das ocorrências e índices pluviométricos diários demonstram como os volumes de chuva aumentam a demanda de vistorias por parte da Defesa Civil, com o período mais crítico nos primeiros dias de 2021. Essa análise mostra como e onde o órgão poderia atuar novamente caso fosse previsto chuvas de mesma intensidade.

Devido à algumas inconsistências no relatório de classificações de riscos geológicos da Defesa Civil, algumas análises que previamente pensadas não puderam ser executadas, não se pode alocar os riscos mais graves aos dias mais chuvosos.

De acordo com os dados analisados, os bairros Boa Vista, Saguacu, Aventureiro, Iririu e Bom Retiro precisam de uma atenção especial por parte da Defesa Civil de Joinville, já que são os locais dentro da área urbana que mais contribuem para a contagem de riscos geológicos.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se:

- A utilização de dados pluviométricos da área urbana de Joinville, como os dados da CCJ, já que para este trabalho foram utilizados os dados da EPAGRI Agroconnect (área rural);
- A elaboração de mapas de suscetibilidade a movimentos de massa para a cidade de Joinville para os bairros de maior incidência de riscos;
- Visita aos locais e registros fotográficos, bem como a análise de solos da área classificada como risco geológico;
- Criação de uma camada de desmatamento ao comparar imagens de satélite através dos anos em determinado setor, assim seria possível analisar a ocorrências de movimentos de massa quanto à falta de vegetação.

5.3. SUGESTÕES PARA A DEFESA CIVIL DE JOINVILLE

Como órgão de gerência de riscos em Joinville, a Defesa Civil poderia enriquecer as informações no portal da Prefeitura Municipal de Joinville, sobre riscos geológicos ou ocorrências de movimentos de massa. Hoje somente é disponível à população um mapa com as ocorrências de movimentos de massa de 2011, provavelmente em desacordo e desatualizado com as informações atuais. Somente a bacia hidrográfica do Rio Cachoeira possui o

mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa, enquanto que as outras 5 bacias presentes em área urbana não possuem um mapeamento, mas também apresentam riscos geológicos. Esses mapas temáticos poderiam contemplar uma subprefeitura de cada região da cidade, assim a riqueza de detalhes poderia ser maior.

Não há na cidade nenhuma instrumentação, por isso é de vital importância que houvesse a instalação de sistemas que acompanhassem o desenvolvimento e deslocamento dos movimentos de massa em pelo menos nas áreas mais vulneráveis do município.

Os sistemas de comunicação em SMS, quando há previsão de altos volumes de chuva, como ato de prevenção à perda de vidas é de suma importância. Porém, é interessante a aplicação de medidas in loco para sonorização de alertas, como feito no Rio de Janeiro. Não há registros de desastres em Joinville que demandem essa necessidade nesse momento, mas devido a alguns lugares vulneráveis na cidade e a incidência de chuvas cada vez mais rigorosas, é possível que se pense um novo sistema de alerta ou até mesmo o desenvolvimento de aplicativos para celular indicando à população vulnerável os índices pluviométricos que deixam a cidade em estado de atenção .

Como parte de incentivo à população das áreas de risco, a Defesa Civil de Joinville poderia atuar com programas que visem a implantação de uma melhor infraestrutura urbana nos locais de risco, como é feito quando a população de uma rua deseja aderir às obras de pavimentação antecipadas, aonde a prefeitura ficaria responsável por checar a drenagem e geometria dos taludes, contribuindo para a estabilidade dos locais .

REFERÊNCIAS

APÓS chuvas de 2008, Epagri consolida a melhor e maior rede estações meteorológicas do país. EPAGRI, 2018. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2018/11/22/apos-chuvas-de-2008-epagri-consolida-a-melhor-e-maior-rede-estacoes-meteorologicas-do-pais/> Acesso em: 05 abr. 2021

ARAÚJO, P. C. de. **Análise da suscetibilidade a escorregamentos: uma abordagem probabilística**. Tese de doutorado em Geociências e Meio Ambiente – UNIVERIDADE ESTADUAL PAULISTA, Rio Claro, 2004. 172p

AUGUSTO F. O. 1992. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica**. Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PUCRJ, 1992, v.2, p.721-733.

BARBOSA, A. Programa de Pós-Graduação em Geografia. **Estudos preliminares sobre o campo térmico de Joinville**. Dissertação de Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Florianópolis, 2009. 87 p

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios** Brasília: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção de Defesa Civil**. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

CAMARA N, G; *et al.* **Conceitos Básicos em Geoprocessamento**. Geoprocessamento: teorias e aplicações, São José dos Campos: INPE, 2000.

