

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

JULIA FREDERICA EFFGEN

**ANÁLISE DE RISCO DE ESCORREGAMENTOS
TRANSLACIONAIS EM VITÓRIA, ES – BRASIL**

VITÓRIA

2023

JÚLIA FREDERICA EFFGEN

**ANÁLISE DE RISCO DE ESCORREGAMENTOS
TRANSLACIONAIS EM VITÓRIA, ES – BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Geografia, sob a orientação do Professor Dr. Eberval Marchioro.

VITÓRIA

2023



Secretaria Integrada de Pós-Graduação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ATA DE DEFESA DE TESE DO CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - ATA Nº 40 - 24/02/2023.

Em sessão pública ocorrida no dia vinte e quatro de fevereiro de dois mil e vinte três, realizada na Sala de webconferência do Prédio Wallace Vianna do CCHN, procedeu-se a avaliação da tese do aluno **Julia Frederica Effgen**. Às 14h, o Prof. Dr. Eberval Marchioro (UFES), Orientador e Presidente da Comissão Examinadora de Defesa de tese, deu início aos trabalhos, convidando a compor à mesa os seguintes Professores(as) Doutores(as): André Luiz Nascentes Coelho (UFES) e Edson Soares Fialho (UFES) - examinadores internos; Cesar Falcão Barella (UFOP) e Ricardo Tavares Zaidan (UFJF) – examinadores externos. A seguir, o presidente solicitou a doutoranda que fizesse uma explanação de seu trabalho intitulado “**Análise de risco de escorregamentos translacionais em Vitória, ES - Brasil**”. Terminada a apresentação, o presidente passou a palavra aos examinadores, que procederam à arguição da candidata. Ao final, a Comissão, em sessão reservada, deliberou pela **APROVAÇÃO** da referida tese nos termos do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Geografia e alertou que a aprovada somente terá direito ao título de Doutora após entrega da versão final de sua Tese, em meio digital, à Secretaria do Programa. Encerrada a sessão, eu, Prof. Dr. Eberval Marchioro, presidente da Comissão Examinadora, lavrei a presente ata que vai assinada digitalmente por mim e pelos demais componentes da Comissão.

Prof. Dr. Eberval Marchioro (UFES)
Orientador e Presidente da Banca

Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho (UFES)
Examinador Interno

Prof. Dr. Edson Soares Fialho (UFES)
Examinador Interno

Prof. Dr. Cesar Falcão Barella (UFOP)
Examinador Externo

Prof. Dr. Ricardo Tavares Zaidan (UFJF)
Examinador Externo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
ANDRE LUIZ NASCENTES COELHO - SIAPE 3436722
Departamento de Geografia - DG/CCHN
Em 27/02/2023 às 14:15

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/657989?tipoArquivo=O>

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

Às minhas famílias e aos meus amigos de Vila Velha, Brasília e Boston pelo apoio incondicional e incentivos dados durante a execução deste trabalho, em especial, a Guilherme Diniz, Arturo Martinelli, Alexandre Alves, Frederico Pitanga, Leonardo Bonadio, André Moraes, Teresa Alves, Pedro Santos e Fátima Nogueira.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, aos membros da secretaria integrada de Pós-Graduação, da Secretaria de Relações Internacionais da UFES e outros membros da comunidade acadêmica que contribuíram com este trabalho.

Aos membros do Laboratório de Monitoramento e Modelagem de Sistemas Ambientais (LAMOSA), em especial Ícaro Lobo, Fernando Lemos e Jeniffer Couto.

Às amigas queridas que fiz durante o Programa Fulbright nos Estados Unidos, em especial, Alexsandra Bandeira, Indyara Morais e Mariana Ruckert.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa através de bolsa.

Aos funcionários da Prefeitura Municipal de Vitória, em especial os vinculados à Secretaria Municipal de Obras e Defesa Civil. Aos funcionários do Projeto MAPENCO.

Ao meu orientador, Eberval Marchioro, pela confiança, compreensão e apoio.

E a todos que contribuíram de uma forma ou outra para a elaboração deste trabalho.

Last but not least, I thank the Brazilian Fulbright Commission for granting the Doctoral Dissertation Research Award that made possible my stay at Columbia, South Carolina.

I thank, from the bottom of my heart, the warm welcome and support that I received from the members and staff of the University of South Carolina, and to the wonderful and talented members of the Hazards Vulnerability & Resilience Institute, especially Dr. Susan Cutter, Dr. Sahar Derakhshan, Sarah Jackson, Amber Jackson, Leah Blackwood, Qian Huang, and Margot Habets.

RESUMO

Movimentos de massa são parte dos processos de evolução das vertentes, presentes, principalmente, nas regiões mais íngremes do planeta. No Brasil, devido ao clima quente e úmido e à topografia acidentada, o Sudeste é o principal palco de desastres relacionados a movimentos de massa, com eventos notáveis associados as encostas da Serra do Mar. Em Vitória, capital do estado do Espírito Santo, o evento de movimento de massa mais famoso foi o do Morro do Macaco, ocorrido em 1985, com diversos mortos, feridos, desalojados e moradias destruídas. A capital tem diversos estudos de suscetibilidade de movimentos de massa, com ênfase no uso de métodos determinísticos, mas poucos relacionados a risco e vulnerabilidade social. Portanto, esta tese visa analisar o risco imposto à população de Vitória por ocorrências de movimentos de massa. Através da construção de um inventário de ocorrências, com base em laudos geológico-geotécnicos do Projeto MAPENCO produzidos entre 1999 e 2017, a tipologia de escorregamentos translacionais foi identificada como a mais recorrente. Os movimentos de massa, em geral, têm forte influência dos processos antrópicos e das condições do terreno nos processos de instabilização das encostas, com a precipitação sendo o principal fator deflagrador. A suscetibilidade a escorregamentos translacionais foi calculada através do método estatístico Valor Informativo. As áreas de maior recorrência de eventos coincidem com as de maior suscetibilidade, com destaque para o Maciço Central e colinas costeiras, presentes na porção insular do município, de maior declividade, com unidades geotécnicas de afloramentos rochosos, depósitos de talus e solos residuais e uso urbano, enquanto as áreas de menor suscetibilidade e recorrência são planas, associadas às unidades geotécnicas de sedimentos fluvio-marinhos e praias. O índice de vulnerabilidade social foi construído a nível de setores censitários, com dados do Censo Demográfico de 2010. As áreas de maior vulnerabilidade social estão, majoritariamente, nas encostas do Maciço Central, nas colinas costeiras e nas proximidades de manguezais, em bairros empobrecidos e carentes, enquanto as áreas menos vulneráveis ficam em bairros mais estruturados e de renda elevada. As áreas de risco alto e muito alto de escorregamentos translacionais, por sua vez, se concentram no Maciço Central e nas colinas costeiras, com destaque para os bairros mais afetados por esses eventos. A população exposta aos riscos alto e muito alto corresponde a 18% da população total

do município, é jovem, com razão de dependência elevada, de baixa renda e, predominantemente, de cores preta e parda. Por outro lado, áreas de risco baixo ou inexistente tem predominância de pessoas brancas, mais velhas, com menor razão de dependência e maior renda. Essas áreas são planas e sem ocorrências registradas.

Palavras-chave: Inventário; Suscetibilidade; Índice de Vulnerabilidade Social (SOVI).

ABSTRACT

Landslides are part of slopes evolutionary processes present, mainly, on the steepest regions of the planet. In Brazil, due to its hot and humid climate and rugged topography, the South-eastern region is the major landslides-related disasters area, with notable events on the slopes of the Serra do Mar. In Vitória, capital of the Espírito Santo state, the most famous landslide event took place at the Morro do Macaco in 1985, leaving several dead, injured, displaced and houses destroyed. The capital has several landslide susceptibility studies, with predominance on the use of deterministic methods, but few studies related to risk and social vulnerability. Therefore, this thesis aims to analyse the risk imposed to Vitória's population by landslides. Through the construction of an inventory of occurrences, based on Projeto MAPENCO's geologic-geotechnical reports made between 1999 and 2017, the shallow landslide typology was identified as the most recurrent. The landslides, generally, are greatly influenced by anthropic processes and ground conditions, and rainfall is the main triggering factor to slope instability. The susceptibility to shallow landslides was calculated through Informative Value, a statistical method. Areas with greater landslide recurrence match with the greater susceptibilities areas, especially on the Central Massif and coastal hills, on the island portion of the municipality, which are steeper, with geotechnical units comprised of rocky outcrops, talus deposits and residual soils and urban land use. On the other hand, lesser susceptibility and recurrence areas are flat, associated to the geotechnical units comprised of beach and fluvio-marine sediments. The social vulnerability index was made on a census sector level, with data from the 2010 Demographic Census. The most vulnerable areas are, mostly, on the Central Massif and coastal hills slopes and near mangroves, in poor and needy neighbourhoods, while the less vulnerable areas are located on rich and structured neighbourhoods. The high and very high shallow landslide risk areas are concentrated on the Central Massif and coastal hills, especially on the neighbourhoods most affected by those events. The population exposed to high and very high risks adds up to 18% of the municipality's total population. They are young, with high dependency ratio, low income and, mostly, black, and brown. On the other hand, low or non-existent risk areas are occupied, mostly, by white, older, richer people with low dependency ratios. Those areas are flat and with no past occurrences registered.

Keywords: Inventory; Susceptibility; Social Vulnerability Index (SOVI).

LISTA DE SIGLAS

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

MAPENCO – Mapeamento das Áreas de Risco das Encostas do Município de Vitória

ONU – Organização das Nações Unidas

PDU – Plano Diretor Urbano

RMGV – Região Metropolitana da Grande Vitória

SOVI – Índice de Vulnerabilidade Social

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação abreviada de movimentos de encostas.....	31
Figura 2 – Glossário para designação de movimentos de massa.....	32
Figura 3 – Esquema representativo de escorregamento translacional, com marcação de superfície de ruptura e pé do escorregamento.....	34
Figura 4 – Esquema representativo de escorregamento rotacional.	34
Figura 5 – Escorregamento rotacional no Monte Serrat, Santos-SP, em 1928. Material escorregado atingiu hospital.....	35
Figura 6 – Escorregamento em cunha registrado em Belo Horizonte, Minas Gerais.	36
Figura 7 – Esquema representativo de corrida de massa.	36
Figura 8 – Esquema representativo de rastejos, com sinalização em troncos de árvores curvados, postes inclinados, ondulações no solo e cercas desalinhadas. ...	37
Figura 9 – Casa inclinada no bairro Forte São João em decorrência de rastejo.	38
Figura 10 – Esquemas representativos de: a) queda e rolamento de blocos; b) tombamentos.....	39
Figura 11 – Tipos de fatores causais de movimentos de massa.....	39
Figura 12 – Variações no fator de segurança de uma encosta com o tempo.	40
Figura 13 – Sistema de condicionantes proposto por Guidicini e Nieble (1983).	43
Figura 14 – Blocos fraturados em Bento Ferreira, Vitória-ES.....	45
Figura 15 – Representação esquemática das formas de relevo, resultantes da combinação das curvaturas horizontal e vertical.....	46
Figura 16 – Esquema ilustrativo das formas de avaliação de suscetibilidade de movimentos de massa.	55
Figura 17 – Mapeamento Geomorfológico da região ao Norte de Lisboa (Portugal). Os movimentos de massa demarcados são: escarpa de escorregamento, determinada e provável (19); escorregamento translacional raso (20); escorregamento translacional	

raso pequeno (21); escorregamento translacional (22); escorregamento rotacional (23); movimento de encosta complexo (24); escorregamentos e quedas devido à erosão de margens de rios (25); escorregamento raso generalizado (26); queda de blocos (27).....56

Figura 18 – Mapa multitemporal de movimentos de massa da área de Monte Castello di Vibio, região da Umbria (Itália). Legenda: 1) movimentos reliquias; 2) movimentos muito antigos; 3) movimentos pré-1941; 4) movimentos ativos em 1941; 5) movimentos ativos em 1954; 6) movimentos do período entre 1955-1976; 7) movimentos ativos em 1977; 8) movimentos do período entre 1978-1984; 9) movimentos ativos em 1985; 10) movimentos mapeados em campo no inverno de 2010.58

Figura 19 – Ordens de magnitude dos movimentos de massa: duração e tempo de iniciação (em segundos), extensão (em metros), área (metros quadrados), volume (metros cúbicos), velocidade (em m/s), área total do movimento de massa e da área afetada (em metros quadrados) e quantidade.....63

Figura 20 – Movimentos de massa anuais na Província de Shaanxi, com quantidades (barras) e suavização dos dados (linha tracejada) de quedas e escorregamentos, precipitação anual (azul) e períodos de atividade (vermelho) e inatividade (verde) de ocorrências.....63

Figura 21 – Probabilidades modeladas de ocorrência de escorregamentos translacionais em a) 10 anos; b) 20 anos; c) 50 anos; d)100 anos.64

Figura 22 – Limiares globais de intensidade-duração. A linha 1 representa o limiar estabelecido por Caine (1980); a linha 6 é o limiar global estabelecido pelos autores; as linhas 7 são estimativas para chuvas com duração menor ou maior que 48h.....65

Figura 23 – Índice Nacional de Risco dos EUA, para todos os perigos combinados.69

Figura 24 – Mapa final dos Indicadores de Risco de Desastres no Brasil.....70

Figura 25 – Mapa do Índice Basal de Resiliência Comunitária dos Estados Unidos para o ano de 2015.72

Figura 26 – Mapa de perdas potenciais (em euros) provocadas por escorregamentos rasos, região de Santa Marta de Penaguião (Portugal).73

Figura 27 – Estrutura conceitual da vulnerabilidade do lugar a partir dos perigos do lugar (<i>hazards-of-place</i>).	75
Figura 28 – Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) dos municípios brasileiros.	76
Figura 29 – Esquema proposto por Fell e colaboradores (2008) para gerenciamento, avaliação e análise de riscos.....	78
Figura 30 – Esquema de elaboração do índice nacional de risco de movimentos de massa de Cuba.	80
Figura 31 – Localização de Vitória, em relação ao Brasil e à Região Metropolitana da Grande Vitória.	82
Figura 32 – Bairros e regiões administrativas de Vitória.	84
Figura 33 – Aterros realizados em Vitória/ES.....	87
Figura 34 – Esboço litológico simplificado de Vitória/ES, em mapeamento de escala 1:100.000, feito pelo Serviço Geológico do Brasil.	91
Figura 35 – Vista do Parque Estadual da Fonte Grande, Maciço Central de Vitória, em direção norte. À direita, está a Pedra dos Dois Olhos; ao centro, a extensão norte do Maciço Central; à esquerda, ao fundo, o Mestre Álvaro, no município de Serra.....	92
Figura 36 – Encosta da Formação Barreiras em Jardim Camburi, nordeste de Vitória/ES.	93
Figura 37 – Praia de Camburi, em Vitória/ES, com o Mestre Álvaro (Serra/ES) ao fundo.	94
Figura 38 – Domínios, regiões e unidades geomorfológicas de Vitória/ES, em mapeamento de escala 1:250.000.	96
Figura 39 – Unidades de solos presentes em Vitória/ES, em mapeamento de escala 1:250.000.	99
Figura 40 – Unidades Geotécnicas de Vitória/ES, em mapeamento em escala 1:16.000 realizado pelo Projeto MAPENCO.....	102
Figura 41 – Zoneamento estabelecido pelo Plano Diretor Urbano (2018) de Vitória/ES.	107

Figura 42 – Porção central da regional II – Santo Antônio, com vista para quatro zoneamentos: Arterial, de Proteção Ambiental, de Ocupação Limitada e Especiais de Interesse Social.....	108
Figura 43 – Trecho de ZEIS no bairro Cruzamento, regional III – Jucutuquara.	109
Figura 44 – Uso e Cobertura da Terra de Vitória/ES, em mapeamento realizado pelo IEMA, derivado de levantamentos realizados em 2012.	110
Figura 45 – Diagrama resumido das etapas de desenvolvimento de pesquisa. Hexágonos com bordas tracejadas são métodos, retângulos são dados de entrada e saída (<i>inputs e outputs</i>).....	112
Figura 46 – Captura de tela do inventário elaborado a partir dos laudos geológico-geotécnicos.	115
Figura 47 – Exemplo de partição aleatória de dados.	119
Figura 48 – Exemplo de curva ROC, com os eixos de sensibilidade, especificidade, erros tipo I e II.	122
Figura 49 – Distribuição espacial dos laudos geológico-geotécnicos registrados pela MAPENCO, entre 1999-2018, em Vitória.....	140
Figura 50 – Tipologias de movimentos de massa registradas em Vitória.	148
Figura 51 – Tipologias de movimentos de massa, com destaque para as regiões mais afetadas em Vitória.	150
Figura 52 – Vista aérea do Morro do Macaco, após o movimento de massa de 1985.	152
Figura 53 – Tipologias de movimentos de massa registradas em Vitória, em relação ao zoneamento do PDU e aos Parques e Áreas Protegidas. O destaque é dos laudos no bairro Comdusa.....	159
Figura 54 – Domicílio em crista de movimento de massa no bairro Comdusa.....	160
Figura 55 – Exemplos de proximidade das ocorrências registradas nas ZARs, ZOLs e ZORs com as ZPAs e ZEIS.....	161
Figura 56 – Escorregamento translacional causado por rompimento de tubulações a montante da encosta.....	166

Figura 57 – Variáveis contínuas de entrada para modelagem de suscetibilidade a movimentos de massa em Vitória.	169
Figura 58 – Histogramas dos planos de informação Elevação, Declividade, Orientação de Vertentes, Curvatura de Vertentes em Planta, Curvatura de Vertentes em Perfil, Extensão de Vertentes, Acumulação de Fluxos (em log), Índice Topográfico de Umidade (TWI), Densidade de Lineamentos e Distâncias de Edificações, Ruas e Drenagens.....	170
Figura 59 – Modelo de suscetibilidade a escorregamentos translacionais de Vitória/ES.	177
Figura 60 – Curvas ROC de predição e sucesso da modelagem de suscetibilidade de escorregamentos translacionais.....	181
Figura 61 – Perigo (ou probabilidades temporais) de escorregamentos translacionais em Vitória, por bairros.	185
Figura 62 – Espacialização dos fatores componentes do Índice de Vulnerabilidade Social de Vitória, com classificação por desvios-padrão em relação à média.	189
Figura 63 – Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) de Vitória.	192
Figura 64 – Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) das regionais II – Santo Antônio e VII – São Pedro.	195
Figura 65 – Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) das regionais III – Jucutuquara e IV – Maruípe.....	197
Figura 66 – Coeficientes de correlação de <i>Spearman</i> entre o SoVI, percentual de população preta e parda, renda per capita mensal e percentual de população analfabeta de Vitória.	200
Figura 67 – Comparação do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) de Vitória, percentual de população de cor ou raça preta ou parda, renda per capita mensal (classificada por salários-mínimos de 2010) e percentual de população analfabeta (classificada por quebras naturais, natural breaks).	201
Figura 68 – Teste de agrupamento local (Anselin Local Moran's I) do Índice de Vulnerabilidade Social de Vitória.....	204

Figura 69 – Risco de escorregamentos translacionais em Vitória, para o período de um ano, com destaque para áreas de risco médio na regional VIII – Jardim Camburi.	207
Figura 70 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional II – Santo Antônio, em Vitória.....	210
Figura 71 – Vista a montante de escorregamento translacional registrado em Caratoíra.	213
Figura 72 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional VII – São Pedro, em Vitória.....	216
Figura 73 – Encosta com trincas no solo e árvore de grande porte no topo, no bairro Ilha das Caieiras.....	217
Figura 74 – Panorâmica da divisa dos bairros Nova Palestina e Resistência, demarcada pela rua Jorge Rosa (linha vermelha). A linha branca corresponde à Rodovia Serafim Derenzi.	219
Figura 75 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional I – Centro, em Vitória.	220
Figura 76 – Espaços protegidos na regional I – Centro, com destaque para o evento registrado no laudo geológico-geotécnico 115/2013, no bairro do Moscoso.....	223
Figura 77 – Visão lateral do restaurante Sol da Terra (laudo 011/2003) e visão aérea da destruição causada pelo escorregamento translacional.....	225
Figura 78 – Imagens do entorno da quadra da Escola de Samba Unidos da Piedade, exibidos na reportagem “Água da chuva forma ‘cachoeira’ e arrasta carro na Piedade; vídeo”, do dia 16/04/2018.....	226
Figura 79 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional III – Jucutuquara, em Vitória.	228
Figura 80 – Escorregamento translacional próximo à Curva do Saldanha, no bairro Forte São João.....	231
Figura 81 – Vista da cicatriz do escorregamento registrado no laudo geológico-geotécnico 127/2013, no bairro Consolação.	233