CCJ. Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão (Norte) e Cachoeira. **Recursos Hídricos: Precipitação Anual**. Disponível em: <https://www.cubataojoinville.org.br/pagina/recursos-hidricos/dados-de-precipitacao-diaria/precipitacao-diaria> Acesso em: 15 mar. 2021

CAMARINHA, P. I. M. **Vulnerabilidade aos desastres naturais decorrentes de deslizamentos de terra em cenários de mudanças climáticas na porção paulista da Serra do Mar**. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, São José dos Campos, 2016. 276 p.

CARVALHO, C.S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. **Mapeamento de encostas e margem de rios**. Brasília: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007

CAVALCANTE, R. **Apostila de Introdução ao SIG.** Disponível em: <https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/Apostila-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-o-SIG-Proplan-2015.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

CIÊNCIA do Solo: Pedologia, o que é? **UFRGS**, 2016. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/divulgacaodaciencia/2016/07/16/ciencia-do-solo-pedologia-o-que-e/> Acesso: 20 abr. 2021

CHUVA na Região Serrana é maior tragédia climática da história do país. **G1**, 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/chuvas-no-rj/noticia/2011/01/chuva-na-regiao-serrana-e-maior-tragedia-climatica-da-historia-do-pais.html> Acesso em: 05 abr. 2021

CPRM. **Mapa Geodiversidade do Estado de Santa Catarina.** Brasil: [Rio de Janeiro], 2010. mapa, color., 242 cm x 90 cm. Escala: 1:500.000.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D. J. Landslide Types and Processes. TURNER, A. K.; SCHUSTER, R. L. **Landslides: Investigation and Mitigation.** Transportation Research Board, Special Report. National Research Council, National Academy Press, Washington. D.C., 1996.

EPAGRI. **AgroConnect.** Disponível em: <https://circam.epagri.sc.gov.br/agroconnect/> Acesso em: 15 mar. 2021

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS. 2006; 306p.

FERRAZ, S F. de B; VETTORAZZI, C. A. **Uso de sistemas de informações geográficas aplicados à prevenção e combate a incêndios em fragmentos florestais.** Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr32/cap11.pdf>. Acesso em: 10 de abr 2021.

FONTES, M. M. M. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia. **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) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO. Ouro Preto, 2011. 188p

GUIDICINI, G; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação.** São Paulo: Edgard Blücher, 1983.

GUESSER. L. H. **Elaboração do mapa geotécnico preliminar e mapa de áreas suscetíveis a movimentos de massa do município de Antônio Carlos-SC.** Trabalho de Conclusão de Curso. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Florianópolis, 2013. 168 p.

HENRIQUE, H. M. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. **Mapa de Risco a deslizamento e erosão do bairro de Rurópolis, município do Ipojuca-PE /** Dissertação de Mestrado - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Centro de Tecnologia e Geociências. Recife, 2014. 160 p.

HIGASHI, R. R. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. **Utilização de um SIG no desenvolvimento de um banco de dados geotécnicos do norte do estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Centro Tecnológico. Florianópolis, 2002. 143 p.

HIGASHI, R. R. **Metodologia de Uso e Ocupação dos Solos de Cidades Costeiras Brasileiras Através de SIG com Base no Comportamento Geotécnico e Ambiental** – Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Florianópolis. 485p, 2006.

IBGE, 2020. **Cidades e Estados: Joinville.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/joinville.html> Acesso: 10 mar. 2021

JOINVILLE, 2020. **Cidade em Dados 2020.** Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/Joinville-Cidade-em-Dados-2020-Gest%C3%A3o-Institucional-30062020.pdf> Acesso em: 10 mar. 2021

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. **Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica.** GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Organizadores). **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand, 1996.

LOPES, E. S. S. **Modelagem espacial dinâmica em Sistema de Informação Geográfica – uma aplicação ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar paulista.** Tese de Doutorado – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Rio Claro, 2006. 276p

MAIA, B. G. O *et al.* **Bacias Hidrográficas da Região de Joinville.** Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/Comite%20Rio%20Cubatao%20Norte/Publicacoes/bacias-hidrograficas-da-regiao-de-joinville.pdf Acesso em: 10 mar. 2021

MICHAELSEN, F. M. **Riscos Geotécnicos em Dutos: Instrumentação para monitoramento de oleodutos e gasodutos em encostas instáveis.** TCC – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre, 2011. 89 p

MONTEIRO, C. L. **Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos rotacionais na bacia hidrográfica da lagoa da conceição** - Trabalho de Conclusão de Curso. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Florianópolis, 2016. 117 p.