Figura 82 – Vista da face nordeste do morro de Gurigica, região conhecida como morro Jaburu, a partir do morro da Gamela (bairro Santa Lúcia).	234
Figura 83 – Muro tombado em igreja causado por escorregamento translacional em talude de corte no morro Gurigica.	235
Figura 84 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional IV – Maruípe, em Vitória.....	237
Figura 85 – Vista do morro de São Benedito, a partir do Morro da Gamela (Santa Lúcia).	241
Figura 86 – Escorregamento translacional (destacado em vermelho) nos fundos de moradia de madeirite, em sistema de corte e aterro, em São Benedito.....	242
Figura 87 – População exposta à risco de escorregamentos translacionais em Vitória.	244
Figura 88 – Áreas de risco de escorregamentos translacionais nas poligonais do Projeto Terra Mais Igual, em Vitória.	247
Figura 89 – Captura de tela do <i>site</i> “Monitoramento MAPENCO Web”, com as estações pluviométricas instaladas em Vitória, índices registrados e classificação dos locais monitorados.	252
Figura 90 – Estrutura de contenção na Av. Vitória, no bairro Bento Ferreira (fotografia de abril/2019).	253

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População residente da RMGV, de acordo com situação do domicílio (Tabela 1378 do Censo Demográfico 2010).	83
Tabela 2 – População residente das Regionais administrativas (Censo Demográfico 2010).	85
Tabela 3 – Áreas das unidades geológicas de Vitória/ES, de acordo com o mapeamento do Serviço Geológico do Brasil (SGB).	90
Tabela 4 – Áreas ocupadas por cada unidade geomorfológica em Vitória/ES, de acordo com mapeamento do IJSN, com enquadramento nos três primeiros táxons. 97	
Tabela 5 – Unidades de solo em Vitória/ES, com suas respectivas extensões	100
Tabela 6 – Extensão das unidades geotécnicas em Vitória/ES.	103
Tabela 7 – Zoneamentos urbanos de Vitória, com suas características principais, referência legal no PDU e áreas.	106
Tabela 8 – Extensões das classes de uso e cobertura da terra em Vitória/ES	111
Tabela 9 – Exemplo de tabela cruzada de dimensão 2x3.	116
Tabela 11 – Laudos geológico-geotécnicos registrados pela MAPENCO, com divisão entre laudos de ocorrência (O) e de possibilidade de ocorrência (P).	139
Tabela 12 – Contagem e porcentagem de tipologias de movimentos de massa nos laudos registrados em Vitória, entre 1999-2017.	146
Tabela 13 – Laudos de movimentos de massa registrados por regionais de Vitória.	149
Tabela 14 – Contagem de fatores causais preparatórios descritos nos laudos de ocorrências (porcentagens calculadas em relação ao total de laudos, $n = 548$).	153
Tabela 15 – Fatores causais preparatórios, de acordo com a tipologia registrada nos laudos.	155

Tabela 16 – Testes qui-quadrado entre os grupos de fatores causais preparatórios e a ocorrência de movimentos de massa, com valor crítico, valores p, coeficiente <i>phi</i> e se a hipótese nula (de independência entre as variáveis) é aceita.	156
Tabela 17 – Testes qui-quadrado entre os fatores causais preparatórios e a ocorrência de movimentos de massa, com valor crítico, valores p, coeficiente phi e se a hipótese nula é aceita.	156
Tabela 18 – Tipologias de movimentos de massa registradas por zoneamentos urbanos do PDU de Vitória (2018).	158
Tabela 19 – Gatilhos de movimentos de massa registrados em Vitória entre 1999 e 2017 (porcentagens calculadas em relação ao total de laudos, $n = 548$).....	162
Tabela 20 – Frequência das tipologias de movimentos de massa registradas e os grupos dos fatores causais gatilhos.	163
Tabela 21 – Testes de associação entre as ocorrências de movimentos de massa e os grupos de fatores causais gatilhos, com valores de qui-quadrado calculados e críticos, valores p, coeficiente <i>phi</i> e se a hipótese nula (de independência entre as variáveis) é aceita.	164
Tabela 22 – Testes de associação entre os fatores causais gatilhos e ocorrências de movimentos de massa, com valores qui-quadrado calculados e críticos, valores p, coeficiente phi e se a hipótese nula (independência das variáveis) é aceita.	165
Tabela 23 – Teste de agrupamento espacial por análise de vizinho mais próximo das ocorrências de movimentos de massa e as tipologias mais recorrentes.....	167
Tabela 24 – Matriz de correlações de Spearman dos planos de informação Elevação, Declividade, Orientação de Vertentes, Curvatura de Vertentes em Planta, Curvatura de Vertentes em Perfil, Extensão de Vertentes, Acumulação de Fluxos (em log), Índice Topográfico de Umidade (TWI), Densidade de Lineamentos e Distâncias de Edificações, Ruas e Drenagens.	171
Tabela 25 – Coeficientes <i>V</i> de <i>Cramér</i> entre as variáveis categóricas unidades geológicas, geomorfológicas, de solos e geotécnicas.....	172
Tabela 26 – Valores de qui-quadrado para teste de independência entre as variáveis de entrada e a ocorrência de escorregamentos translacionais.	173

Tabela 27 – Valores informativos de escorregamentos translacionais (<i>VIET</i>) calculados a partir do subconjunto de treinamento (<i>ETtrein</i> , n = 244). Valores em itálicos são os mais altos e mais baixos de cada fator.	174
Tabela 28 – Frequência e extensão das classes de suscetibilidade a escorregamentos translacionais em Vitória.	176
Tabela 29 – Probabilidades de ao menos um escorregamento translacional ocorrer nos bairros de Vitória, com tempos de retorno entre 1 e 50 anos, em ordem decrescente de ocorrências.	182
Tabela 30 – Fatores componentes do Índice de Vulnerabilidade Social de Vitória, com suas cardinalidades, percentuais de variância explicada, variáveis dominantes e suas cargas fatoriais.	187
Tabela 31 – Valores limiares das classes de risco de escorregamentos translacionais em Vitória, definidas através do método de quebras naturais (<i>natural breaks (Jenks)</i>).	205
Tabela 32 – Extensões das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios de cada regional administrativa de Vitória.	206
Tabela 33 – Rendimento nominal médio mensal das pessoas de mais de 10 anos de idade, com rendimento (em reais), por regionais administrativas de Vitória.	209
Tabela 34 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional II – Santo Antônio.	211
Tabela 35 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional VII – São Pedro.	215
Tabela 36 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional I – Centro.	221
Tabela 37 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional III – Jucutuquara.	227
Tabela 38 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional IV – Maruípe.	236
Tabela 39 – Laudos geológico-geotécnicos de ocorrências registrados em Vitória por classes de risco.	243

Tabela 40 – Tabulação cruzada de características demográficas relacionadas aos residentes de Vitória e classes de risco de escorregamentos translacionais (agregadas pela mediana).....	246
Tabela 41 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais das poligonais do Projeto Terra Mais Igual, em Vitória.	248
Tabela 42 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais por zoneamentos do PDU de Vitória.	251

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Lista de fatores causais de movimentos de massa.	41
Quadro 2 – Linhagens intelectuais, com suas perguntas centrais, conceitos relacionados, unidades de exposição, escalas de decisão e exemplo de definição de vulnerabilidade.	68
Quadro 3 – Descrições dos tipos de análises de risco de movimentos de massa. ...	77
Quadro 4 – Planos de informação, escalas ou resoluções espaciais e disponibilidade.	113
Quadro 5 – Modelo de tabela de contingência, onde – e + indicam ausência e presença de movimento de massas.....	123
Quadro 6 – Fatores predisponentes de movimentos de massa considerados para avaliação de suscetibilidades.	123
Quadro 7 – Intervalos usados nas reclassificações dos planos de informações.....	126
Quadro 8 – Características populacionais que influenciam a Vulnerabilidade Social, com descrição e forma de influência na vulnerabilidade (se atua aumentando “+” ou diminuindo “-”).	130
Quadro 9 – Conceitos, códigos e descrições das variáveis coletadas do Censo Demográfico de 2010 para Vitória/ES.	133
Quadro 10 – Classificação de risco de movimentos de massa adotada, com as cores da legenda.....	137

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	OBJETIVOS E HIPÓTESES	29
2.1	HIPÓTESES	29
3	MOVIMENTOS DE MASSA	30
3.1	TIPOLOGIAS ADOTADAS NO BRASIL.....	33
3.2	FATORES CONDICIONANTES.....	39
4	O RISCO E SUAS COMPONENTES.....	51
4.1	SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA	53
4.1.1	Métodos de avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa	54
4.2	PERIGO DE MOVIMENTOS DE MASSA	61
4.3	VULNERABILIDADE	66
4.4	RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA.....	77
5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	81
5.1	CONTEXTO HISTÓRICO	85
5.2	ASPECTOS FÍSICOS.....	89
5.2.1	Climatologia	89
5.2.2	Geologia	90
5.2.3	Geomorfologia	94
5.2.4	Pedologia	98
5.2.5	Geotecnia	101
5.2.6	Uso e cobertura da terra	105
6	MATERIAIS E MÉTODOS.....	112
6.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	112
6.2	PROCESSAMENTO DE DADOS	114
6.2.1	Procedimentos da Análise de Inventário	115
6.2.2	Cálculo de Suscetibilidades.....	118
6.2.3	Cálculo de Perigo	128
6.2.4	Cálculo do índice de vulnerabilidade social (SoVI®)	130
6.2.5	Cálculo de Risco.....	136

7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	139
7.1	ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE MOVIMENTOS DE MASSA EM VITÓRIA.....	139
7.1.1	Tipologias mais recorrentes e distribuição espacial	146
7.1.2	Fatores causais preparatórios e gatilhos	153
7.1.3	Teste de hipótese de agrupamento espacial	166
7.2	SUSCETIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS	167
7.2.1	Seleção das variáveis.....	168
7.2.2	Modelo de suscetibilidade a escorregamentos translacionais 174	
7.3	PERIGO DE ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS	181
7.4	VULNERABILIDADE SOCIAL DE VITÓRIA	186
7.4.1	Teste de hipótese de agrupamento espacial	202
7.5	RISCO DE ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS.....	205
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES	254
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	259
9	ANEXO A – OCORRÊNCIAS REGISTRADAS POR REGIONAIS ADMINISTRATIVAS E BAIROS DE VITÓRIA/ES	295

1 INTRODUÇÃO

Os movimentos gravitacionais de massa são fenômenos com potencial de causar danos, com recorrência em todo o planeta, estando ligados à evolução do relevo de áreas inclinadas e potencializados pela ação humana. Os efeitos dos movimentos de massa, quando atingem comunidades, podem se tornar desastrosos, causando destruição, perdas econômicas e até fatalidades. Além disso, os movimentos de massa podem ocorrer de forma agrupada ou isolada, tanto espacial quanto temporalmente.

A partir da compilação de inventários, é possível avaliar a frequência dos eventos de movimentos de massa, assim como as tipologias mais recorrentes, as características locais que potencializam a ocorrência (como litologia, vegetação, drenagem, inclinação das vertentes etc.), os danos causados e os fatores gatilhos de instabilidade, como degelos de neve, terremotos, grandes tempestades etc.

Os inventários podem ser construídos a partir de registros de Defesa Civil (AMARAL, 1996; SALAROLI, 2003), jornais e notícias (PEREIRA *et al.*, 2014; ZÊZERE *et al.*, 2014), coleta de dados em campo (CARRARA; MERENDA, 1976; ZÊZERE; FERREIRA; RODRIGUES, 1999), interpretação de imagens aéreas e/ou orbitais (GERENTE *et al.*, 2017; GLADE, 2001) ou uma combinação de diversos métodos (DAMM; KLOSE, 2015; KIRSCHBAUM; STANLEY; ZHOU, 2015).

Os movimentos de massa são eventos que tendem ao agrupamento espacial devido aos fatores gatilhos ou aos materiais componentes das encostas. Portanto, análises de agrupamentos podem ser uma primeira estratégia de avaliação de suscetibilidades (LIN; KE; LO, 2017; WU; SONG, 2018) ou para verificar padrões de instabilidades regionais (GUTHRIE; EVANS, 2004).

Estudos conduzidos na temática de movimentos de massa no Brasil focam, principalmente, em descrições e retroanálises de eventos, como os realizados por Meis e Silva (1968), de Ploey e Cruz (1979), Tatizana e colaboradores (1987) e Parizzi e colaboradores (2011), e em avaliações de suscetibilidade (ARAÚJO; BARELLA; FERNANDES, 2021; COELHO NETTO *et al.*, 2007; DIAS *et al.*, 2021; EIRAS *et al.*, 2021; GERENTE; LUIZ; SANTO, 2014; MARTINS *et al.*, 2017). Análises de risco de movimentos de massa são realizadas em menor quantidade (CASAGRANDE *et al.*,

2020; HADER; REIS; PEIXOTO, 2022; LISTO; VIEIRA, 2012; ZAIDAN; FERNANDES, 2015), e, por vezes, estão associadas a outras ameaças, como inundações e recalques (IWAMA; BATISTELLA; FERREIRA, 2014).

Sepúlveda e Petley (2015), em pesquisa sobre movimentos de massa fatais na América Latina e Caribe entre 2004-2013, apontam que o Brasil teve o maior número de movimentos de massas fatais (119 eventos, com 2.262 mortos), enquanto o Haiti teve a maior quantidade de vítimas fatais (4.529 mortos em 33 eventos). Os autores apontam que existe tendência de muitas ocorrências pequenas de movimentos de massa com poucas fatalidades, enquanto os eventos mais fatais são mais catastróficos e raros. Além disso, as fatalidades estão fortemente relacionadas a densidade populacional dos países.

O sudeste brasileiro, em especial, combina alta densidade populacional, ocupação desordenada das encostas, relevo acidentado e clima quente e úmido, propício a ocorrências de chuvas intensas, tornando-se extremamente suscetível a movimentos de massa (CRUZ, 1990; DIAS; HÖBLING; GROHMANN, 2021b; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; TATIZANA *et al.*, 1987; VIEIRA *et al.*, 2018).

A região Sudeste apresenta o maior contingente populacional exposto à risco no Brasil, com aproximadamente 4,2 milhões de habitantes em áreas de risco. O Espírito Santo apresenta a menor população bruta exposta a riscos da região (cerca de 500 mil habitantes), mas a maior proporção da região (14,3%). Os municípios de Serra e Vitória liderando o quantitativo de moradores expostos no estado, com, respectivamente, 132.433 e 87.084 habitantes em áreas de risco (IBGE, 2018).

As mudanças climáticas, ao alterarem os padrões (temporal e espacial) e as intensidades das precipitações, podem contribuir para o aumento da chance de ocorrência de movimentos de massa (GUZZETTI, 2021; OLSSON *et al.*, 2019). Estudos já identificaram relações causais entre movimentos de massa e mudanças climáticas, mas as regiões do planeta com propensão a sofrerem impactos mais severos e abrangentes são menos investigadas (GARIANO; GUZZETTI, 2016).

A intensificação de eventos extremos meteorológicos (chuvas intensas e secas mais frequentes) tem impactos sociais, ambientais e econômicos, causando perdas e interrompendo a normalidade cotidiana (ROZA, 2021), além de expor pessoas e

estruturas à riscos (RONCANCIO; NARDOCCI, 2016) e afetar a saúde mental da população (NOAL; RABELO, 2022).

Em análise de indicadores climáticos, Roza (2021) identificou tendência de aumento nos eventos de precipitação extremas, estiagens e secas na mesorregião Central do estado do Espírito Santo, onde fica a Região Metropolitana da Grande Vitória. A recorrência de eventos de precipitação extrema leva ao aumento de incidência de movimentos de massa, inundações e cheias. Essa tendência apontada por Roza (2021) concorda com a projeção feita por Gariano e Guzzetti (2016) de aumento das ocorrências de escorregamentos translacionais e corridas de detritos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, devido à mudanças em padrões de precipitação.

Vitória, capital do estado do Espírito Santo, tem poucos registros de movimentos de massa de grande magnitude. O evento do Morro do Macaco, o maior já registrado no município, teve volume estimado em 7.200 m³ (GOULART, 2005), magnitude pequena segundo a classificação de Fell (1994). Para fins comparativos, escorregamentos ocorridos nas bacias dos rios Quitite e Papagaio em 1996, no Rio de Janeiro/RJ, movimentaram mais de 1 milhão de metros cúbicos de materiais (ARAÚJO; BARELLA; FERNANDES, 2021).

No entanto, mesmo movimentos de massa de baixa magnitude causam danos e transtornos à população, como rompimentos de tubulações de água, interdições de moradias, vias de acesso, interdição de parques (BORGES, 2018; HELEODORO, 2022), destruição (total ou parcial) de moradias e mortes (SALAROLI, 2003).

Assim, estudos aprofundados sobre movimentos de massa em Vitória se mostram necessários, visando esclarecer onde ocorrem, como são deflagrados, quem são as pessoas afetadas, as condições do terreno que contribuem para a instabilidade, limiares críticos de precipitação, entre outros.

Salaroli (2003) construiu um inventário de movimentos de massa de Vitória, com informações de diversas fontes (reportagens do jornal "A Gazeta", laudos do Corpo de Bombeiros e da Defesa Civil municipais e do Projeto MAPENCO), considerando o período entre 1984 e 2001 e identificou correlações entre índices pluviométricos e instabilidades de encostas. Por sua vez, Couto (2018) elaborou um inventário de movimentos de massa para a bacia de drenagem de Fradinhos com dados do Projeto MAPENCO, na face leste do Maciço Central de Vitória, considerando o período entre

1999-2015, visando analisar como a morfometria, a ação antrópica e a pluviosidade influenciam na distribuição espacial e temporal dos movimentos de massa.

Os estudos de suscetibilidade a movimentos de massa em Vitória são predominantes, seguindo tendência nacional e global, com a aplicação de métodos variados e prevalência do modelo SHALSTAB (DIAS; HÖLBLING; GROHMANN, 2021b). Bortoloti e colaboradores (BORTOLOTTI *et al.*, 2015) usaram uma combinação de métodos estatísticos (*frequency ratio*, ou taxa de frequência) e heurísticos (lógica *fuzzy* e Análise de Processos Hierarquizados, APH) para avaliar a suscetibilidade a movimentos de massa no município de Vitória, enquanto Pimentel (2019) utilizou o método heurístico de Jurandyr Ross (fragilidade potencial e emergente do relevo) para analisar as áreas suscetíveis a movimentos de massa.

Silva e colaboradores (2013) simularam diversos cenários de suscetibilidade para o município de Vitória utilizando parâmetros geotécnicos das bacias Quitite e Papagaio, Rio de Janeiro/RJ. Effgen, Couto e Marchioro (2018) confrontaram as classes de suscetibilidade a escorregamentos translacionais na bacia de Fradinhos com o uso e cobertura da terra e o zoneamento do Plano Diretor Urbano, enquanto Effgen e colaboradores (2020) realizaram a parametrização geotécnica necessária para o uso do SHALSTAB em sua formulação completa, considerando a coesão dos solos no cálculo de suscetibilidades da mesma bacia.