PERNAMBUCO. **O Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife.** Disponível em: <http://www2.condepefidem.pe.gov.br/web/condepe-fidem/biblioteca-virtual-download1> Acesso: 20 abr. 2021

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas.** Oficina de Textos, São Paulo, 2000. 247p.

RAIO X das áreas de risco geológico mapeadas pela CPRM. **CPRM**, 2019. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/Raio-X-das-areas-de-risco-geologico-mapeadas-pela-CPRM-5525.html> Acesso em: 05 abr. 2021

RIO DE JANEIRO. **Plano de Contingência Verão**. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4402327/4153929/PLANODECONTINGENCIA_SU BDEC.pdf Acesso em 18 abr. 2021

SANTA CATARINA. **Curso de Proteção e Defesa Civil**. 2ª Ed. Florianópolis. Defesa Civil, 2020. 53p

SAQUE do FGTS é confirmado para famílias atingidas por enchente em Joinville. **NDMAIS**, 2021. Disponível em: <https://ndmais.com.br/cidadania/saque-do-fgts-e-confirmado-para-familias-atingidas-por-enchente-em-joinville/> Acesso em: 05 abr. 2021

SOUZA, C. R. de G. *et al.* **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 1ª Ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

SOUZA, A. M. S. **Mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamentos rasos na região da bacia do rio Camboriú** - Trabalho de Conclusão de Curso. UNIVERSIDADE DE SANTA CATARINA. Florianópolis, 2015. 117p

SPRING. **Introdução ao Geoprocessamento**. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html. Acesso em: 15 de abr. de 2021

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP** – Tese de Doutorado – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. São Paulo, 2007. 240p

TOMINAGA, L.K. **Desastres naturais: por que ocorrem** In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012.

TRAGÉDIA já é o maior desastre natural da história do Brasil. **EXAME**, 2011. Disponível em: <https://exame.com/mundo/tragedia-ja-e-o-maior-desastre-natural-da-historia-do-brasil/> Acesso em: 05 abr. 2021

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Landslide Types and Processes. **Fact Sheet 2004-3072**. Reston, Virginia, United States Geological Survey, 2004. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. The landslide handbook – A guide to understanding landslides. **Circular 1325**. Reston, Virginia, United States Geological Survey, 2008, 129 p.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA A DEFESA CIVIL