Estudos relacionados a vulnerabilidades sociais foram desenvolvidos em Vitória usando os bairros como recortes espaciais de análise. Carreço e Castiglioni (2018), por exemplo, utilizam informações demográficas, de segurança pública e a declividade dos bairros para gerar um índice socioambiental de vulnerabilidade do município. Por outro lado, Jorge e Pessotti (2021) analisam a relação entre a contaminação e letalidade por COVID-19 e diferentes indicadores demográficos.

Pesquisas acadêmicas dedicadas à análise de risco de movimentos de massa em Vitória são inexistentes. Visando estabelecer uma metodologia reproduzível em outras localidades, este trabalho analisa o risco de movimentos de massa em Vitória, através da construção de um inventário, cálculo de suscetibilidade com método estatístico baseado em dados (*data-driven*), recomendado por especialistas (COROMINAS *et al.*, 2014) e construção de um índice de vulnerabilidade social para o município.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

O objetivo geral deste trabalho foi realizar a avaliação de riscos de movimentos de massa em Vitória, capital do estado do Espírito Santo, através de métodos estatísticos combinados.

Para apoiar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram contemplados:

- Inventariar e analisar a ocorrência e distribuição espacial dos movimentos de massa.
- Calcular e classificar as suscetibilidades e perigos a movimentos de massa, para a tipologia mais recorrente.
- Estimar e categorizar a vulnerabilidade social da população de Vitória.
- Estimar e analisar o risco da tipologia de movimento de massa prevalente em Vitória.

2.1 HIPÓTESES

As hipóteses regentes desta pesquisa são:

- A ocorrência de movimentos de massa, em Vitória, está relacionada a atividade antrópica.
- O predomínio de movimentos de massa se associa às áreas de maior vulnerabilidade social.
- A ocorrência de movimentos de massa e de vulnerabilidade social em Vitória apresenta agrupamento espacial.

3 MOVIMENTOS DE MASSA

Movimentos de massa são definidos como deslocamentos para baixo e para fora da encosta de materiais (solo, rochas e detritos), sob efeito da força gravitacional. Outros materiais envolvidos (como água e gelo) atuam na diminuição da resistência dos materiais da encosta e aumentando a plasticidade e fluidez de solos (BIGARELLA *et al.*, 2003; CRUDEN; VARNES, 1996; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; SELBY, 1993; UNDRO, 1980).

Como são processos naturais de grande vulto, os movimentos de massa modelam o relevo terrestre, podendo ter seus impactos potencializados ou minimizados pela ação humana.

Os movimentos de massa se diferenciam de processos erosivos em função de suas origens, magnitudes e frequências. Os processos erosivos ocorrem em etapas sucessivas de remoção, transporte e deposição de partículas (MORGAN, 2005), com o principal mecanismo de transporte sendo a água (SIDLE; OCHIAI, 2006b), enquanto movimentos de massa são coletivos, com o material se movimentando em conjunto sob ação da gravidade. Em relação a magnitude e frequência, eventos erosivos tem menor magnitude e maior frequência, enquanto movimentos gravitacionais de massa são eventos coletivos de encostas, de maior magnitude, mas de menor frequência (GUIDICINI; NIEBLE, 1983; SELBY, 1993).

Diversas formas de classificações de movimentos de massa são possíveis, uma vez que cada pesquisador (e respectiva disciplina) adota diferentes critérios para separá-los, como tipos de materiais movimentados, velocidade e mecanismo de movimentos, geometria do material movimentado, conteúdo/presença de água etc.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo adota como critérios, por exemplo, a geometria e velocidade do movimento, juntamente com o teor de água, gerando as classes de rastejos, corridas, escorregamentos e quedas/tombamentos (IPT, 1991).

Partindo da classificação proposta por Freire em 1965, Guidicini e Nieble (1983) adotaram onze critérios, incluindo geometria da movimentação, tipo, velocidade e duração do movimento e formas de remediação para o evento. Assim, são gerados

três tipos fundamentais de movimentos de massa (escoamentos, escorregamentos e subsidências) e, a partir deles, sete subtipos fundamentais e 32 classes de movimentos de massa (GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

Um dos sistemas de classificações mais usados no mundo é o proposto pelo geólogo americano David J. Varnes (HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014). Baseado no material movimentado, no tipo de movimento e na presença de água, são apresentadas como categorias principais as quedas e tombamentos, os escorregamentos e os escoamentos, acrescentando a categoria de movimentos complexos para quando acontece a combinação de materiais ou tipos de movimentos (VARNES, 1958).

Em revisão posterior, a categoria de movimento complexo é abandonada, sendo agregada aos critérios de classificação (tipos de materiais e de movimentos, atividade, distribuição e estilo dos movimentos, velocidade e quantidade de água). As classes de movimentos de massa passam a ser quedas, tombamentos, escorregamentos, corridas e espalhamentos (*spreads*), podendo atingir detritos, terras e rochas, como apresentado na Figura 1 (CRUDEN; VARNES, 1996).

Figura 1 – Classificação abreviada de movimentos de encostas.

TIPO DE MOVIMENTO	TIPO DE MATERIAL		
	ROCHA MATRIZ	SOLOS	
		PREDOMINANTEMENTE GROSSEIROS	PREDOMINANTEMENTE FINOS
Quedas	<i>Queda de rochas</i>	<i>Queda de detritos</i>	<i>Queda de terra</i>
Tombamentos	<i>Tombamento de rochas</i>	<i>Tombamento de detritos</i>	<i>Tombamento de terra</i>
Escorregamentos	<i>Escorregamento de rochas</i>	<i>Escorregamento de detritos</i>	<i>Escorregamento de terra</i>
Espalhamentos	<i>Espalhamento de rochas</i>	<i>Espalhamento de detritos</i>	<i>Espalhamento de terra</i>
Corridas	<i>Corrida de rochas</i>	<i>Corrida de detritos</i>	<i>Corrida de terra</i>

Fonte: traduzido de Cruden e Varnes (1996).

A partir da classificação e dos critérios apresentados anteriormente, é possível a utilização de um glossário para designação de movimentos de massa, como o mostrado na Figura 2. Assim, pode-se descrever qualquer ocorrência de movimento de massa a partir da combinação das colunas (CRUDEN; VARNES, 1996).

Figura 2 – Glossário para designação de movimentos de massa.

ATIVIDADE			
ESTADO		DISTRIBUIÇÃO	ESTILO
<i>Ativo</i>		<i>Avançando</i>	<i>Complexo</i>
<i>Reativado</i>		<i>Retrogressivo</i>	<i>Composto</i>
<i>Suspenso</i>		<i>Alargando</i>	<i>Múltiplo</i>
<i>Inativo</i>		<i>Aumentando</i>	<i>Sucessivo</i>
<i>Dormente</i>		<i>Confinado</i>	<i>Único</i>
<i>Abandonado</i>		<i>Diminuindo</i>	
<i>Estabilizado</i>		<i>Em movimento</i>	
<i>Antigo</i>			
DESCRIÇÃO DO MOVIMENTO			
VELOCIDADE	CONTEÚDO DE ÁGUA	MATERIAL	TIPO
<i>Extremamente rápido</i>	<i>Seco</i>	<i>Rocha</i>	<i>Queda</i>
<i>Muito rápido</i>	<i>Úmido</i>	<i>Solo</i>	<i>Tombamento</i>
<i>Rápido</i>	<i>Molhado</i>	<i>Terra</i>	<i>Escorregamento</i>
<i>Moderado</i>	<i>Saturado</i>	<i>Detritos</i>	<i>Espalhamento</i>
<i>Lento</i>			<i>Corrida</i>
<i>Muito lento</i>			
<i>Extremamente lento</i>			

Fonte: adaptado de Cruden e Varnes (1996).

O trabalho de Cruden e Varnes (1996) foi atualizado recentemente, tendo as terminologias de materiais formadores dos movimentos de massa (principalmente rochas e solos) compatibilizadas tanto com a Geologia quanto com a Geotecnia. Tais materiais (terras, rochas e detritos), passaram a ser divididos em: rochas; argilas; lamias; siltes, areias, cascalhos e matacões; detritos; turfas; e gelo. Os autores fornecem, ainda, características descritivas e como observá-las em campo. Os movimentos de massa, de acordo com essa nova classificação, são divididos em: queda, tombamento, escorregamento, espalhamento, corrida e deformação de encosta, sendo que esta última agrupa os movimentos de rastejo e solifluxão (HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014).

Em seu Manual de Desastres, a Defesa Civil brasileira apresenta as classificações e codificações de desastres, ameaças e riscos, com características, causas, ocorrências, efeitos adversos, formas de monitoramento, alerta e alarme e medidas preventivas. Os movimentos de massa são apresentados em seção denominada “Desastres Naturais relacionados com a Geomorfologia, o intemperismo, a erosão e a acomodação do solo”. As tipologias (adotadas no decorrer deste trabalho) são: escorregamentos ou deslizamentos de solo, corridas de massa, rastejos e quedas, tombamentos e/ou rolamentos de rochas e/ou matacões (CASTRO *et al.*, 2003).

3.1 TIPOLOGIAS ADOTADAS NO BRASIL

Corriqueiramente, as palavras “deslizamento” e “escorregamento” são usadas como sinônimos para todas as tipologias de movimentos de massa. Popularmente, no Brasil, os movimentos de massa podem ser referidos ainda como “desbarrancamentos”, “quedas de barreiras”, “desmoronamentos”, “desabamentos”, entre outros termos (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; LOPES; ARRUDA JUNIOR, 2015; TOMINAGA, 2009b). Por vezes, em língua inglesa, os movimentos de massa são generalizados como “*landslides*” (GUZZETTI *et al.*, 2012; KIRSCHBAUM *et al.*, 2010), enquanto “*slides*” se referem especificamente a escorregamentos (KEEFER, 2000).

São considerados escorregamentos os movimentos rápidos, para baixo e para fora da encosta de solo, rocha e outros materiais, com superfícies de ruptura bem definidas ou zonas relativamente delgadas de cisalhamento intenso. A ocorrência de escorregamentos pode ser isolada ou coletiva, espacial e temporalmente, sendo chamados de esparsos e generalizados, respectivamente (CARSON; KIRKBY, 1975; FERNANDES; AMARAL, 2011; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014; SELBY, 1993).

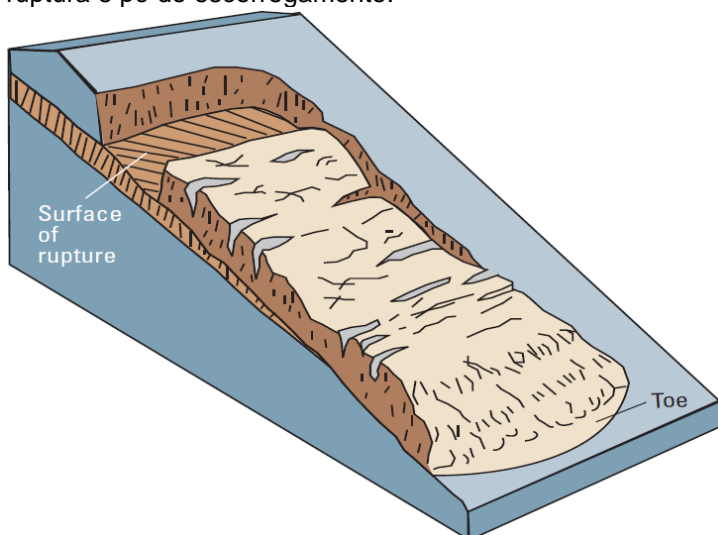
A velocidade do escorregamento depende da declividade da superfície local, das causas gatilho (como as chuvas e terremotos) e da natureza do terreno (GUIDICINI; NIEBLE, 1983). Declividades maiores implicam em maior velocidade, enquanto as chuvas atuam na maior plasticidade e fluidez dos materiais em movimento, por exemplo.

A depender da forma como a superfície de cisalhamento ou ruptura se apresenta, os escorregamentos podem ser classificados como translacionais, rotacionais ou em cunha (CASTRO *et al.*, 2003; IPT, 1991; TOMINAGA, 2009b).

Os escorregamentos translacionais, também chamados de rasos ou planares, são os de ocorrência mais comum no mundo e tem superfície de ruptura rasa (até 5m de profundidade, aproximadamente). A superfície de ruptura dos escorregamentos translacionais costuma acompanhar algum tipo de descontinuidade do material formador da encosta, seja mecânica ou hidrológica, como contatos solo-solo, solo-

rocha ou rocha-rocha (CRUDEN; VARNES, 1996; FERNANDES; AMARAL, 2011; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008), como exposto na Figura 3.

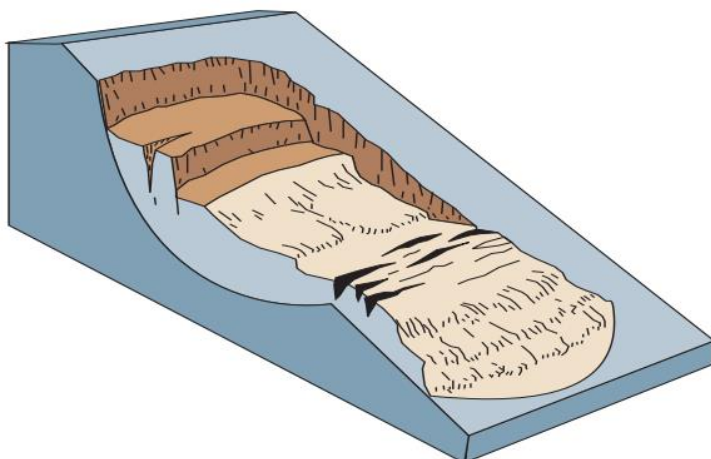
Figura 3 – Esquema representativo de escorregamento translacional, com marcação de superfície de ruptura e pé do escorregamento.



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

Os escorregamentos rotacionais (ou circulares), por sua vez, tem como característica principal a formação de superfície de ruptura curva, ao longo da qual o material mobilizado se movimenta (CRUDEN; VARNES, 1996). O movimento do material mobilizado costuma seguir o formato de uma colher (na superfície de ruptura, como na Figura 4), com o material se deslocando de forma coerente e com pouca deformação interna (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; VARNES, 1978).

Figura 4 – Esquema representativo de escorregamento rotacional.



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

Os materiais tipicamente envolvidos em escorregamentos rotacionais são solos homogêneos e espessos, geralmente decorrendo da alteração de rochas argilosas. No Brasil, suas ocorrências costumam atingir os mantos de alteração, mas sem necessariamente formar as feições típicas de um escorregamento rotacional, como as escarpas de topo, a língua de material acumulado no pé da encosta e as trincas transversais no material mobilizado (FERNANDES; AMARAL, 2011; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; TOMINAGA, 2009b). A Figura 5, por exemplo, do escorregamento do Monte Serrat (Santos-SP) de 1928, apresenta as feições de escarpa no topo, o material acumulado na base da encosta, mas não as trincas transversais no material movimentado.

Figura 5 – Escorregamento rotacional no Monte Serrat, Santos-SP, em 1928. Material escorregado atingiu hospital.



Fonte: Blog Memória Santista (2018).

Os escorregamentos em cunha são associados tanto a maciços rochosos quanto aos alterados e ocorrem em terrenos fortemente controlados por estruturas geológicas, sendo escorregamentos comumente de pequenas dimensões (HUNGR; LEROUEIL; PICARELLI, 2014; TOMINAGA, 2009b). O exemplo da Figura 6 mostra um escorregamento em cunha associado a um translacional (planar) em encosta de filitos, na região metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais (PARIZZI *et al.*, 2011).

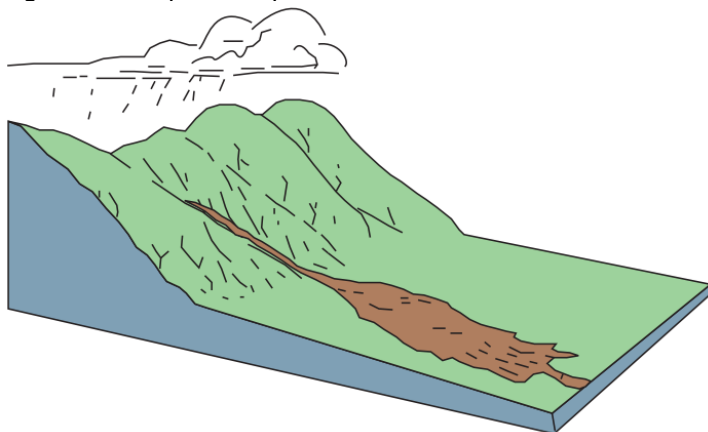
Figura 6 – Escorregamento em cunha registrado em Belo Horizonte, Minas Gerais.



Fonte: modificado de Parizzi *et al.* (2011).

As corridas de massa são movimentos de escoamento rápidos, com alto teor destrutivo, nos quais os materiais movimentados (solos, rochas, vegetação e detritos) se comportam como um fluido em função da alta carga hídrica e da destruição da estrutura interna dos solos causada pela mesma alta carga hídrica (CASTRO *et al.*, 2003; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; TOMINAGA, 2009b). As corridas podem acontecer mesmo em relevos de baixa declividade, como mostra a Figura 7.

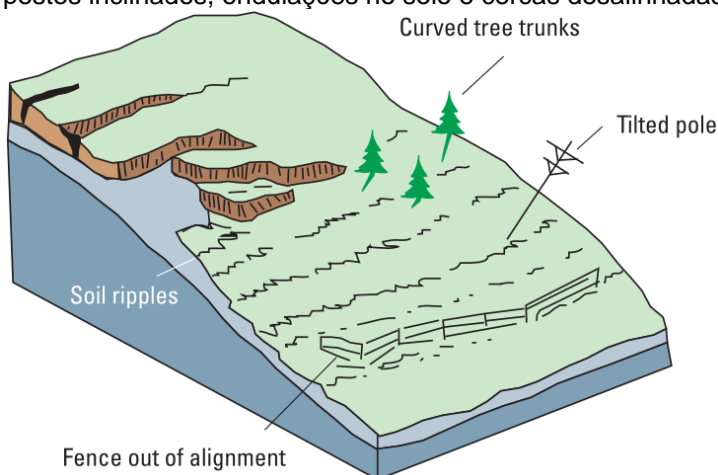
Figura 7 – Esquema representativo de corrida de massa.



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

Rastejos são escoamentos lentos e contínuos (Figura 8), com movimentação de grandes volumes de material sem formação de superfícies de rupturas definidas, em velocidades de poucos metros a milímetros por ano. Movimentos em pulsações são possíveis de acontecer em função de mudanças climáticas sazonais, assim como o aumento de velocidade progressivo até a evolução para outros tipos de movimentos de massa (CASTRO *et al.*, 2003; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; VARNES, 1978).

Figura 8 – Esquema representativo de rastejos, com sinalização em troncos de árvores curvados, postes inclinados, ondulações no solo e cercas desalinhadas.



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

A ocorrência de rastejos pode ser observada na paisagem através de ondulações e trincas no solo, assim como na inclinação de árvores, cercas e postes. O laudo geológico-geotécnico 015/2004 aponta para a ocorrência de rastejo no bairro Forte São João (Vitória-ES), com evidência de inclinação de uma casa (Figura 9).

Figura 9 – Casa inclinada no bairro Forte São João em decorrência de rastejo.