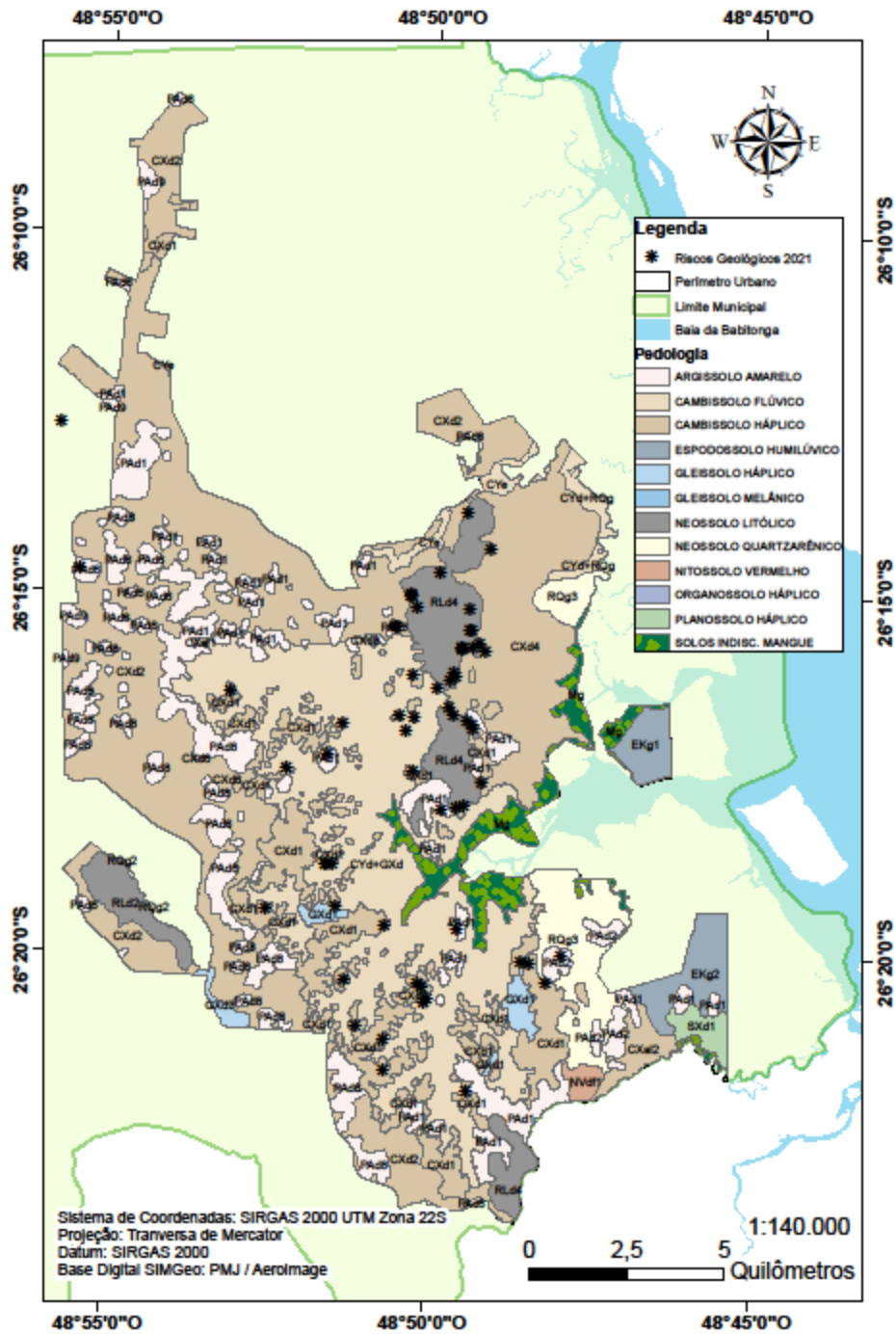
Apresentação da Pesquisa: Utilizar do mapeamento pedológico do município de Joinville e levantamento altimétrico para identificar locais com riscos de movimentação de massas.