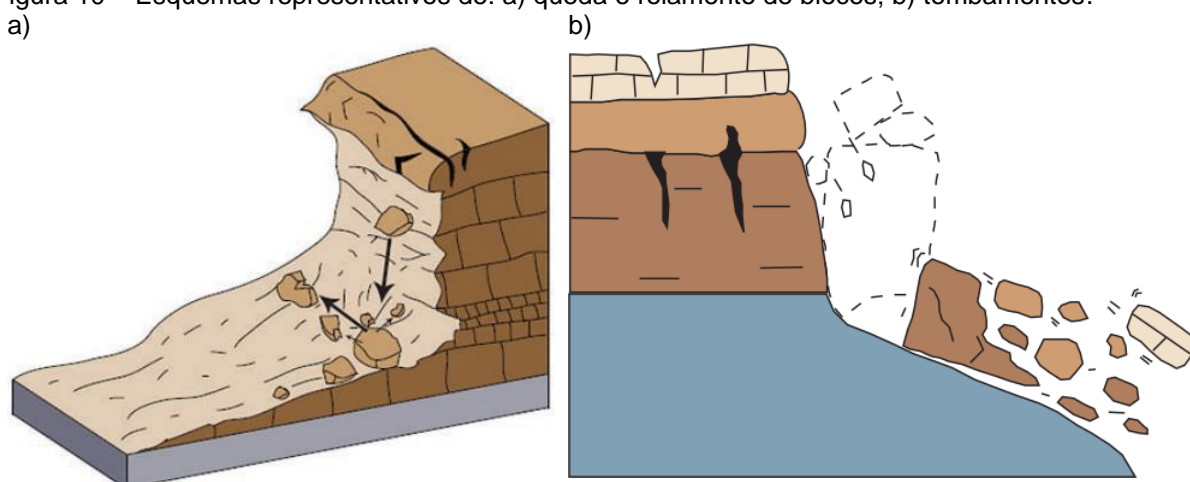


Fonte: Laudo 015/2004 (PROJETO MAPENCO, 2018).

O Manual de Desastres brasileiro, em seu volume sobre desastres naturais, agrupa os movimentos de queda, tombamento e rolamento de rochas em uma única categoria (CASTRO *et al.*, 2003).

As quedas são movimentos de queda livre (seja de blocos rochosos, terrosos ou uma mistura dos dois), a partir de uma certa elevação sem formação de uma superfície de movimentação. A partir da queda, pode ocorrer o rolamento do material, causando sua fragmentação e deposição (como mostrado na Figura 10, a). Os tombamentos, por sua vez, têm como característica principal ser um movimento de rotação para fora da encosta de uma massa de solo ou rocha ao redor de um ponto ou eixo abaixo do centro de gravidade do material mobilizado. A ocorrência desses processos é um dos mecanismos de formação de depósitos de tálus (CASTRO *et al.*, 2003; HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008; TOMINAGA, 2009b). Guidicini e Nieble (1983) apontam que as terminologias de queda, rolamento e tombamento são usadas como sinônimo com frequência, incluindo ainda os termos basculamentos e desmoronamentos na classificação. A Figura 10 b), por exemplo, é um esquema representativo de um processo de tombamento, mas indica a continuidade do movimento como rolamento de blocos.

Figura 10 – Esquemas representativos de: a) queda e rolamento de blocos; b) tombamentos.

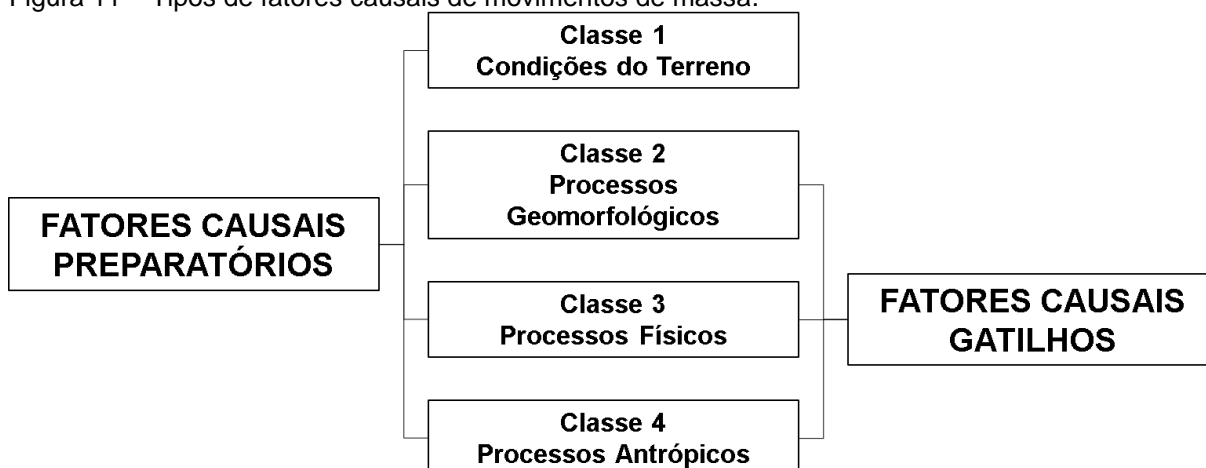


Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

3.2 FATORES CONDICIONANTES

Popescu (1994) separa os fatores condicionantes de movimentos de massa em causais preparatórios e gatilhos (Figura 11). Os preparatórios são os que tornam a encosta propensa a movimentação, colocando-a em estado marginal de estabilidade, mas sem iniciar o movimento. Os fatores causais gatilhos são os que iniciam o movimento, fazendo com que a encosta saia do estado marginal de estabilidade e entre em um estado ativo de instabilidade. O autor aponta que um mesmo fator causal pode desempenhar as duas funções (preparatório e gatilho), a depender do grau de atividade do movimento e da margem de estabilidade da encosta.

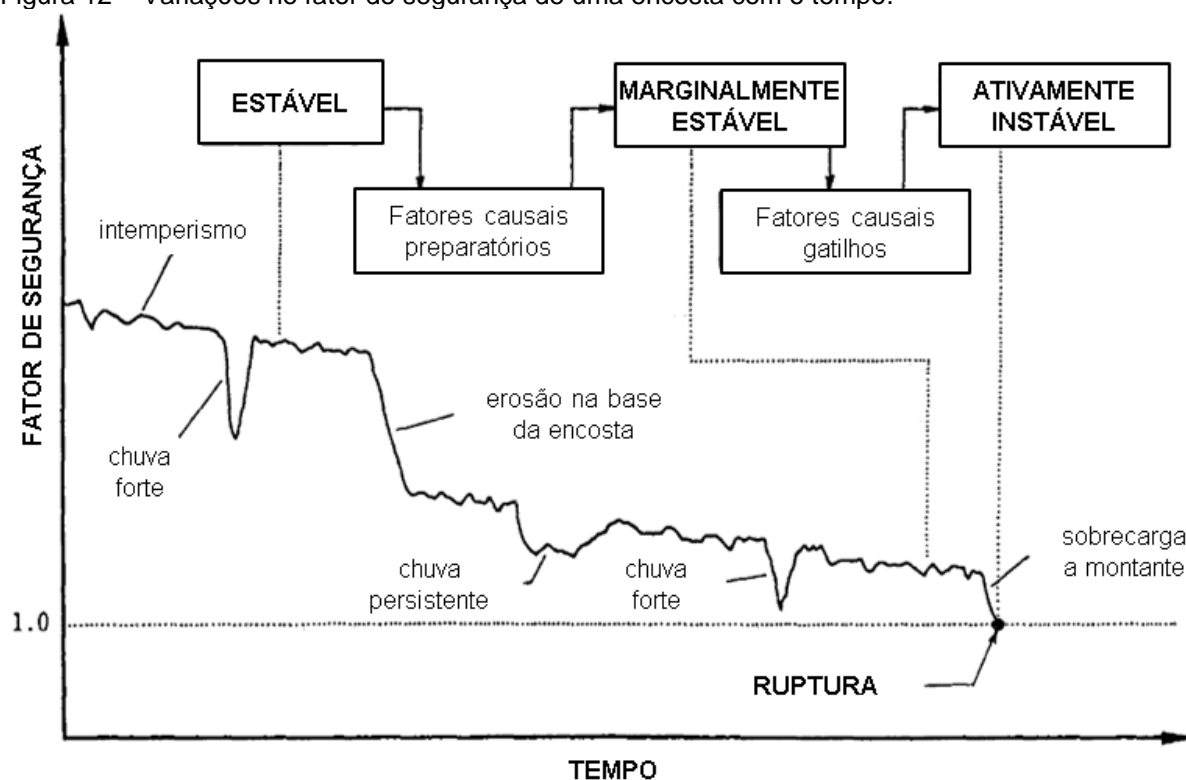
Figura 11 – Tipos de fatores causais de movimentos de massa.



Fonte: traduzido de Popescu (1994).

No exemplo da Figura 12, o fator de segurança (FS) de uma encosta (no eixo vertical), varia em relação ao tempo (eixo horizontal). O FS é calculado, de forma simples, através da comparação entre as forças de resistência ao movimento (R , ao longo de um plano de ruptura conhecido ou assumido) e as forças de solicitantes de cisalhamento (S , para baixo, a favor do movimento de massa), formando a equação $FS = R/S$. Quando $FS = 1$, as forças de resistência e de cisalhamento estão iguais; quando $FS < 1$, a encosta está instável; quando $FS > 1$, a encosta está estável (CARSON; KIRKBY, 1975; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; POPESCU, 1994; SELBY, 1993).

Figura 12 – Variações no fator de segurança de uma encosta com o tempo.



Fonte: traduzido de Popescu (1994).

As condições de estabilidade da encosta, na Figura 12, são alteradas até o estado marginalmente estável pelos chamados fatores causais preparatórios (no caso, intemperismo, chuvas fortes e persistentes e erosão na base da encosta), fazendo com que o valor de FS seja reduzido até perto de 1. O gatilho apontado para a encosta entrar em estado instável e romper (ou seja, $FS < 1$) é o de sobrecarga a montante da encosta (Figura 12).

O Quadro 1 tem a listagem proposta por Popescu (1994) para a identificação, diagnóstico e sumarização dos fatores causais preparatórios e gatilhos de movimentos de massa.

Quadro 1 – Lista de fatores causais de movimentos de massa.

1. CONDIÇÕES DOS MATERIAIS
<ul style="list-style-type: none"> 1.1. Material frágil plástico 1.2. Material sensível 1.3. Material colapsível 1.4. Material intemperizado 1.5. Material cisalhado 1.6. Junção de material fissurado 1.7. Descontinuidades de massas orientadas contrariamente (incluindo acamamentos, xistosidades, clivagens) 1.8. Descontinuidades de massas orientadas contrariamente (incluindo falhas, inconformidades, dobras cisalhadas (<i>flexural shears</i>), contatos sedimentares) 1.9. Contraste de permeabilidade e seus efeitos subsuperficiais 1.10. Contraste de dureza (material duro, denso sobre materiais plásticos)
2. PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS
<ul style="list-style-type: none"> 2.1. Soerguimento tectônico 2.2. Soerguimento vulcânico 2.3. Recuo glacial 2.4. Erosão fluvial na base da encosta 2.5. Erosão por ondas na base da encosta 2.6. Erosão glacial na base da encosta 2.7. Erosão lateral em margens 2.8. Erosão subterrânea (solução, <i>piping</i>) 2.9. Sobrecarga por deposição de material no topo da encosta 2.10. Remoção de vegetação (causada por erosão, incêndio, seca)
3. PROCESSOS FÍSICOS
<ul style="list-style-type: none"> 3.1. Precipitação intensa e curta 3.2. Derretimento rápido de neve profunda 3.3. Precipitação alta e prolongada 3.4. Rebaixamento rápido depois de enchentes, marés altas ou rompimento de barragens naturais 3.5. Terremoto 3.6. Erupção vulcânica 3.7. Rompimento de lagos de cratera 3.8. Derretimento de <i>permafrost</i> 3.9. Intemperismo por congelamento e descongelamento 3.10. Intemperismo por contração e expansão de solos expansivos
4. PROCESSOS ANTRÓPICOS
<ul style="list-style-type: none"> 4.1. Escavação da encosta ou na sua base 4.2. Sobrecarga da encosta ou no seu topo 4.3. Rebaixamento (em reservatórios) 4.4. Irrigação 4.5. Manutenção defeituosa do sistema de drenagem 4.6. Vazamento de água de serviços de esgoto e/ou drenagem 4.7. Remoção de vegetação (desmatamento) 4.8. Mineração e extração de rochas (crateras abertas ou galerias subterrâneas) 4.9. Criação de aterros de material solto 4.10. Vibração artificial (incluindo trânsito, bate-estacas, maquinário pesado)

Fonte: traduzido e adaptado de Popescu (1994).

Os fatores da classe 1 são agrupados como de condições e características de materiais do solo (Quadro 1), podendo ser identificados e mapeados na superfície do movimento e na área ao redor, explorado em subsuperfície através de amostragens em perfis de solo (DE PLOEY; CRUZ, 1979; EFFGEN *et al.*, 2020; FERNANDES; COELHO NETTO; LACERDA, 1994; VIEIRA; FERNANDES, 2004; VIEIRA; FERREIRA; GOMES, 2015) e perfurações geotécnicas (LACERDA, 2007; PALMISANO; VITONE; COTECCHIA, 2016), por exemplo.

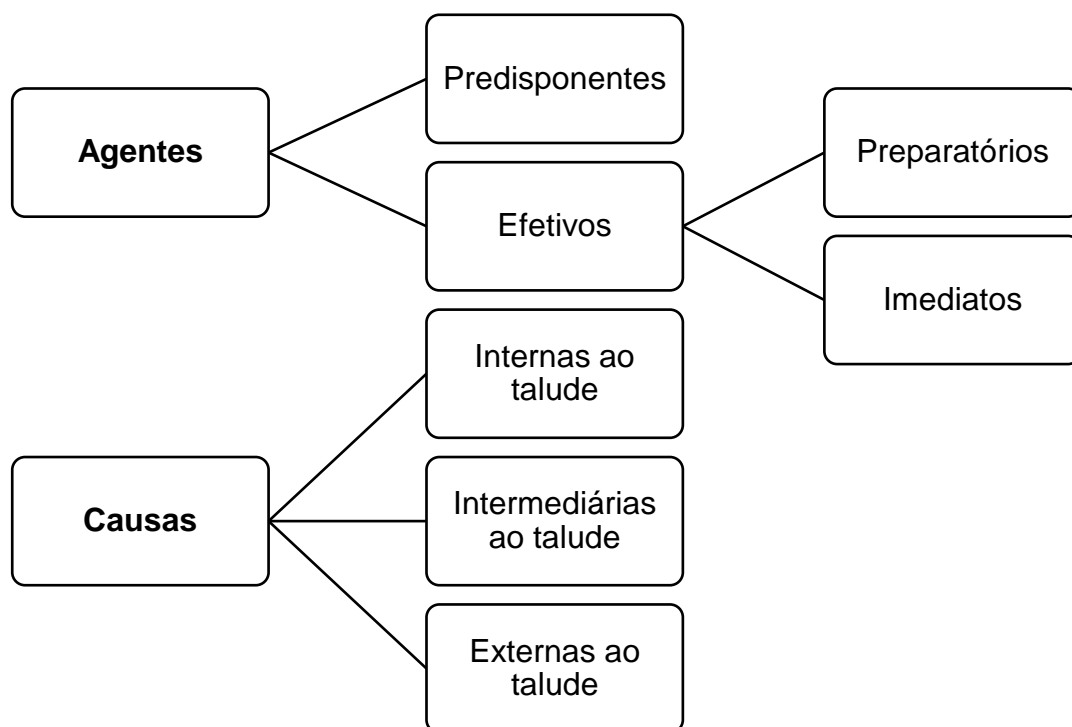
Os fatores da classe 2 são de processos geomorfológicos e podem ser documentados em fotografias aéreas, observações relatadas pela população local, mapeamentos pré-existent, levantamentos de campo em áreas atingidas (CARRARA; MERENDA, 1976; ZÊZERE, 2002).

A classe 3 é formada por fatores físicos (ou ambientais) e podem ser medidos em campo por meio de instrumentação, como tensiômetros (CASCINI *et al.*, 2015; FERNANDES; COELHO NETTO; LACERDA, 1994), pluviômetros (AUGUSTO FILHO; SILVA JÚNIOR; EIRAS, 2020; BERTOLINO *et al.*, 2012; COELHO NETTO *et al.*, 2013) e sismógrafos (KEEFER, 2000), por exemplo.

A classe 4 é formada pelos fatores antrópicos, que podem ser documentados através de observações locais e registros de uso e cobertura da terra (EFFGEN; COUTO; MARCHIORO, 2018; MENESES *et al.*, 2018; MENON JÚNIOR; ZAIDAN, 2016a; SIDLE; OCHIAI, 2006c; ZAIDAN; FERNANDES, 2015). A identificação de movimentos de massa naturais e induzidos é útil tanto para fins teóricos quanto administrativos (POPESCU, 1994).

Guidicini e Nieble (1983), por sua vez, fazem a distinção de fatores condicionantes entre agentes e causas (Figura 13). Segundo os autores, as causas são “o modo de atuação de determinado agente” (GUIDICINI; NIEBLE, 1983) – por exemplo, o agente água causa o encharcamento do solo, com conseqüente perda de coesão interna dos materiais e escorregamento.

Figura 13 – Sistema de condicionantes proposto por Guidicini e Nieble (1983).



Fonte: desenvolvido pela autora com base em Guidicini e Nieble (1983).

As causas são divididas considerando sua posição em relação ao talude: internas, intermediárias ou externas. As causas internas são as que não apresentam alterações geométricas na encosta, mas que resultam de diminuições de resistências internas do material (diminuição de coesão ou ângulo de atrito interno, por exemplo). As causas externas, em oposição, são as que não alteram as propriedades internas do material, mas ainda assim aumentam as tensões de cisalhamento, seja por alterações de geometria (cortes e aterros), terremotos e vibrações. As causas intermediárias são as “*que resultam de efeitos causados por agentes externos no interior do talude ([por exemplo] liquefação espontânea, rebaixamento rápido, erosão retrogressiva)*” (GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

Os agentes são divididos em predisponentes e efetivos. Os agentes predisponentes são as características intrínsecas ao ambiente, sem ação humana envolvida, sendo, portanto: “*características do complexo geológico, morfológico, climático-hidrológico, gravidade, calor solar e tipo de vegetação original*” (GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

Os agentes efetivos são os que estão diretamente ligados a iniciação do processo de movimento de massa, estando incluídas as ações humanas. Os autores dividem os

agentes efetivos em preparatórios e imediatos. Os agentes efetivos preparatórios englobam precipitação, variações de temperatura, processos erosivos, dissolução química, ação humana e biótica. Exemplos de agentes efetivos imediatos são chuvas intensas, derretimento de gelo e neve, terremotos, ação humana, ondas e ventos (GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

A ocorrência, a intensidade e a distribuição de movimentos de massa são controladas pelos chamados fatores condicionantes, de origem natural, dos meios físico e biótico (a atuação humana potencializa ou ameniza os efeitos causados por esses fatores).

Dentre os fatores condicionantes do meio geológico estão o tectonismo (falhas, dobramentos, inconformidades), o grau de intemperismo, as diferentes litologias presentes nas paisagens, suas características mineralógicas, a atitude de camadas, como orientação e mergulho, foliações e bandamentos composicionais; formas estratigráficas; intensidade de diaclasamento; fraturas (BIGARELLA *et al.*, 2003; COROMINAS *et al.*, 2014; FERNANDES; AMARAL, 2011; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; POPESCU, 1994; SIDLE; OCHIAI, 2006d; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008).

Tais características, quando conhecidas, são fundamentais para identificar fraquezas ou resistências no interior de um maciço ou bloco rochoso, seja frente a ataques intempéricos, a facilidade ou dificuldade que a água tem para infiltrar e se movimentar no maciço, ou até mesmo na identificação de descontinuidades hidromecânicas.

A Figura 14 apresenta uma encosta com diversos blocos fraturados em sua base (com destaque em vermelho) e outros maiores espalhados nos terços superior e médio. A existência de material terroso entre as fraturas, com presença de gramíneas, indica que existe infiltração de água neste maciço, com possíveis processos de intemperismo e pedogênese.

Figura 14 – Blocos fraturados em Bento Ferreira, Vitória-ES.



Fonte: Laudo 036/2009 (PROJETO MAPENCO, 2018).

A influência direta das diferentes condicionantes geológicas nos processos de movimentos de massa é relatada em trabalhos como os de Dai e Lee (2002), Koukis e Ziourkas (1991), Parizzi *et al.* (2011), Ramli *et al.* (2010), Soares, Azevedo e Nunes (2019), Zêzere (2002) e Zêzere, Ferreira e Rodrigues (1999).