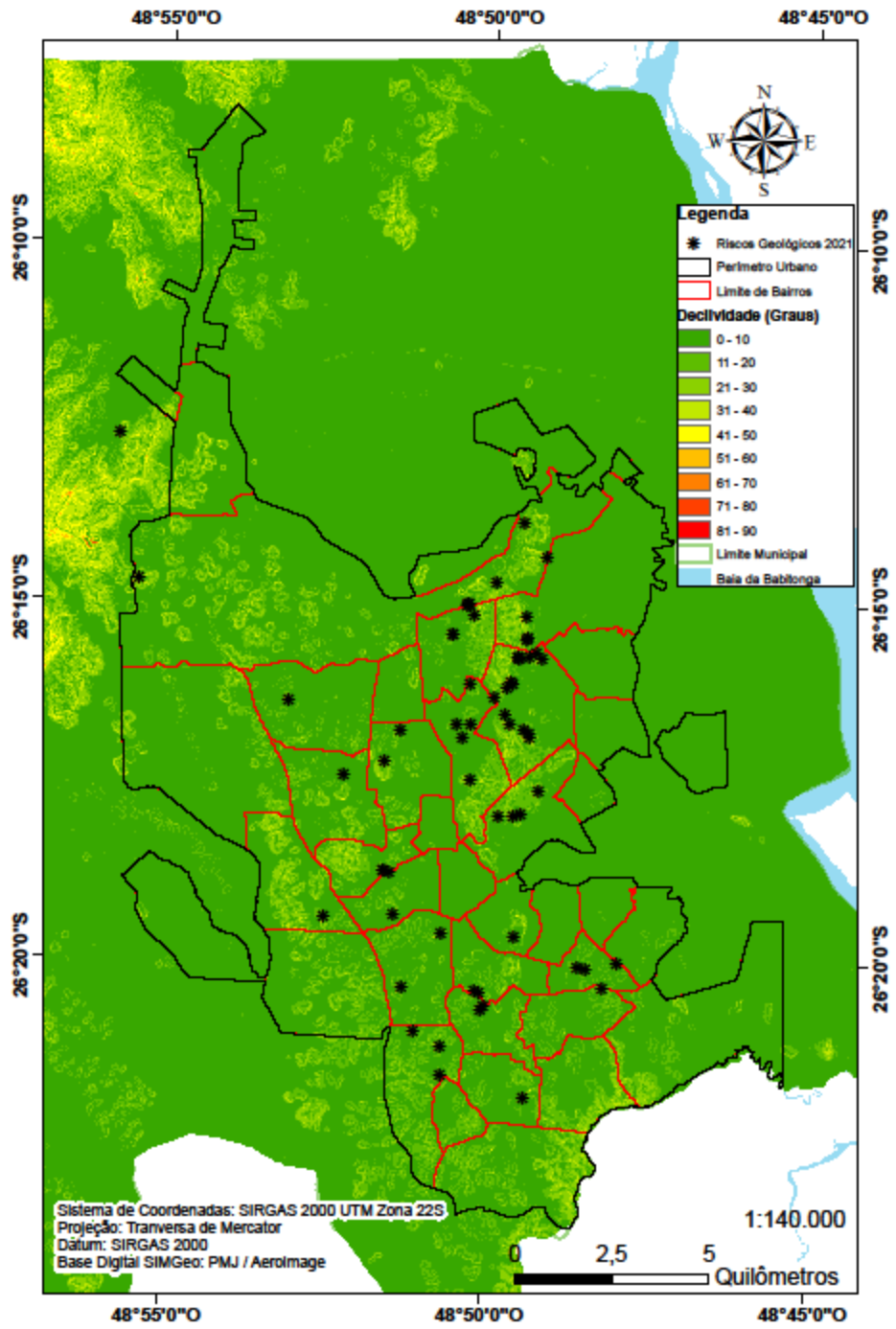
Objetivo da entrevista: obter conhecimento das metodologias e análises da SEPROT quanto ao monitoramento das áreas de risco em Joinville.

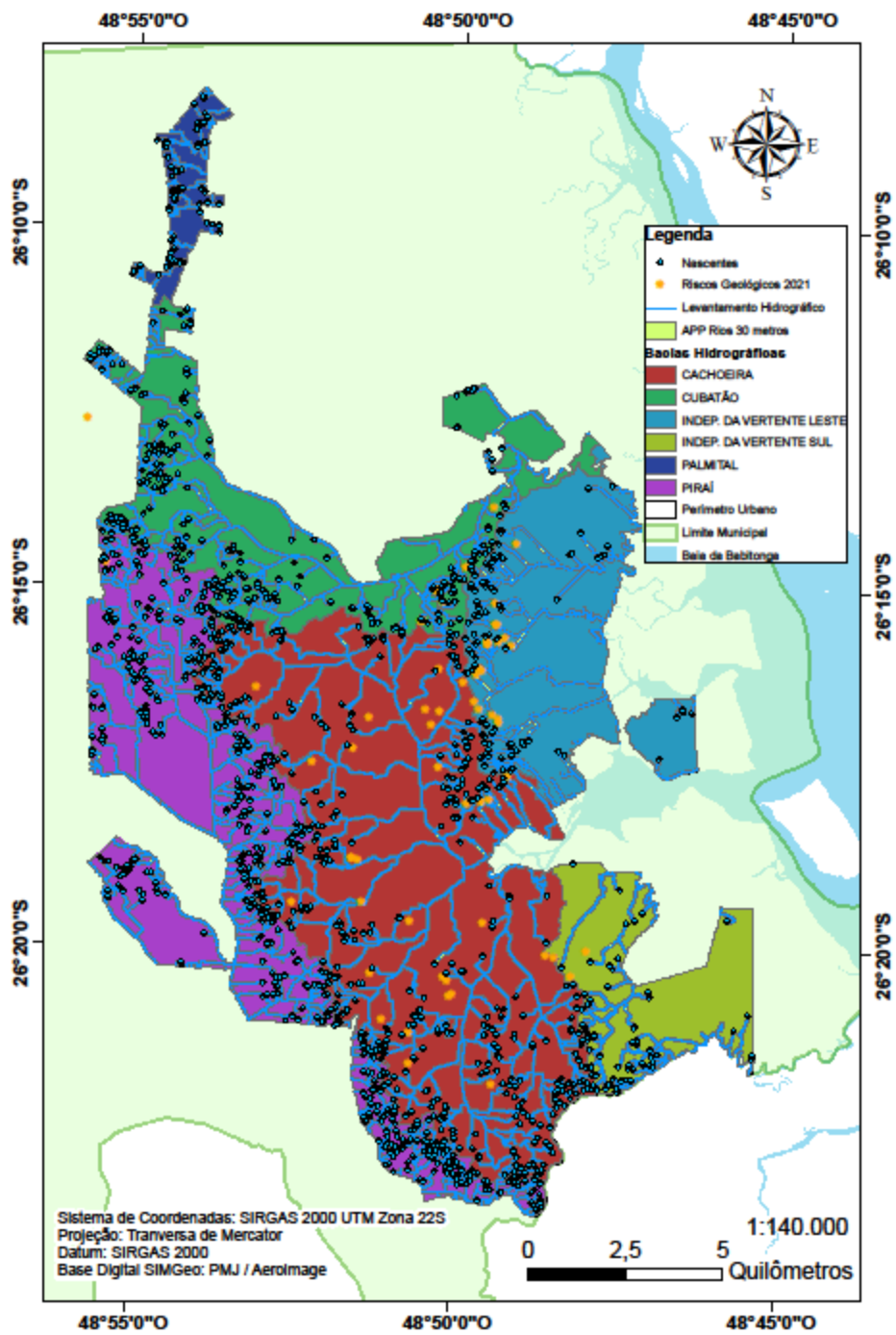
QUESTIONÁRIO:

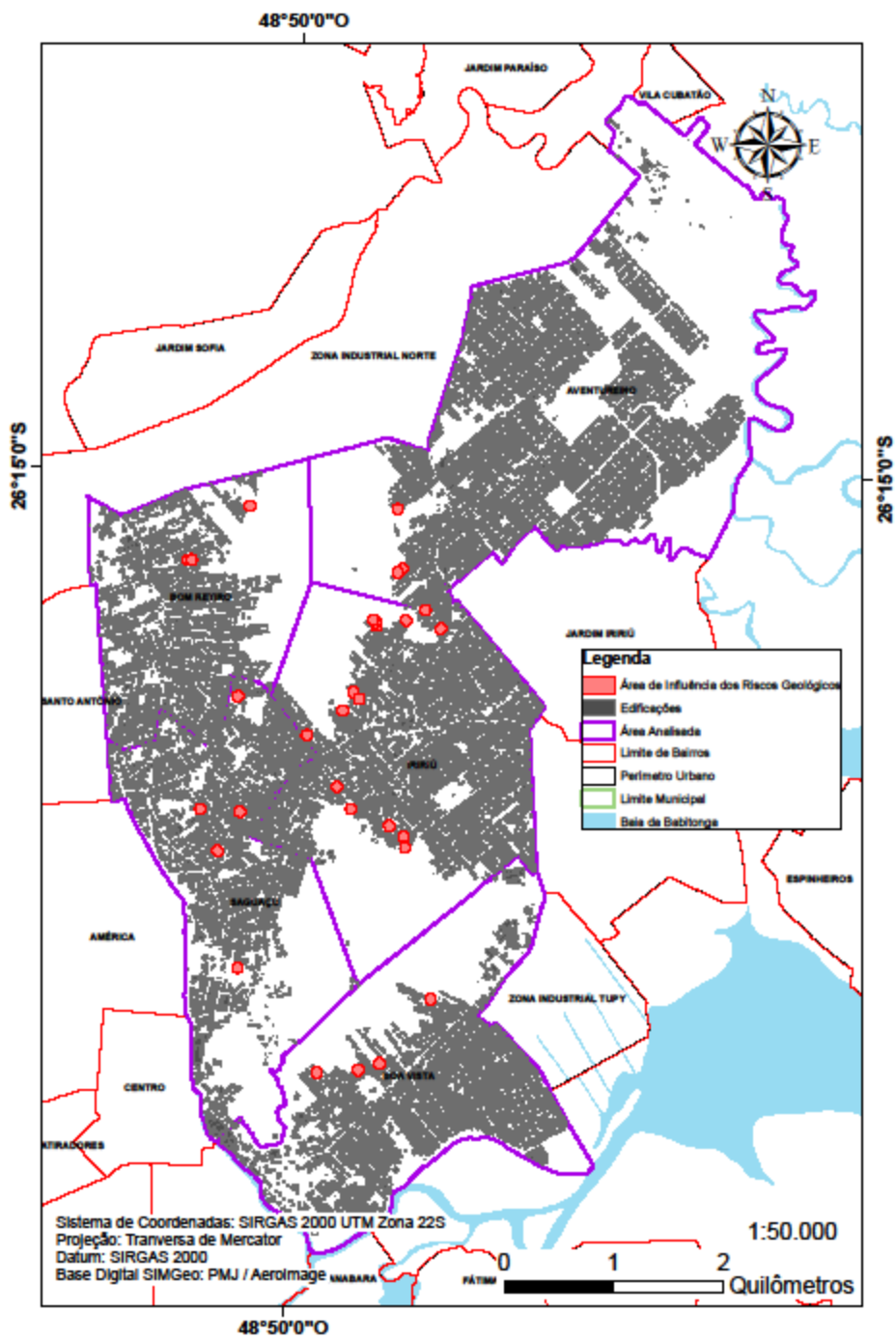
- 1) Como se comportam as áreas de risco em Joinville? Existe alguma frequência ou tendência de desastres geológicos?
- 2) Quais os tipos de movimentos mais comuns na cidade? Tombamentos, deslizamentos, corridas?
- 3) Quais os locais de maiores ocorrências ou riscos?
- 4) As áreas identificadas que ocorrem ou, ainda não, movimentos de massa são de locais ocupados ou ainda não urbanizados? Existe uma tendência de maior número de ocorrências em locais com edificações presentes?
- 5) Densidade Demográfica alta ou baixa?
- 6) Como são identificados/calculados os riscos com base na precipitação prevista? Tempo de chuva, quantidade de chuva? É feito um monitoramento no solo?
- 7) Obras de contenção/intervenção tem se mostrado eficientes quanto à segurança de cortes/taludes?
- 8) Qual a evolução nos estudos de monitoramento dessas áreas? Como era feito, como vem sendo feito e há uma expectativa de otimização desses estudos?
- 9) Quais tipos de equipamentos, tecnologias, softwares, levantamentos, ensaios de solo e simulações são empregados para identificar uma área de risco?
- 10) Como as ferramentas de geoprocessamento auxiliam nos estudos?
- 11) Na visão do profissional, quais melhorias poderiam ser implantadas para identificar as áreas de risco, ou intervenção?
- 12) Como as pesquisas acadêmicas podem contribuir nos estudos de áreas de risco?
 - a. Ampliação de áreas e quais áreas
 - b. Itens que mais afetariam
 - c. Os principais fatores para delimitar uma área de risco
 - d. Existe uma preocupação da retirada da cota 40 para urbanização dessas áreas?
- 13) Há um padrão de solo mais afetado?