As condicionantes do meio geomorfológico (ou topográficos) são: inclinação superficial (declividade); forma de relevo; elevação; orientação das encostas (BIGARELLA *et al.*, 2003; COROMINAS *et al.*, 2014; FERNANDES *et al.*, 2001, 2004; POPESCU, 1994; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008).

A declividade, por si só, já é um dos fatores preponderantes no condicionamento de um movimento de massa, pois a inclinação do relevo tem “[...] estreita relação com processos de transporte gravitacional [...]” (VALERIANO, 2008), uma vez que o aumento do ângulo da encosta implica em sua maior instabilidade, como demonstrado na equação de Coulomb (SELBY, 1993).

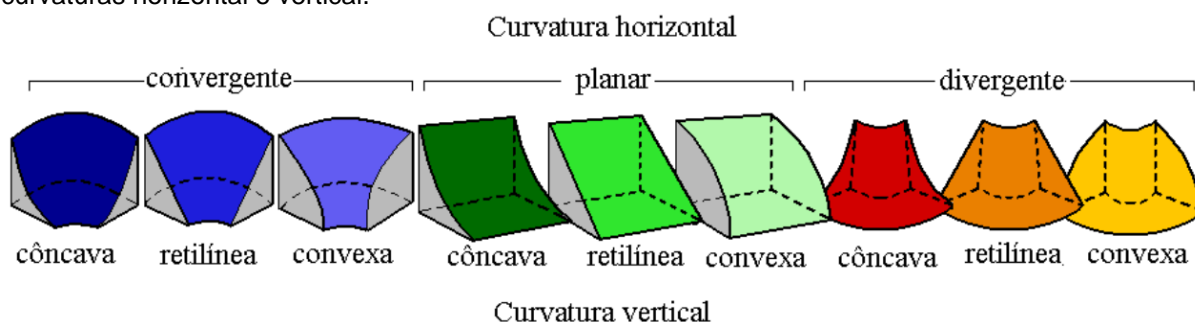
Sidle e Ochiai (2006c), por sua vez, argumentam que a generalização de um valor limite (mínimo ou máximo) de declividade para a ocorrência de movimentos de massa é dificultada pela relação com outros fatores condicionantes, como os de ordem

climática, geológica e de uso e cobertura da terra. Ainda de acordo com os autores, diferentes tipologias de movimentos de massa ocorrem em diversos intervalos de declividade – são citados, por exemplo, rastejos em encostas entre 1-25° e escorregamentos rotacionais em encostas entre 7-18°.

A declividade influencia na disponibilidade e condição hidráulica do material a ser movimentado. Em encostas muito inclinadas, o material terroso se torna escasso e a movimentação acontecerá de forma acelerada, em material seco e de baixa plasticidade. À medida que a declividade diminui, a saturação do material se torna mais preponderante para a movimentação acontecer, aumentando, assim, “o grau de fluidez e a velocidade do deslocamento do material” (BIGARELLA *et al.*, 2003).

As formas de relevo na paisagem são resultado da combinação das curvaturas verticais e horizontais das encostas (Figura 15). As curvaturas verticais são os formatos das vertentes quando observadas em perfil, variando entre côncavas, retilíneas e convexas. As formas de perfil de uma vertente têm forte relação com seus substratos geológicos e pedológicos (VALERIANO, 2008).

Figura 15 – Representação esquemática das formas de relevo, resultantes da combinação das curvaturas horizontal e vertical.



Fonte: Valeriano (2008).

As curvaturas horizontais caracterizam como os fluxos de matéria vão se comportar numa vertente, ou seja, se os fluxos convergem ou divergem a partir de um eixo. As áreas côncavas (convergentes) tendem a acumulação de fluxos superficiais e subsuperficiais de matéria, enquanto as zonas convexas tendem a dispersão (VALERIANO, 2008). Tais características influenciam em como e onde ocorrem movimentos de massa, conforme descrito em diversos estudos (COELHO NETTO *et al.*, 2007; DIAS; DIAS; VIEIRA, 2017; FERNANDES *et al.*, 2004; MONTGOMERY; DIETRICH, 1994).

A orientação das encostas é a direção presumida do escoamento morro abaixo, segundo Valeriano (2008), e tem relação com a exposição a energia solar e precipitação, podendo dar origem a diferenciações de desenvolvimento de vegetação e solos (COROMINAS *et al.*, 2014; VALERIANO, 2008; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008). Fernandes *et al.* (2004) afirmam que a orientação das encostas tem forte ligação com a estrutura da rocha matriz local, em especial de foliações metamórficas.

Regmi, McDonald e Rasmussen (2019), por exemplo, em estudo sobre como as encostas respondem a variações microclimáticas em uma ilha próxima a Los Angeles (Califórnia, EUA), observaram que existiam diferenças nas frequências de movimentos de massa entre as encostas com baixa e alta exposição à radiação solar – respectivamente, encostas voltadas a norte e sul. As encostas com maior exposição à radiação solar, ainda segundo os autores, têm topografia suavizada, menos rugosas e com menor densidade de drenagem, e apresentam menos vegetação, enquanto as encostas com menor exposição à radiação solar têm topografia mais acentuada, com concavidades e alta densidade de drenagem, e maior frequência de movimentos de massa.

O grupo chamado por Guidicini e Nieble (1983) de “complexo climático-hidrológico” contém as características de pluviometria, comportamento de águas subterrâneas e do clima local.

A radiação solar é fundamental para a entrada de energia no sistema terrestre, levando a oscilações térmicas diárias ou sazonais. Tais oscilações causam a quebra de maciços rochosos e terrosos pelo regime alternado de expansão-contração e são mais efetivas em regimes onde o intemperismo físico impera sobre o químico (GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

Tichavský *et al.* (2019) apontam que na Europa Central (região oeste dos Cárpatos), a combinação de períodos alternados de seca e precipitação são os principais gatilhos de movimentos de massa. Os autores apontam que a alternância de ciclos de secamento-molhamento dos solos causa rachaduras, gerando caminhos preferenciais para a água transitar e facilitando o aumento de poro-pressões em eventos de chuvas fortes. Sidle e Ochiai (2006c) apontam que ciclos de congelamento-degelo também abrem caminhos preferenciais verticais para penetração de água nos solos.

Popescu (1994) agrupa os efeitos da radiação solar sobre a estabilidade das encostas em função do degelo rápido de neve, derretimento de *permafrost*, intemperismo por ciclo de congelamento e descongelamento e intemperismo de solos expansíveis por contração-expansão (causas 3.2, 3.8, 3.9 e 3.10 no Quadro 1, respectivamente).

A água no ambiente tropical é considerada o principal gatilho de movimentos de massa, com forte relação sazonal (CASTRO *et al.*, 2003; IPT, 1991). A água advém principalmente em forma líquida durante precipitações pluviais, levando a saturação dos solos, tornando-os mais plásticos e suscetíveis a rompimentos, assim como lubrificando contatos entre solos e rochas (BIGARELLA *et al.*, 2003; CARSON; KIRKBY, 1975; FERNANDES; AMARAL, 2011; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; POPESCU, 1994; SELBY, 1993).

Popescu (1994) coloca as chuvas entre as causas físicas (itens 3.1 e 3.3 de sua proposta), sendo elas classificadas em intensas e rápidas e fortes e prolongadas.

A relação entre chuvas e a ocorrência de movimentos de massa é, provavelmente, a mais estudada, em função da distribuição global dos eventos de precipitação intensa e prolongada (GOKCEOGLU; SEZER, 2009; WU *et al.*, 2015).

Caine (1980), em artigo clássico, calculou a relação entre a intensidade e a duração de chuvas associadas a geração de movimentos de massa, tendo seu trabalho atualizado recentemente (GUZZETTI *et al.*, 2008). Outros estudos relacionando precipitação e movimentos de massa foram desenvolvidos no Brasil (AUGUSTO FILHO; SILVA JÚNIOR; EIRAS, 2020; BERTOLINO *et al.*, 2012; COELHO NETTO *et al.*, 2013; D'ORSI, 2011; GUIDICINI; IWASA, 1977; TATIZANA *et al.*, 1987), em Portugal (ZÊZERE *et al.*, 2015), no México (SALINAS-JASSO *et al.*, 2020), na Itália (BRUNETTI *et al.*, 2010; GARIANO *et al.*, 2021), na China (WU; YEH, 2020; ZHAO *et al.*, 2019), no oeste do Rift Africano (MONSIEURS; DEWITTE; DEMOULIN, 2019) e em escala global (BENZ; BLUM, 2019; KIRSCHBAUM; STANLEY, 2018).

Atualmente, a pesquisa da relação entre chuvas e movimentos de massa evoluiu para emissão de alertas preventivos através de aprendizagem automática (*machine learning*) (MOON *et al.*, 2019), detecção de tempestades através de radares e satélites (TIRANTI *et al.*, 2014), uso de instrumentação em campo, associando pluviômetros e medidores de deslocamentos de terreno (JU *et al.*, 2020), pluviômetros e tensiômetros (ABRAHAM *et al.*, 2021).

O quarto e último grupo proposto por Popescu (1994) abrange os processos antrópicos preparadores e causais de movimentos de massa. Os diferentes usos e coberturas da terra são frequentemente considerados em estudos de movimentos de massa (VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008).

O papel da vegetação na estabilidade de encostas é ambíguo, podendo tanto contribuir para a estabilidade quanto para a instabilidade ao se relacionar com outras condições locais, como profundidade do solo e declividade (VARNES; IAEG, 1984).

A vegetação (árvores, arbustos, gramíneas, serrapilheira etc.) ajuda a limitar a atuação dos agentes climáticos sobre o relevo, com controle do escoamento superficial, da infiltração de águas no manto de intemperismo e eliminação do excedente de água por evapotranspiração. Além disso, o sistema de raízes da vegetação auxilia no aumento da coesão interna do solo (BIGARELLA *et al.*, 2003; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; SELBY, 1993; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008; VARNES; IAEG, 1984).

Por outro lado, a cobertura vegetal, ao permitir a infiltração profunda de água, favorece a pedogênese e aumenta a espessura do solo. Portanto, *“quando o solo torna-se pesado ou espesso [o] suficiente para se movimentar, ocorre o escorregamento e a pedogênese volta ao seu estágio inicial”* (KOBİYAMA; MICHEL; GOERL, 2012). Outros autores apontam que com as copas sob ação de vento, as raízes da vegetação podem atuar como cunhas, forçando e/ou aumentando fraturas no solo e promovendo infiltração de água (SIDLE; OCHIAI, 2006c; VARNES; IAEG, 1984).

Ainda assim, o processo antrópico de remoção da vegetação (item 4.7 no Quadro 1) torna a encosta menos estável. Logo após o desmatamento, o controle dos agentes climáticos é cessado, assim como a interceptação, retenção e evapotranspiração, aumentando o aporte de água no terreno. Esse aporte de água leva a processos erosivos, com redução da serrapilheira e elevação do lençol freático (BIGARELLA *et al.*, 2003; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; SELBY, 1993).

Estudos que abordam o papel da vegetação em relação a eventos de movimentos de massa foram desenvolvidos, dentre outros países, no Brasil (ÁVILA *et al.*, 2021; DE PLOEY; CRUZ, 1979; FERNANDES *et al.*, 2004; JONES, 1973), em Hong Kong (ZHOU *et al.*, 2002), na Grécia (KOUKIS; ZIOURKAS, 1991), na Itália (CARRARA;

CROSTA; FRATTINI, 2008), em Portugal (ZÊZERE; FERREIRA; RODRIGUES, 1999) e na Nova Zelândia (GLADE, 1998).

A atividade antrópica atua na instabilização das encostas ao modificar as tensões de cisalhamento alterando a geometria (através dos cortes e aterros), gerando vibrações capazes de liquefazer materiais não-coesivos, ou lubrificando o solo com o acréscimo de água causado por sistemas de abastecimento de água defeituosos (BIGARELLA *et al.*, 2003; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; POPESCU, 1994; SELBY, 1993; SIDLE; OCHIAI, 2006c).

Por exemplo, em pesquisa conduzida na ilha caribenha de Santa Lúcia, Bozzolan *et al.* (2020) identificam cortes como a atividade antrópica mais prejudicial à estabilidade das encostas. As encostas urbanizadas têm movimentos de massa em declividade, espessura de solo e coesão menores que as não-urbanizadas – segundo os autores, os cortes íngremes exigem maior coesão e resistência do solo para manterem a estabilidade da encosta.

A relação entre atividades antrópicas e instabilidade de encostas brasileiras são abordadas em pesquisas em diversos estados, com destaque para o Rio de Janeiro (AMARAL, 1996; COELHO NETTO *et al.*, 2013; FERNANDES *et al.*, 2004; JONES, 1973; MEIS; SILVA, 1968; SMYTH; ROYLE, 2000). Outros exemplos de estudos são os de Listo e Vieira (2012) em São Paulo; Menon Júnior e Zaidan (2016a), Soares, Azevedo e Nunes (2019), e Zaidan e Fernandes (2009, 2015) em Minas Gerais; Origge *et al.* (2020) e Salaroli (2003) no Espírito Santo; Santana e Cerqueira (2017) na Bahia; Guerra e Sampaio (1996) no Ceará, entre diversos outros. Internacionalmente, Schuster e Highland (2001), Sidle e Ochiai (2006b) e Zêzere, Ferreira e Rodrigues (1999), dentre muitos outros, abordam a temática de movimentos de massa e atividades antrópicas.

4 O RISCO E SUAS COMPONENTES

O *risco*, segundo a Enciclopédia de Perigos Naturais (no original em inglês, *Encyclopedia of Natural Hazards*),

[...] é mais comumente definido como o resultado da interação de um perigo [no original, *hazard*] (como inundação, furacão, terremoto, etc.) e a vulnerabilidade do sistema ou elemento exposto, incluindo a probabilidade do fenômeno perigoso (BIRKMANN, 2013, p. 856, tradução nossa).

Perigo, por sua vez, é definido como

[...] um evento, fenômeno, processo, situação ou atividade **que pode ser potencialmente danosa a população, sociedade e ambiente afetados**. Um perigo é caracterizado por sua localização, magnitude, geometria, frequência ou probabilidade de ocorrência e entre outras características (NADIM, 2013, p. 425, tradução e grifo nossos).

Eventos como avalanches, enchentes, vulcanismos e nevascas, por vezes extremos, apenas se tornam perigos (*hazards*) em relação a ocupações humanas, com danos, perdas e “colocando em **perigo estas populações**” (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004, p. 98, grifo original). Os autores argumentam, portanto, que os chamados *natural hazards* (perigos naturais) são os eventos que ocorrem na interface sociedade-natureza.

O *risco* constitui um campo de pesquisa multidisciplinar e, por isso, suas definições variam de acordo com as disciplinas e linhas de trabalho (BIRKMANN, 2013; GALL; NGUYEN; CUTTER, 2015). Juntamente com o termo *perigo*, *risco* é polissêmico, ou seja, tem diversos significados a depender do contexto em que está inserido (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004).

Cutter (1996a) aponta, ainda, que os termos *risco* e *perigo* por vezes são usados de forma intercambiável, apesar de cada um possuir significados próprios. Nadim (2013) assinala que perigo não é sinônimo de risco, mas sim uma parte determinante dele.

Dois linhas de pensamentos se diferenciam nas pesquisas de risco ligadas a perigos naturais ou tecnológicos e mudanças climáticas. A primeira linha de pensamento é a mais comumente aplicada, utilizando a definição de risco como a interação entre um perigo (como furacões, terremotos, dentre outros) e a vulnerabilidade de um sistema ou elemento exposto, incluindo a probabilidade de ocorrência do fenômeno perigoso. A segunda linha de pesquisa é mais utilizada nas ciências comportamentais e

sociológicas, com o risco sendo uma parte do processo de tomada de decisão (BIRKMANN, 2013).

Alguns exemplos de trabalhos que abordam risco de acordo com a primeira linha de pesquisa citada anteriormente são os de Nguyen e Kim (2021), Pereira *et al.* (2020) e Quesada-Román (2021), enquanto Antronico *et al.* (2020) e Marchezini *et al.* (2019) abordam a percepção da população ao risco (ou seja, na perspectiva sociológica/comportamental).

Dentre as disciplinas mais envolvidas em pesquisa sobre risco de desastres identificadas por Gall, Nguyen e Cutter (2015), Geografia, Engenharias, Ciências Ambientais, Economia e Planejamento ocupam as primeiras posições. Por outro lado, Sociologia aparece em 7º lugar, Psicologia em 12º e Antropologia em 16º.

Aqui, entende-se risco como a probabilidade de consequências danosas ou perdas esperadas (mortes, feridos, danos em propriedades, meios de vida, meio ambiente ou interrupção de atividades econômicas), resultantes de interações entre perigos (*hazards*) e condições vulneráveis (BIRKMANN, 2013; UNDRO, 1980; VARNES; IAEG, 1984). Em 2004, a Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres incluiu os perigos induzidos por ação antrópica no conceito de risco (UNISDR, 2004).

Visando esclarecer terminologias e estabelecer uma padronização para pesquisas de riscos (especificamente a movimentos de massa), foi proposta a seguinte equação (VARNES; IAEG, 1984):

$$R_t = E \times (H \times V) \quad \text{Equação 1}$$

onde R_t é o risco total, E são os elementos expostos a risco, H é o perigo natural (*natural hazard*) e V é a vulnerabilidade.

Os elementos expostos a riscos (E) são formados pela população, propriedades e atividades de uma dada área, enquanto a vulnerabilidade (V) é a probabilidade de perda desses elementos expostos resultante de um fenômeno natural de uma dada magnitude, expressa de 0 a 1 (sem perdas a perda total). O perigo natural (H) é a

“probabilidade de ocorrência dentro de um período de tempo e de uma dada área de um fenômeno potencialmente danoso” (VARNES; IAEG, 1984).

Ao tratar da ocorrência de movimentos de massa dentro de uma dada área, o autor deixa implícito o conceito de zoneamento, que se refere a divisão da terra em porções homogêneas e o ranqueamento dessas porções de acordo com os graus de perigo vigente ou potencial (VARNES; IAEG, 1984). O aspecto espacial do perigo é chamado de suscetibilidade, isto é, “[...] a tendência de uma área de passar por efeitos de certos processos perigosos [...]” (DOMÍNGUEZ-CUESTA, 2013, p. 988), desconsiderando o momento da ocorrência, as possíveis vítimas e perdas econômicas (COROMINAS; MOYA, 2008; FELL *et al.*, 2008).

4.1 SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA

A possibilidade de ocorrência de movimentos de massa em uma dada área em função de características locais do terreno, excluindo tempos de retorno e probabilidades da ocorrência de instabilidades, é chamada de suscetibilidade (COROMINAS; MOYA, 2008; DOMÍNGUEZ-CUESTA, 2013; FELL *et al.*, 2008).

Os mapas de suscetibilidade de movimentos de massa são úteis, segundo Chacón *et al.* (2006), quando registros históricos de eventos, precipitações intensas e a magnitude/intensidade de terremotos são escassos para uma determinada localidade.

Reichenbach *et al.* (2018) alertam que na literatura de movimentos de massa há confusão entre os conceitos de *suscetibilidade* (*susceptibility*) e *perigo* (*hazard*), sendo ambos usados como sinônimos. A suscetibilidade a movimentos de massa expressa *onde* é possível que ocorra instabilidade no terreno, enquanto o perigo expressa *quando* e a *magnitude* do evento (GUZZETTI *et al.*, 2005).

Ainda sobre a relação entre *suscetibilidade* e *perigo* (*hazard*)

O perigo a movimentos de massa é mais difícil de ser obtido do que a suscetibilidade, uma vez que a suscetibilidade é uma componente (a componente espacial) do perigo. De forma geral, a suscetibilidade a movimentos de massa consiste na avaliação do que aconteceu no passado, e a estimativa do perigo consiste na predição do que vai acontecer no futuro (GUZZETTI, 2006, p. 113).