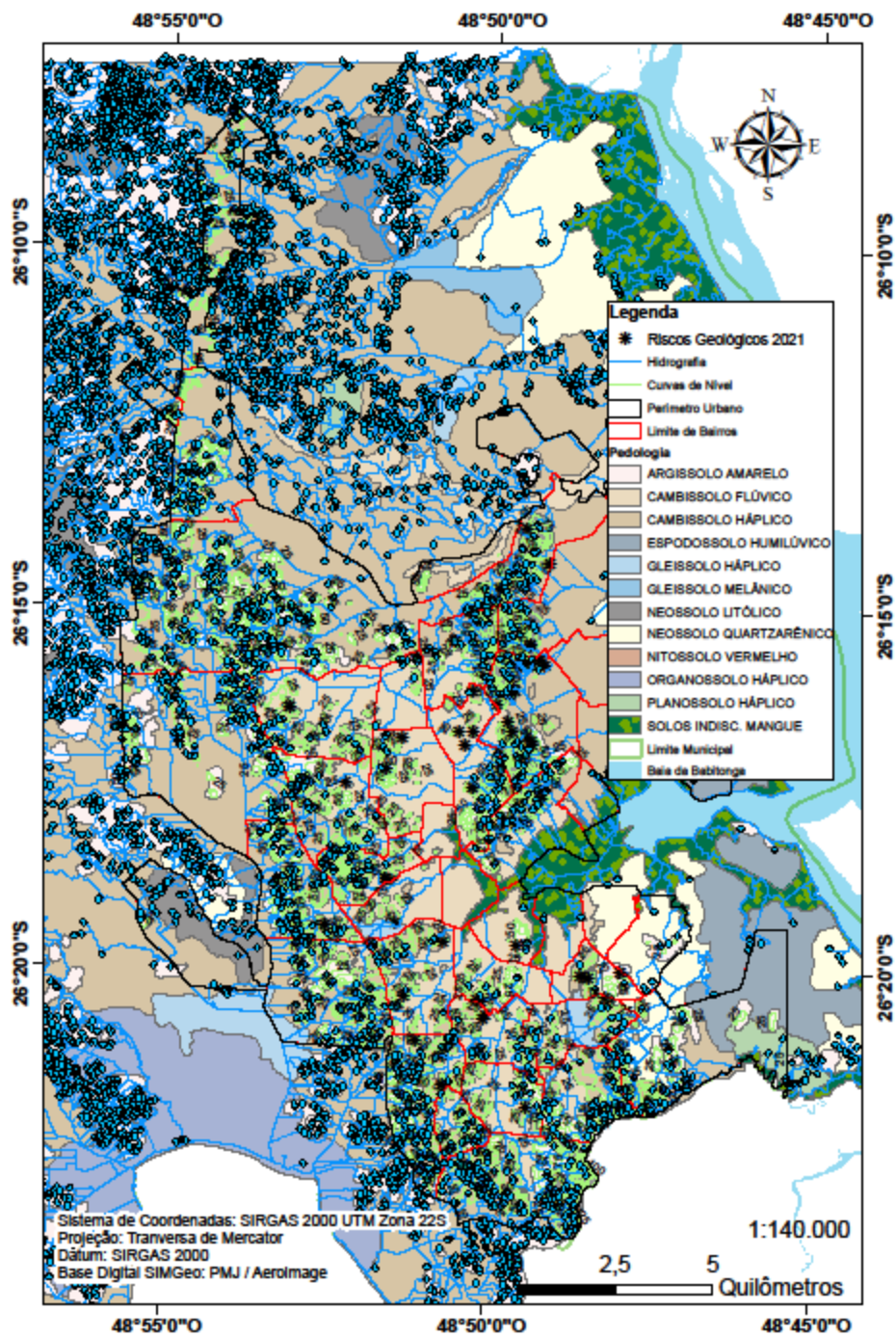
APÊNDICE B – MAPAS E TABELA GEORREFERENCIADA DOS RISCOS











ID RISCO	N	E	inclinação	Grau Risco
1	-26,3128	-48,8585	17	R1
2	-26,2873	-48,8601	60	R2
3	-26,2575	-48,8431	30	R3
4	-26,2627	-48,8258	60	R3
5	-26,2697	-48,8288	60	R2
6	-26,2792	-48,8244	30	R2
7	-26,258	-48,8236	60	R2
8	-26,276	-48,8292	30	R3
9	-26,2392	-48,8189	60	R1
10	-26,253	-48,8376	30	R1
11	-26,2778	-48,8279	60	R2
12	-26,2682	-48,8279	60	R2
13	-26,2622	-48,8232	60	R3
14	-26,2688	-48,8273	60	R2
15	-26,2531	-48,8241	30	R2
16	-26,2782	-48,8381	60	R2
17	-26,3125	-48,86	30	R1
18	-26,2624	-48,826	60	R3
19	-26,2622	-48,8262	30	R3
20	-26,2911	-48,838	60	R2
21	-26,281	-48,8229	45	R2
22	-26,2996	-48,8306	30	R2
23	-26,2503	-48,8389	40	R3
24	-26,3599	-48,8446	30	R2
25	-26,2629	-48,8199	30	R2
26	-26,3497	-48,8517	30	R2
27	-26,3269	-48,8448	10	R2
28	-26,3225	-48,8574	30	R2
29	-26,2731	-48,8852	30	R2
30	-26,2904	-48,8706	30	R1
31	-26,2501	-48,8392	20	R2
32	-26,2505	-48,8394	20	R2
33	-26,2113	-48,9295	30	R3
34	-26,245	-48,9242	40	R3
35	-26,2451	-48,8318	40	R2
36	-26,2575	-48,8428	40	R3
37	-26,2781	-48,8417	30	R2
38	-26,2718	-48,8321	65	R3
39	-26,3443	-48,8345	30	R3
40	-26,353	-48,8447	10	R1
41	-26,231	-48,825	30	R3
42	-26,2799	-48,8561	10	R1
43	-26,3393	-48,8031	30	R1
44	-26,3273	-48,8261	30	R2
45	-26,34	-48,8361	30	R2
46	-26,3125	-48,8602	30	R1
47	-26,3394	-48,8549	40	R2
48	7084450	716200,8	30	R2
49	7089400	717155,9	30	R1
50	7085532	719642,7	30	R3
51	7082093	717211,2	35	R2
52	7092756	715866,1	30	R1
53	715671	7091353	30	R1
54	7085366	718818	35	R2
55	7089989	717623	30	R2
56	7084786	716071,7	35	R2
57	7086780	712075	30	R3
58	718610	7085414	30	R2
59	717390	7091451	70	R4
60	717564	7093575	50	R3
61	717371	7093889	45	R3
62	716967	7089389	45	R2