Para a avaliação de suscetibilidades a movimentos de massa, portanto, são aceitas as seguintes hipóteses:

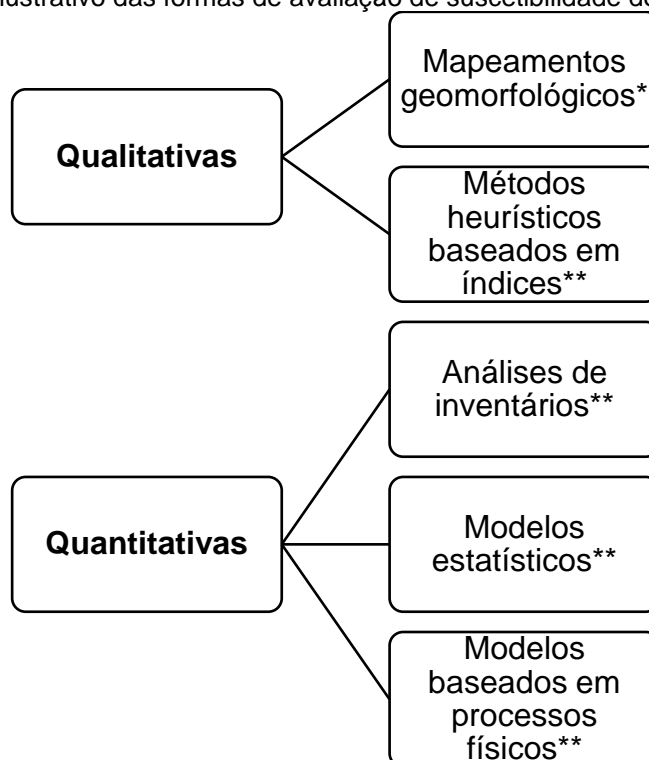
- “o passado e o presente são chaves para o futuro” (chamado de Princípio do Uniformitarismo), ou seja, futuros movimentos de massa são mais prováveis em áreas onde já ocorreram instabilidades e em locais com condições geológicas, geomorfológicas e hidrológicas similares às condições pretéritas geradoras de instabilidade. No caso das condições locais se alterarem (por exemplo, cortes para construção de estradas), o mapeamento de suscetibilidade deve ser adaptado (COROMINAS *et al.*, 2014; FELL *et al.*, 2008; GUZZETTI *et al.*, 2012; VAN WESTEN; VAN ASCH; SOETERS, 2006; VARNES; IAEG, 1984).
- movimentos de massa deixam rastros discerníveis e que podem ser reconhecidos, classificados e mapeados, seja através de levantamentos em campo, fotografias aéreas, sensoriamento remoto etc. (GUZZETTI *et al.*, 2012; REICHENBACH *et al.*, 2018; VARNES; IAEG, 1984).
- movimentos de massa são controlados por leis mecânicas e físicas que podem ser determinadas de forma empírica, estatística ou determinística. Os fatores condicionantes de instabilidades de encostas podem ser coletados e usados na construção de modelos preditivos com diferentes classes de suscetibilidade (GUZZETTI *et al.*, 2012; REICHENBACH *et al.*, 2018; VARNES; IAEG, 1984).

4.1.1 Métodos de avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa

A literatura, de maneira geral, divide as formas de avaliação de suscetibilidade de movimentos de massa em cinco tipos: mapeamentos geomorfológicos, métodos heurísticos (baseados em índices), análises de inventários, modelagens estatísticas, métodos baseados em processos físicos (ALEOTTI; CHOWDHURY, 1999; COROMINAS *et al.*, 2014; GUZZETTI *et al.*, 1999; REICHENBACH *et al.*, 2018; VAN WESTEN; VAN ASCH; SOETERS, 2006). A Figura 16 é um esquema ilustrativo

dessas formas, com separação em métodos qualitativos e quantitativos e marcações indicando métodos diretos e indiretos.

Figura 16 – Esquema ilustrativo das formas de avaliação de suscetibilidade de movimentos de massa.



Observação: *Métodos diretos; **Métodos indiretos.

Fonte: organizado pela autora.

Os métodos qualitativos de avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa são os que se baseiam no julgamento do(s) pesquisador(es) (em inglês, são chamados de *expert-based methods*) para a formulação da classificação, com o uso de descritores (alta, média e baixa). Portanto, os métodos qualitativos são considerados subjetivos (COROMINAS *et al.*, 2014; FELL *et al.*, 2008; REICHENBACH *et al.*, 2018; SIDLE; OCHIAI, 2006a; SOETERS; VAN WESTEN, 1996; VAN WESTEN; VAN ASCH; SOETERS, 2006).

O mapeamento geomorfológico (também chamado de análise geomórfica) é a única forma considerada direta de classificação de suscetibilidade de movimentos de massa, com levantamentos e avaliações feitas em campo pelos pesquisadores. O uso de Sistemas Geográficos de Informação é restrito à vetorização e armazenagem de dados (COROMINAS *et al.*, 2014; GUZZETTI *et al.*, 2012; SOETERS; VAN WESTEN, 1996). As limitações apontadas são: a subjetividade na seleção de dados e regras

para análise de estabilidade de encostas, não permitindo a comparação entre trabalhos; regras implícitas impedem a análise crítica e atualização de resultados obtidos; e a extensão espacial dos levantamentos (ALEOTTI; CHOWDHURY, 1999). Se utilizaram desse método os trabalhos de Carrara e Merenda (1976) e Zêzere, Ferreira e Rodrigues (1999), Figura 17, entre muitos outros.

Figura 17 – Mapeamento Geomorfológico da região ao Norte de Lisboa (Portugal). Os movimentos de massa demarcados são: escarpa de escorregamento, determinada e provável (19); escorregamento translacional raso (20); escorregamento translacional raso pequeno (21); escorregamento translacional (22); escorregamento rotacional (23); movimento de encosta complexo (24); escorregamentos e quedas devido à erosão de margens de rios (25); escorregamento raso generalizado (26); queda de blocos (27).

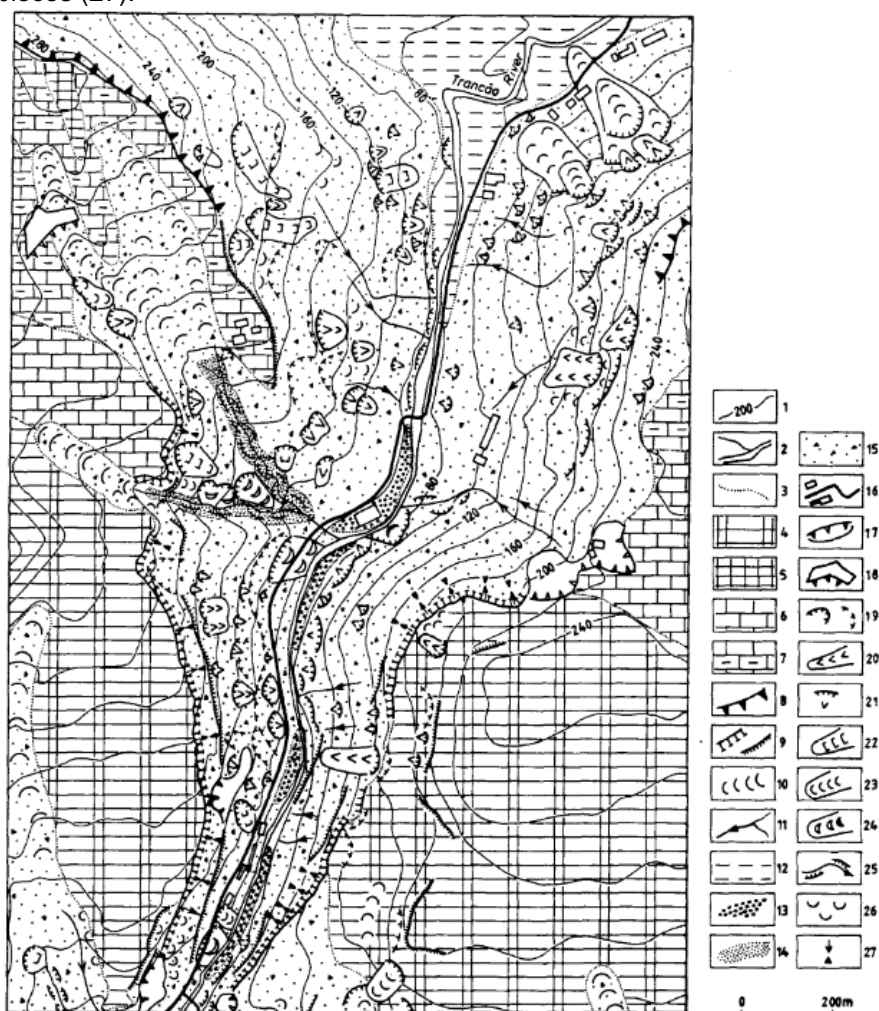


Fig. 2. Example of detailed geomorphological mapping in the Trancão sample area. 1 - contour lines; 2 - rivers; 3 - geological limit; 4 - Volcanic Complex of Lisbon; 5 - volcanic neck; 6 - limestones with rubbles (Upper Cenomanian); 7 - marls and marly limestones (Albian - Middle Cenomanian); 8 - face slope of the Lousa-Bucelas cuesta; 9 - main and secondary cornice; 10 - U shaped valley; 11 - gully; 12 - Holocene filling; 13 - flood terrace; 14 - U shaped valley filling; 15 - slope deposit (depth >0.5m); 16 - road and houses; 17 - quarry; 18 - anthropic fill; 19 - slide scarp, certain and probable; 20 - shallow translational slide; 21 - small shallow translational slide; 22 - translational slide; 23 - rotational slide; 24 - complex slope movement; 25 - slides and falls due to bank erosion; 26 - generalized shallow slide; 27 - rockfall.

Fonte: Zêzere, Ferreira e Rodrigues (1999).

Os métodos heurísticos são a modalidade indireta dos mapeamentos qualitativos de suscetibilidade a movimentos de massa. Assim como os mapeamentos geomorfológicos, são *expert-based* (baseados em experiência), devido à forte influência que o conhecimento prévio do pesquisador tem. Segundo Reichenbach *et al.* (2018), a confiança do trabalho realizado depende do quanto o pesquisador conhece a área de estudo e entende os processos geomorfológicos atuantes no terreno. De maneira geral, a suscetibilidade é calculada a partir da combinação de diversos mapas temáticos de fatores de instabilidade conhecidos da área, com pesos especificados a cada tema (litologia, declividades, orientação e curvatura de vertentes, vegetação, distância de drenagens, por exemplo) de acordo com o julgamento do pesquisador (ALEOTTI; CHOWDHURY, 1999; SIDLE; OCHIAI, 2006a; SOETERS; VAN WESTEN, 1996). Alguns exemplos de trabalhos que utilizam métodos heurísticos são os de Akgun (2012), Abella e Van Westen (2007), Effgen e Marchioro (2016, 2018), Pourghasemi *et al.* (2014) e Pradhan e Kim (2016).

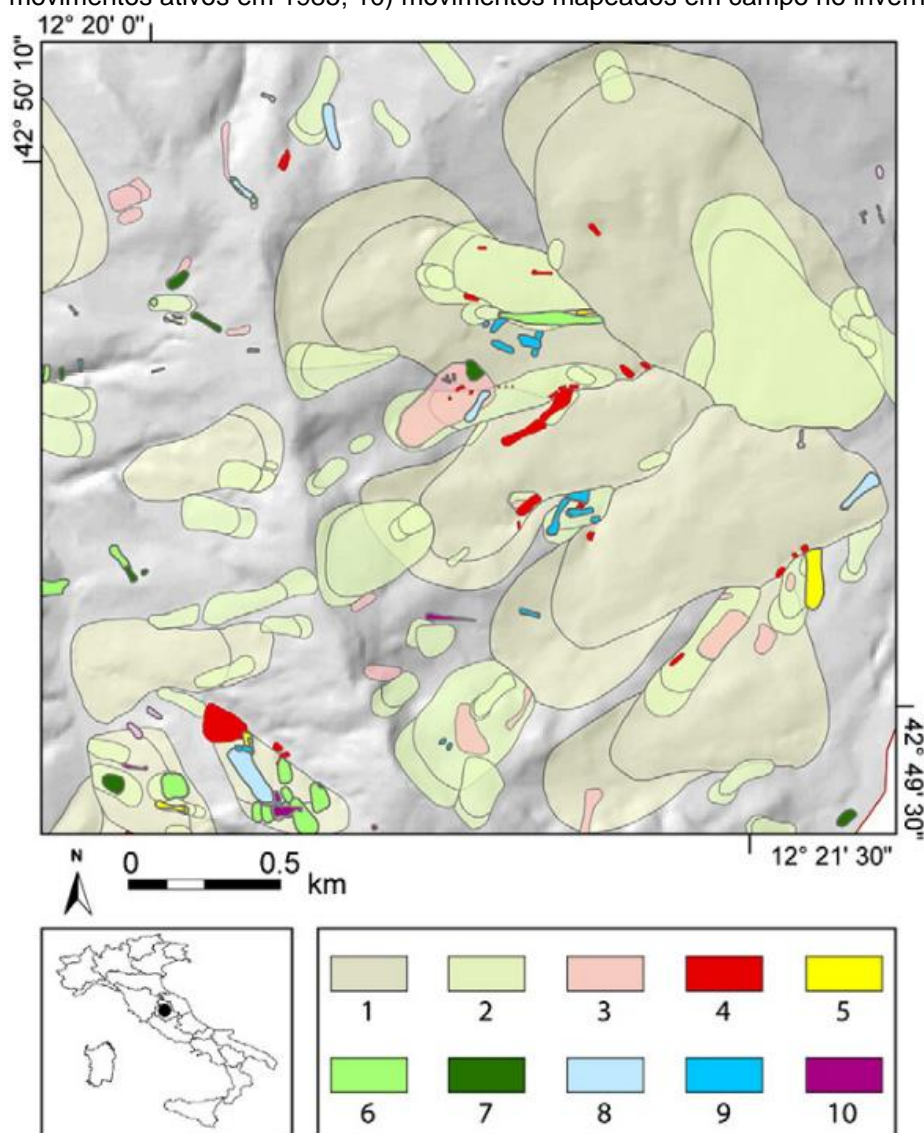
Segundo Soeters e Van Westen (1996), a abordagem mais direta de avaliação de suscetibilidades é através do mapeamento de inventário, o qual pode ser feito a partir de levantamentos de campo (CARRARA; MERENDA, 1976), interpretação de fotografias aéreas (DOURADO; ARRAES; SILVA, 2012; GORDO; ZÊZERE; MARQUES, 2019), sensoriamento remoto (GERENTE *et al.*, 2017; MARTHA *et al.*, 2013) e dados históricos de ocorrências. Estes dados históricos podem ser provenientes de arquivos históricos (GUZZETTI, 2000), de Defesa Civil (AMARAL, 1996; SALAROLI, 2003), jornais (ZÊZERE *et al.*, 2014), inventários de empresas mantenedoras de estradas (D'ORSI, 2011), pesquisas científicas (BRABB; COLGAN; BEST, 1999), por exemplo. Os inventários documentam a extensão dos movimentos de massa em áreas de interesse (sejam, bacias hidrográficas, cidades, regiões ou até países), tornando possível a investigação da distribuição, tipos e padrões de movimentos de massa em relação às características morfológicas e geológicas (GUZZETTI *et al.*, 2012).

A sistematização de inventários torna possível a construção de bases de dados regionais (AMARAL, 1996; MONSIEURS *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2014; ROSI *et al.*, 2018), nacionais (DAMM; KLOSE, 2015; JÓZSA *et al.*, 2019; PENNINGTON *et al.*, 2015) ou até globais (JUANG; STANLEY; KIRSCHBAUM, 2019; KIRSCHBAUM *et al.*, 2010; KIRSCHBAUM; STANLEY; ZHOU, 2015), com informações de localização

(coordenadas), tipo de movimento, data de ocorrência e registro, gatilho do movimento de massa (pluviosidade, terremotos, vulcanismo), fatores condicionantes (uso e cobertura da terra, declividade, geologia, etc.), danos, mortos, feridos, entre outras.

A apresentação de inventários de movimentos de massa pode ser feita em forma de mapas de densidade (CRUZ, 1990), mapas multitemporais, com movimentos de diferentes épocas/eventos diferenciados, conforme ilustrado na Figura 18 (GUZZETTI *et al.*, 2012), mapas de pontos de eventos (DAI; LEE, 2002), além de gráficos (DAMM; KLOSE, 2015) e tabelas (ZÊZERE *et al.*, 2015).

Figura 18 – Mapa multitemporal de movimentos de massa da área de Monte Castello di Vibio, região da Umbria (Itália). Legenda: 1) movimentos reliquiais; 2) movimentos muito antigos; 3) movimentos pré-1941; 4) movimentos ativos em 1941; 5) movimentos ativos em 1954; 6) movimentos do período entre 1955-1976; 7) movimentos ativos em 1977; 8) movimentos do período entre 1978-1984; 9) movimentos ativos em 1985; 10) movimentos mapeados em campo no inverno de 2010.



Fonte: Guzzetti *et al.* (2012).

As limitações do uso de inventários são relacionadas a: dificuldade na construção e manutenção de um banco de dados atualizado; eventos catastróficos tendem a ter mais destaque (e mais registros) que eventos menores, assim como eventos em áreas povoadas são mais registrados que eventos em áreas isoladas; grande parte dos inventários catalogados são ligados a projetos de pesquisa; tipologias são ignoradas; datas e horários exatos desconhecidas; localização pode ser imprecisa; cada país/região tende a construir as bases de dados no seu próprio idioma (COROMINAS; MOYA, 2008; KIRSCHBAUM *et al.*, 2010; MONSIEURS *et al.*, 2018; VAN WESTEN; VAN ASCH; SOETERS, 2006).

Em análise bibliométrica de artigos publicados sobre movimentos de massa entre 1991-2014 na base *Web of Science*, existe predominância de artigos em inglês (98,2% da produção analisada), com apenas 0,1% das publicações em português, enquanto francês, espanhol, chinês, alemão e italiano aparecem com pouco mais de 0,2% da produção mundial (WU *et al.*, 2015).

Com o desenvolvimento e disseminação de técnicas computacionais de aquisição, processamento e análise de dados, os métodos quantitativos ganharam força entre institutos de pesquisa e pesquisadores (GUZZETTI, 2006). A modelagem estatística, inicialmente usada para exploração de minérios e petróleo, passou a ser incorporada à pesquisa de suscetibilidade a movimentos de massa (CARRARA, 1983). Os modelos estatísticos usados para tal fim são feitos de forma a descrever a relação entre os fatores condicionantes de instabilidades e as ocorrências de movimentos de massa (ALEOTTI; CHOWDHURY, 1999; GLADE, 2001; TOMINAGA, 2009a).

Dentre os modelos estatísticos existe ainda a divisão entre modelos bivariados e multivariados. Os bivariados fazem a sobreposição dos fatores condicionantes e a ocorrência de movimentos de massa (o que torna o método ligado a densidades de escorregamentos), enquanto os multivariados consideram a relação entre os fatores condicionantes e a presença/ausência de movimentos de massa para calcular as suscetibilidades (BARELLA; SOBREIRA; ZÊZERE, 2018; SOETERS; VAN WESTEN, 1996; ZÊZERE *et al.*, 2017). Os métodos estatísticos mais comuns em pesquisas são os ligados a frequência de escorregamentos (Valor Informativo, Pesos de Evidências), Análises Discriminantes, Regressões Logísticas, Redes Neurais Artificiais (POURGHASEMI *et al.*, 2018; REICHENBACH *et al.*, 2018).

Os modelos baseados em processos (determinísticos ou de bases físicas) são regidos pelo entendimento das leis físicas envolvidas no processo de instabilidade (GUZZETTI, 2006). Para tanto, é necessário o conhecimento da área a ser estudada, com dados de entrada (*inputs*) obtidos em medições de campo e experimentos laboratoriais (VAN WESTEN; VAN ASCH; SOETERS, 2006). Tal exigência de conhecimento torna a escala de estudo restrita a regiões homogêneas (ALEOTTI; CHOWDHURY, 1999; TOMINAGA, 2009a; VAN WESTEN; VAN ASCH; SOETERS, 2006). A partir dessas informações são calculados fatores de segurança da encosta, em estado de equilíbrio (limiar crítico para rompimento da encosta) ou de forma transiente (como se dá o processo de escorregamento durante uma tempestade, por exemplo) (FERNANDES, 2016).

Os modelos determinísticos para cálculo de suscetibilidade de movimentos de massa mais usados são o SHALSTAB – *Shallow Landsliding Stability Model*, proposto por Montgomery e Dietrich (1994), o SINMAP – *Stability Index Mapping*, proposto por Pack e colaboradores (2005) e o TRIGRS – *Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Model*, proposto por Baum, Savage e Godt (2008).

No Brasil, aplicações do SHALSTAB foram feitas por Fernandes *et al.* (2004), Zaidan e Fernandes (2015) e Effgen, Couto e Marchioro (2020), dentre muitos outros, enquanto o SINMAP foi aplicado por Dourado e Roig (2012) e Michel, Kobiyama e Goerl (2014). O modelo TRIGRS, por sua vez, já foi utilizado por Vieira *et al.* (2018) e Ávila *et al.* (2021).

Os modelos de bases físicas são referidos na literatura como *white box models* (ou modelos caixa branca) quando todos os processos e relações internas são conhecidas e detalhadas. Quando as relações são parcialmente conhecidas e detalhadas, numa combinação de modelos físicos e estatísticos, por exemplo, o modelo passa a ser de caixa cinza (*gray box model*). Se o funcionamento interno do modelo não for detalhado, ele é considerado de caixa preta (*black box model*), como é o caso dos modelos estatísticos (FERNANDES, 2016; SOETERS; VAN WESTEN, 1996).

4.2 PERIGO DE MOVIMENTOS DE MASSA

Segundo a UNISDR (2004), a análise de perigos envolve a identificação, estudos e monitoramento de qualquer perigo para determinar seu potencial, origem, características e comportamentos.

Para Glade (2001), o produto final de uma avaliação de perigo de movimentos de massa deve responder às seguintes perguntas: “1) O que pode acontecer? 2) O que pode acontecer e onde? 3) O que pode acontecer e quando? 4) O que, quando e onde pode acontecer algo?”. As respostas, ainda segundo o autor, só podem ser dadas em termos de probabilidades – *quando* é a probabilidade de ocorrência num dado período, *onde* é a probabilidade de ocorrência numa dada área.

Idealmente, a descrição do perigo de movimentos de massa deve incluir, além das probabilidades espaciais e temporais, as tipologias, velocidade de movimentação, magnitudes (tamanho da cicatriz, volume do depósito ou ambos), caminho de deslocamento (*runout*), estado de atividade (CHACÓN *et al.*, 2006; COROMINAS *et al.*, 2014; GLADE, 2001; VAN WESTEN; VAN ASCH; SOETERS, 2006).

Conforme posto, o perigo (*hazard*) expressa a probabilidade de quando e onde vão ocorrer determinados eventos danosos (no caso, movimentos de massa). O onde é passível de mapeamento através da análise de suscetibilidade, considerando os fatores condicionantes.

No caso dos métodos estatísticos de modelagem de perigo de movimento de massa, a probabilidade temporal, ou o quando, pode ser determinada de forma direta (a partir do inventário, medindo a recorrência de movimentos de massa no mesmo lugar) ou indireta (a partir de tempos de retorno da ocorrência de eventos gatilho, como chuvas fortes e terremotos de certa magnitude) (GLADE, 2001). Já em métodos determinísticos, o tempo horário é calculado – por exemplo, o modelo TRIGRS (BAUM; SAVAGE; GODT, 2008), ao incorporar a variação da precipitação, calcula o comportamento, durante uma tempestade, das mudanças de poro-pressão do solo (VIEIRA *et al.*, 2018).

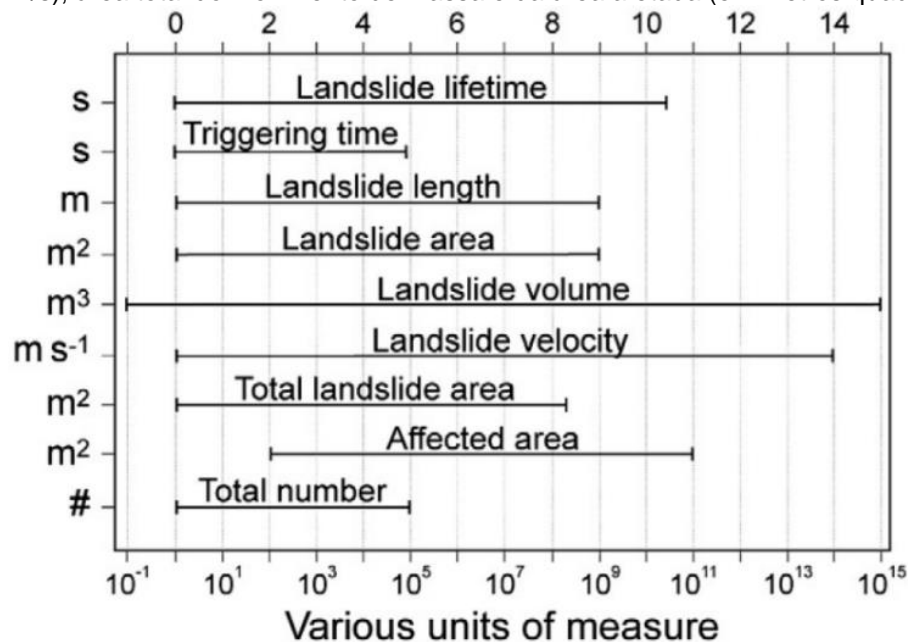
Corominas *et al.* (2014) colocam os dados relacionados a fatores gatilhos (como precipitação, sismicidade e atividades humanas) como parte fundamental do processo

de “*conversão de mapas de suscetibilidade em mapas de perigo*”, uma vez que tem forte componente temporal.

A determinação da probabilidade temporal de ocorrência de movimentos de massa é extensamente discutida por Corominas e Moya (2008). Inicialmente, duas abordagens são diferenciadas: uma analisa o potencial de ruptura da encosta, com forte proximidade a modelos matemáticos e físicos (envolvendo cálculos de fator de segurança da encosta e potenciais de ruptura), e a outra estima a probabilidade de ocorrência de movimentos de massa a partir de eventos pretéritos (ou seja, através de análises de frequências). Esta última abordagem pode ser realizada tanto a partir da contagem de eventos quanto a partir da recorrência de eventos de iniciação (como chuvas, vulcanismos, terremotos).

Dada a variabilidade e complexidade dos movimentos de massa (Figura 19), com suas tipologias e características, Guzzetti (2006) aponta que não é possível traçar uma única avaliação de perigo do fenômeno. O tempo de iniciação de um escorregamento qualquer, por exemplo, pode variar de segundos a dias, enquanto o tempo de duração do movimento pode alcançar até décadas (casos de rastejos). Assim, uma avaliação de perigo de escorregamentos translacionais (movimentos de alta velocidade, possível grande alcance e potencialmente danoso), por exemplo, é completamente diferente de uma avaliação de perigo de queda de blocos (movimentos bruscos, com pouco alcance, mas extremamente destrutivo) (COROMINAS; MOYA, 2008).

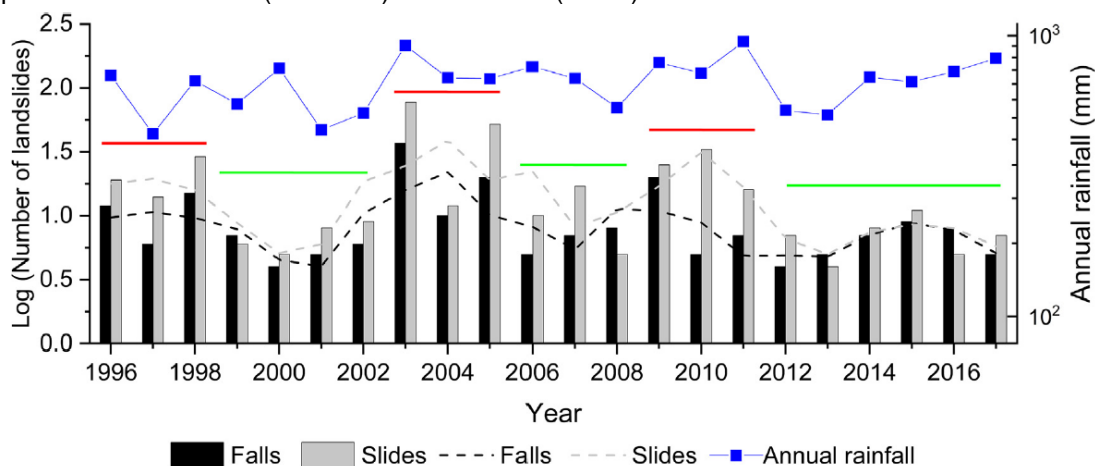
Figura 19 – Ordens de magnitude dos movimentos de massa: duração e tempo de iniciação (em segundos), extensão (em metros), área (metros quadrados), volume (metros cúbicos), velocidade (em m/s), área total do movimento de massa e da área afetada (em metros quadrados) e quantidade.



Fonte: Guzzetti *et al.* (2012).

Qiu *et al.* (2020) exploraram um inventário de 22 anos de movimentos de massa e registros pluviométricos para detectar os padrões temporais de quedas e escorregamentos em uma região montanhosa no noroeste chinês. Através de diversas análises de frequências, os autores conseguiram detectar períodos de atividade e inatividade de movimentos de massa fortemente ligadas a fatores climáticos (Figura 20).

Figura 20 – Movimentos de massa anuais na Província de Shaanxi, com quantidades (barras) e suavização dos dados (linha tracejada) de quedas e escorregamentos, precipitação anual (azul) e períodos de atividade (vermelho) e inatividade (verde) de ocorrências.



Fonte: Qiu *et al.* (2020).

Em outro exemplo de estudo frequentista, Dai *et al.* (2004) consideraram apenas a tipologia de escorregamentos translacionais e calcularam as probabilidades de ocorrência destes fenômenos na ilha de Lantau, nas proximidades de Hong Kong, para chuvas fortes com períodos de retorno de 10, 20, 50 e 100 anos (Figura 21).

Figura 21 – Probabilidades modeladas de ocorrência de escorregamentos translacionais em a) 10 anos; b) 20 anos; c) 50 anos; d) 100 anos.



Fonte: Dai *et al.* (2004).

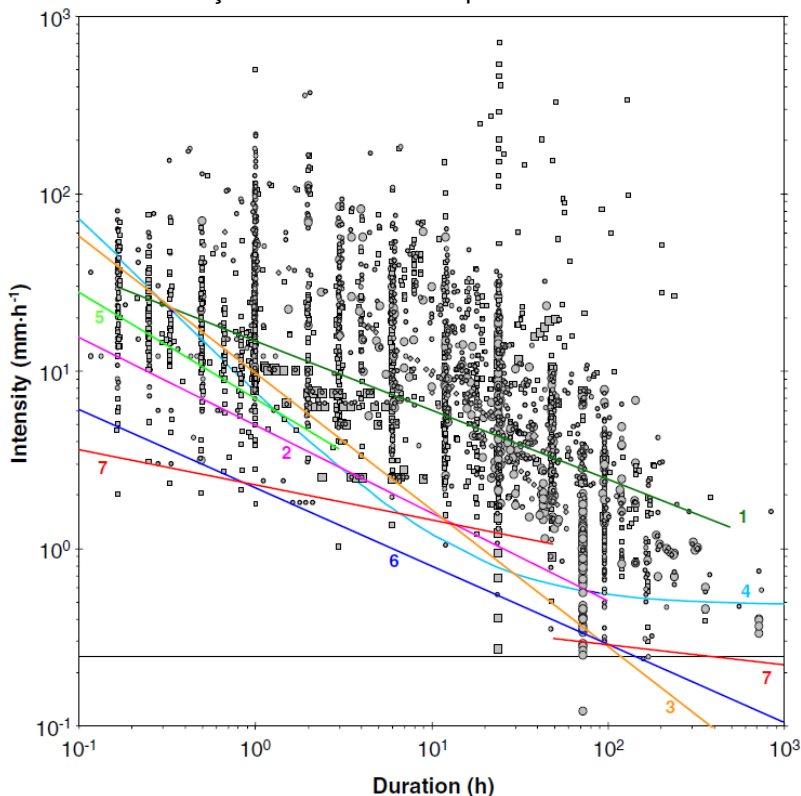
Caine (1980), de forma pioneira, calculou um limiar global de precipitação (Equação 2) para iniciação de escorregamentos translacionais e corridas de massa, considerando chuvas com ocorrências de movimentos de massa de 73 registros diferentes do mundo inteiro. As variáveis envolvidas são intensidade (I em milímetros por hora) e duração (D em horas). Com o cálculo da Equação 2, é possível estimar um limite mínimo de chuva necessária para a ocorrência dos movimentos de massa supracitados e tempos de retorno de chuvas críticas.

$$I = 14,82 \times D^{-0,39}$$

Equação 2

Guzzetti *et al.* (2008) realizaram uma revisão do trabalho de Caine (1980), gerando nove novos limiares para ocorrência de escorregamentos translacionais e corridas de massa, com equações baseadas em duração, intensidade e intensidades normalizadas pela precipitação anual média e pela quantidade de dias chuvosos-normais (razão entre precipitação anual média e quantidade média de dias chuvosos num ano). A partir das equações, os autores sugerem o estabelecimento de um sistema global de alerta de movimentos de massa para diminuir o risco ligado a tais eventos.

Figura 22 – Limiares globais de intensidade-duração. A linha 1 representa o limiar estabelecido por Caine (1980); a linha 6 é o limiar global estabelecido pelos autores; as linhas 7 são estimativas para chuvas com duração menor ou maior que 48h.



Fonte: Guzzetti *et al.* (2008).

Corominas e Moya (2008) advertem, no entanto, que a própria ocorrência de movimentos de massa altera a suscetibilidade (uma vez que a geometria da encosta é alterada, juntamente com as características hidrológicas), assim como mudanças de uso e cobertura da terra e alterações de padrões climáticos mudam também os tempos de retorno e frequências dos eventos de movimentos de massa.

4.3 VULNERABILIDADE

O conceito de vulnerabilidade é intrinsecamente ligado aos conceitos de *exposição*, *capacidade* e *resiliência*.

De acordo com a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU, 2016, tradução nossa), exposição é “a condição de pessoas, infraestruturas, moradias, instalações de produção e outros bens humanos tangíveis localizados em áreas ameaçadas [no original, *hazard-prone areas*]”. A quantidade de pessoas ou os tipos de bens em determinadas áreas podem ser usadas como medidas de exposição. Quando a exposição é combinada com a vulnerabilidade e à capacidade dos elementos expostos a uma dada ameaça, os riscos podem ser calculados quantitativamente.

É importante frisar que a exposição, por si só, não é estática, ou seja, a “medida” da exposição varia no tempo e espaço (COROMINAS *et al.*, 2014) – por exemplo, um carro numa estrada só está em risco de ser atingido por um bloco de rochas quando na proximidade de uma encosta suscetível a tal ocorrência, enquanto uma moradia numa determinada localidade suscetível a movimentos de massa está permanentemente exposta.

Ainda segundo a ONU (2016), a capacidade é o somatório dos atributos e recursos disponíveis dentro de uma comunidade ou sociedade para gerenciamento e redução de riscos e aumento da resiliência. Esta, por sua vez, é definida como a

habilidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a ameaças [no original, *hazards*] de resistir, absorver, acomodar, se adaptar, se transformar e se recuperar de efeitos de um evento [*hazard*] de forma eficiente e rápida, incluindo a preservação e restauração de estruturas básicas essenciais e funcionalidades através de gerenciamento de riscos (ONU, 2016, tradução nossa).

Resiliência deriva do latim *resilire*, traduzido como “pular de volta”. As primeiras aplicações científicas do termo foram no campo de Mecânica, sendo usado para descrever a capacidade de corpos metálicos de resistirem e absorverem impactos (ALEXANDER, 2013). Posteriormente, o campo da Ecologia usa a resiliência como o retorno ao estado original pré-impacto (CUTTER; ASH; EMRICH, 2014). Mendonça (2011), no entanto, alerta sobre o uso do termo resiliência para situações de

fenômenos extremos e que “o retorno às condições pré-acidentes da grande parte das populações dos países não desenvolvidos é lastimável para se desejar voltar a ela”.

Vulnerabilidade é o conjunto de processos e condições físicas, sociais, econômicas e ambientais que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, comunidade, bens ou sistemas de sofrerem impactos advindos de perigos (ALEXANDER, 2012; ONU, 2016). Outros autores, como Corominas *et al.* (2014), Guzzetti (2006) e Varnes e a Associação Internacional de Engenharia de Geologia (IAEG) (1984), consideram vulnerabilidade como o grau de perdas possíveis de um dado conjunto de elementos em risco resultantes da ocorrência de um evento danoso.

De maneira geral, *vulnerabilidade* trata da exposição à perigos, com potencial impacto negativo ao corpo receptor. A raiz etimológica da palavra, como apontado por Alexander (2012), remete à ferimento (do verbo latino *vulnerare*, “ferir”).

Segundo Alexander (2012), a percepção afeta a vulnerabilidade. Quando um indivíduo, comunidade ou sociedade se percebe sujeita a uma determinada ameaça, não importa a medida prática de risco, a vulnerabilidade é reduzida. Da mesma forma, quando não há percepção de risco algum pelo indivíduo, comunidade ou sociedade, a vulnerabilidade é elevada.

Em longa revisão sobre vulnerabilidade, Wisner (2016) aponta que diversos campos de conhecimento usam o termo em seus estudos, como Psicologia, Economia, Ciências Políticas, entre outras, mas que o maior volume de trabalhos publicados é de autores afiliados às disciplinas de Geografia, Sociologia, Saúde Pública e Recursos Naturais (FULLER; PINCETL, 2015).

No entanto, o termo vulnerabilidade tem diferentes significados e interpretações para cada disciplina (CUTTER, 1996b). Se, por um lado, a polissemia é prejudicial por não permitir um entendimento comum de como medir a vulnerabilidade, por outro lado, a mesma polissemia permite aplicações especializadas dentro de cada campo disciplinar (BIRKMANN; WISNER, 2006).

Nos debates sobre definições e formas de avaliações possíveis de vulnerabilidade, três linhagens intelectuais se sobressaem: as abordagens biofísicas (ou que se alinham às pesquisas de risco/perigo); as abordagens vinculadas à Economia Política e à Ecologia Política; e, mais recentemente, pesquisas de vulnerabilidade inspiradas no conceito ecológico de resiliência (EAKIN; LUERS, 2006). Cada linhagem tem suas

escolhas metodológicas, perguntas focais e unidades de análises, dentre outros atributos, conforme sintetizado no Quadro 2.

As abordagens de Risco/Perigo (ou biofísicas) se baseiam em estudos sobre perigos naturais desenvolvidos na Geografia, como o de White (1942) sobre inundações nos EUA. Os estudos dessa linhagem costumam responder a questões como “a que estamos vulneráveis?”, “quais são as consequências esperadas?” e “quando e onde esses eventos podem ocorrer?” (EAKIN; LUERS, 2006).

Quadro 2 – Linhagens intelectuais, com suas perguntas centrais, conceitos relacionados, unidades de exposição, escalas de decisão e exemplo de definição de vulnerabilidade.

	RISCO PERIGO	ECONOMIA POLÍTICA ECOLOGIA POLÍTICA	RESILIÊNCIA ECOLÓGICA
PERGUNTAS CENTRAIS	- Quais são os perigos? - Quais são os impactos? - Onde e quando?	- Como pessoas e lugares são diferentemente afetadas? - O que explica capacidades diferenciais de resistir e adaptar? - Quais são as causas e efeitos de suscetibilidades diferenciais?	- Como e por que sistemas mudam? - Qual é a capacidade de responder a mudanças? - Quais são os processos fundamentais que controlam a capacidade de responder ou se adaptar?
CONCEITOS- CHAVE	Exposição; sensibilidade	Capacidade; sensibilidade; exposição	Limites de mudança; capacidade de reorganização (aprender e se adaptar)
UNIDADES DE EXPOSIÇÃO	Localidades; setores; atividades; paisagens; regiões	Indivíduos; moradias; grupos sociais; comunidades; meios de vida	Ecosistemas; sistemas socioambientais
ESCALA DE DECISÃO	Regional; global	Local; regional; global	Paisagens; eco-regiões; escalas múltiplas
EXEMPLO DE DEFINIÇÃO	<i>“Vulnerabilidade é a chance de um indivíduo ou grupo ser exposto e negativamente afetado por uma ameaça. É a interação dos perigos locais [...] com o perfil social das comunidades”</i>	<i>“[...] São as características de uma pessoa ou grupo e suas condições que influenciam suas capacidades de antecipar, lidar, resistir e se recuperar do impacto de um perigo natural [...]”</i>	<i>“Resiliência, ou o seu oposto, vulnerabilidade [...], é a capacidade de um sistema sofrer um distúrbio e manter suas funções e controles”</i>

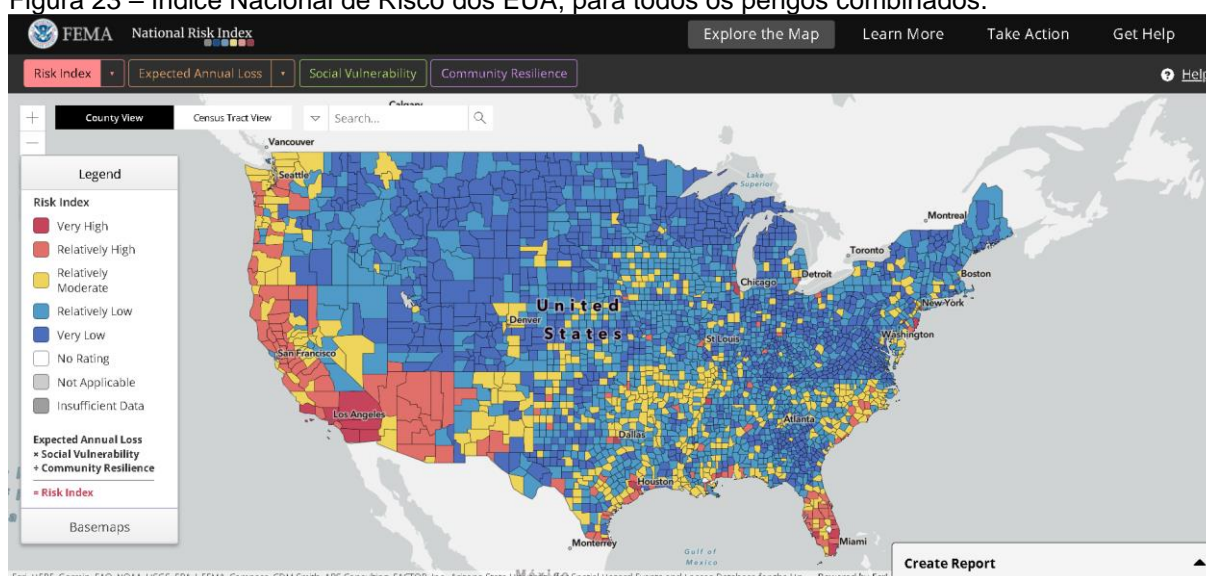
Fonte: traduzido e adaptado de Eakin e Luers (2006).

O Índice Nacional de Risco (*National Risk Index*, em inglês), elaborado pela Agência Federal de Gerenciamento de Emergências dos Estados Unidos (*Federal Emergency Management Agency*, FEMA) é um exemplo recente de estudo na linhagem intelectual de Risco/Perigo. O índice é um banco de dados e ferramenta *online* que identifica as

comunidades em risco para 18 perigos naturais diferentes, considerando que o risco é composto pelas perdas anuais esperadas, a vulnerabilidade social e a resiliência comunitária (ZUZAK *et al.*, 2021).

No *site* da ferramenta (Figura 23), é possível consultar e exibir os índices de risco (para cada tipo de perigo ou de todos os perigos analisados combinados), as perdas anuais esperadas, a vulnerabilidade social e a resiliência comunitária, além de gerar relatórios comparando condados ou áreas censitárias entre si.

Figura 23 – Índice Nacional de Risco dos EUA, para todos os perigos combinados.



Fonte: Map – National Risk Index (<https://hazards.fema.gov/nri/map>, acesso em 17/nov/2021).

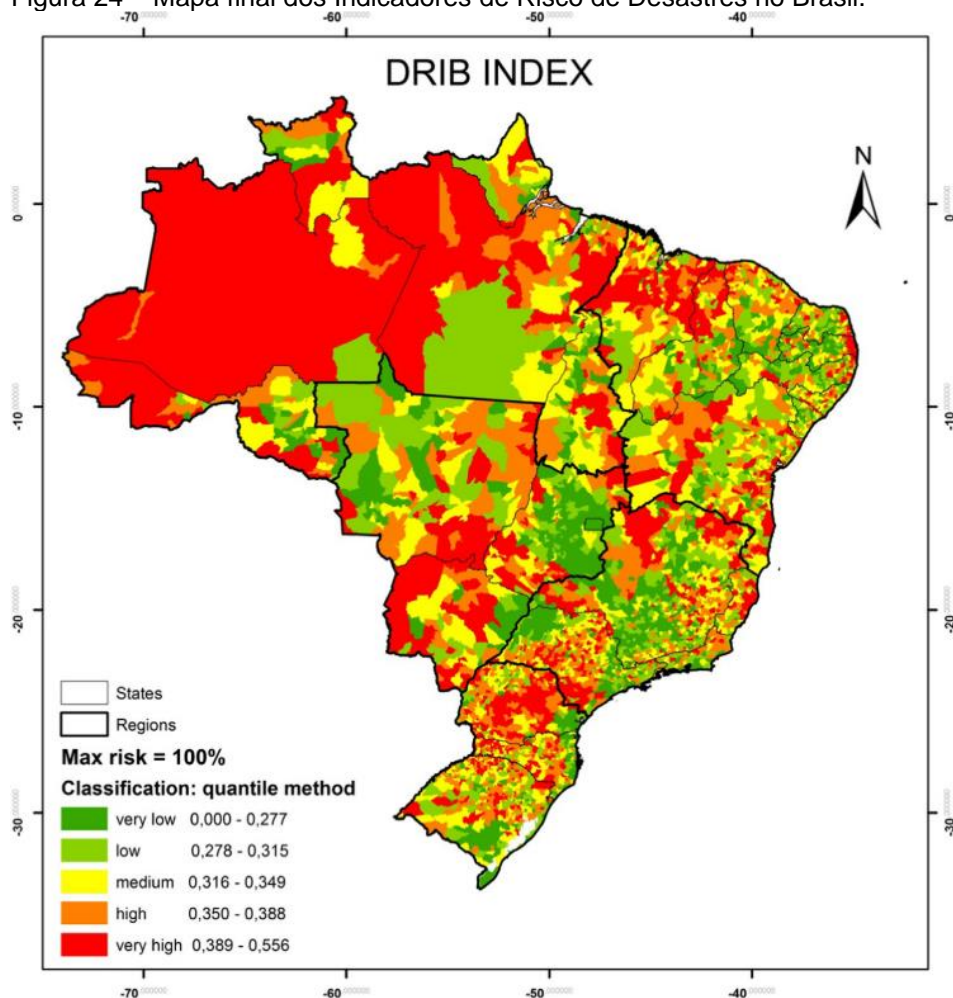
A abordagem de vulnerabilidade das áreas de Economia Política e Ecologia Política surge como crítica e em resposta à abordagem de Risco/Perigo. As perguntas centrais propostas por essa linhagem intelectual deixam de ser “tecnicistas”, centradas nos perigos e suas características da linhagem de Perigo/Risco, e passam a ser ligadas a como as vulnerabilidades são criadas e exacerbadas através de processos sociais, políticos, culturais e econômicos. São exemplos de perguntas: “por que algumas populações são vulneráveis e outras não?”, “como as pessoas e lugares são diferentemente afetadas?”, “o que explica as diferentes capacidades de resistir e se adaptar de certas comunidades?”, “quem é vulnerável?” (EAKIN; LUERS, 2006; WISNER, 2016).

O Índice Mundial de Risco, desenvolvido por Welle e Birkmann (2015), por exemplo, agrega quatro componentes em sua formulação: exposição a perigos naturais;

suscetibilidade, ou a chance de sofrer danos (dada em função da infraestrutura pública local, condições de moradia e nutrição e estrutura governamental); capacidade de resistir ou diminuir consequências negativas (do original, *coping capacity*, dada em função de governança, preparação para desastres e avisos prévios, serviços médicos, seguridade social e econômica); capacidade de adaptação (dada pelas estratégias de longo prazo para lidar com mudanças sociais, climáticas e eventos futuros).

Em aplicação direcionada ao Brasil do Índice Mundial de Risco, chamada de DRIB (*Disaster Risk Indicators in Brazil*, ou Indicadores de Risco de Desastres no Brasil), os perigos naturais avaliados foram os que mais afetam o país, em frequência e danos (a saber: secas, inundações, tempestades, enchentes, movimentos de massa), e os derivados de mudanças climáticas, como elevação do nível do mar (ALMEIDA *et al.*, 2016). A Figura 24 apresenta o resultado do índice, em escala municipal.

Figura 24 – Mapa final dos Indicadores de Risco de Desastres no Brasil.



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

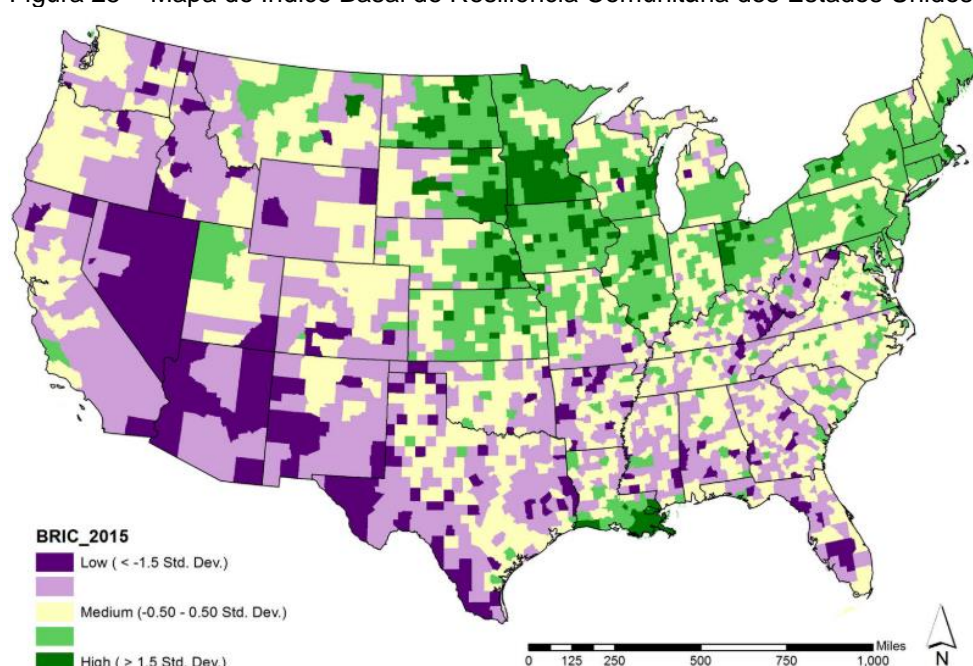
A linhagem de Resiliência Ecológica para estudo de vulnerabilidades é a mais recente dentre as três arroladas no Quadro 2. Nessa abordagem, vulnerabilidade é “[...] *uma propriedade dinâmica de um sistema no qual humanos estão constantemente interagindo com o ambiente biofísico*” (EAKIN; LUERS, 2006). Segundo Holling (1973 apud EAKIN; LUERS, 2006), resiliência ecológica é a habilidade que um sistema possui de absorver mudanças e impactos e manter as mesmas relações que controlam o comportamento do sistema.

As perguntas fundamentais dessa abordagem são “como e por que sistemas mudam?”, “qual é a capacidade [do sistema] de responder a mudanças?” e “quais são os processos que controlam a habilidade de lidar e se adaptar [com mudanças]?” (WISNER, 2016).

Como a resiliência é relacionada a sistemas, a operacionalização do conceito (através de medição/avaliação) é impraticável em nível de moradias ou pessoas, se tornando um atributo ligado a comunidades e regiões (EAKIN; LUERS, 2006).

Um exemplo de operacionalização e aplicação do conceito de resiliência é o modelo proposto por Cutter, Burton e Emrich (2010). Esse modelo foi nomeado *The Baseline Resilience Index for Communities* (BRIC, ou Índice Basal de Resiliência Comunitária) e agrega variáveis em seis eixos: resiliência social, resiliência econômica, resiliência de capital comunitário, resiliência institucional, resiliência de habitações e de infraestrutura e resiliência ambiental (CUTTER; DERA KHSHAN, 2018).

Figura 25 – Mapa do Índice Basal de Resiliência Comunitária dos Estados Unidos para o ano de 2015.



Fonte: Cutter e Derakhshan (2018).

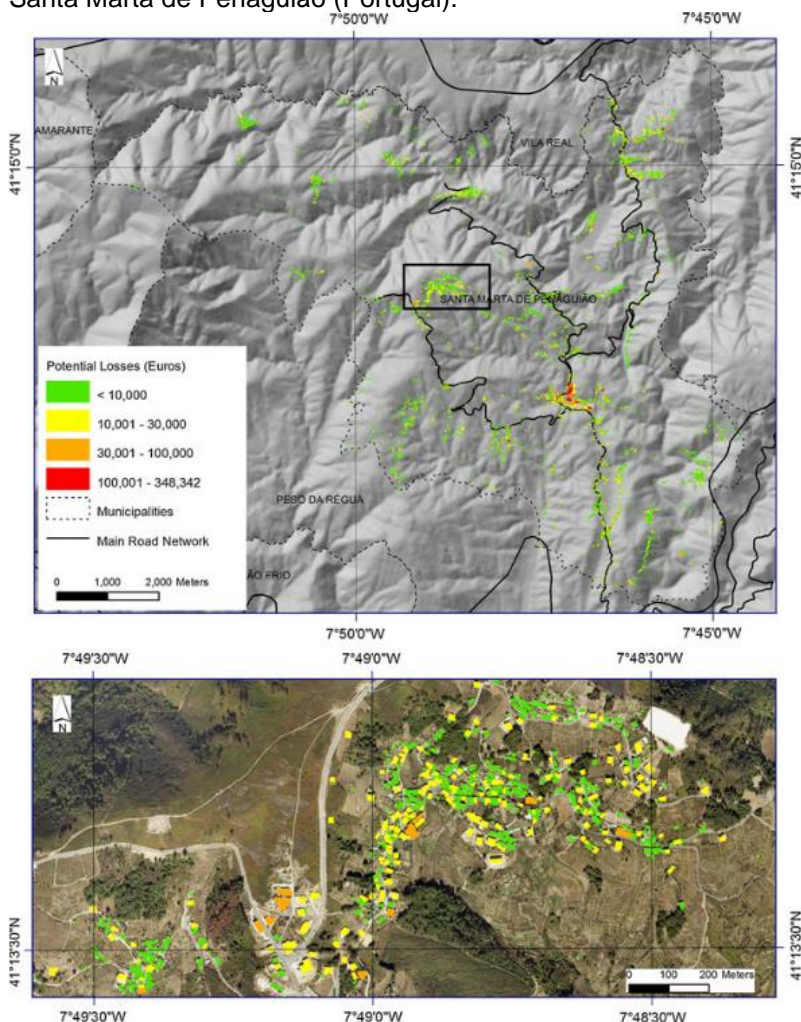
Almeida (2012) sintetiza os tipos de vulnerabilidades aplicados em estudos de perigos naturais em cinco classes: física (ou estrutural), institucional, ambiental (ou patrimonial), econômica e social (ou humana).

Segundo Corominas *et al.* (2014), vulnerabilidade física (estrutural) é o potencial de danos a construções, infraestruturas e serviços públicos. Um caso específico de vulnerabilidade física é a corporal, relativa a mortes e ferimentos em pessoas. As avaliações de vulnerabilidade física podem ser relatadas em valores monetários (como custos de reparação; custos de redução de qualidade de vida; custos de resgate, internação e tratamento hospitalar) ou em classificações de extensão de danos (por exemplo: nenhum dano, danos leves, danos moderados, danos severos ou perda total, como proposto por Palmisano, Vitone e Cotecchia (2018).

Silva e Pereira (2014), por exemplo, estimaram a vulnerabilidade física e o potencial de danos em construções relacionados a escorregamentos rasos em região vinicultora ao norte de Portugal. Os autores consideraram que a vulnerabilidade física é fruto da relação entre a resistência das construções (derivada das técnicas e materiais de construção, estrutura de pisos e telhados, número de andares e estado de conservação) e a magnitude dos escorregamentos. O potencial de danos é o produto da vulnerabilidade física e do valor econômico das construções (avaliado através do

custo médio das construções, área total do terreno, coeficientes de idade, localização e funcionalidade), como mostrado na Figura 26.

Figura 26 – Mapa de perdas potenciais (em euros) provocadas por escorregamentos rasos, região de Santa Marta de Penaguião (Portugal).



Fonte: Silva e Pereira (2014).

Vulnerabilidade institucional, segundo Almeida (2012, p. 39), “trata da capacidade de resposta das instituições diante da crise; funciona como fator indireto da vulnerabilidade social”.

Ahmed (2021) analisou a vulnerabilidade de três comunidades à movimentos de massa em Chittagong, Bangladesh, região na fronteira com Índia e Mianmar, considerando que intervenções humanas e processos de tomadas de decisão, quando conjugadas, criam as vulnerabilidades e causam os movimentos de massa. As comunidades analisadas são: 1) refugiados Rohingya (minoría étnica muçumana),

originários de Mianmar em fuga de genocídio, atualmente residindo em campos de refugiados improvisados, em moradias superlotadas, feitas de bambu e lonas plásticas; 2) comunidades serranas de etnia Bengali, com população empobrecida e sem acesso à terra, ocupando encostas através de cortes em taludes e derrubada de vegetação original; 3) comunidades tribais indígenas (*Jumma*), com forte ligação ancestral à terra e em conflito com as comunidades Bengali. O autor conclui que as causas raízes de vulnerabilidades da região são ligadas às instituições fracas e/ou corruptas, que falham continuamente em mediar conflitos entre comunidades, sanar questões sociais (como pobreza, violência, diferenças culturais, ódio a comunidades étnicas e minoritárias, crise de refugiados e migrações forçadas etc.), fazer com que direitos humanos sejam respeitados e em implementar leis ambientais, de uso e cobertura da terra e planos de desenvolvimento.

A vulnerabilidade ambiental (ou patrimonial) é ligada aos danos causados por eventos naturais ao meio ambiente (vegetação, solos, corpos d'água, fauna) ou patrimônios culturais (ALMEIDA, 2012).

Por vezes, a vulnerabilidade ambiental é confundida e calculada como suscetibilidade a alguma ameaça natural, como escorregamentos rasos (TURCONI *et al.*, 2019), erosão costeira (BORUFF; EMRICH; CUTTER, 2005) e erosão (GOMES; SILVA; LIMA, 2020).

A vulnerabilidade econômica trata das interrupções e problemas gerados por eventos naturais nas atividades econômicas, sistemas de comunicação, transporte, abastecimento de água, eletricidade, etc. (ALMEIDA, 2012).

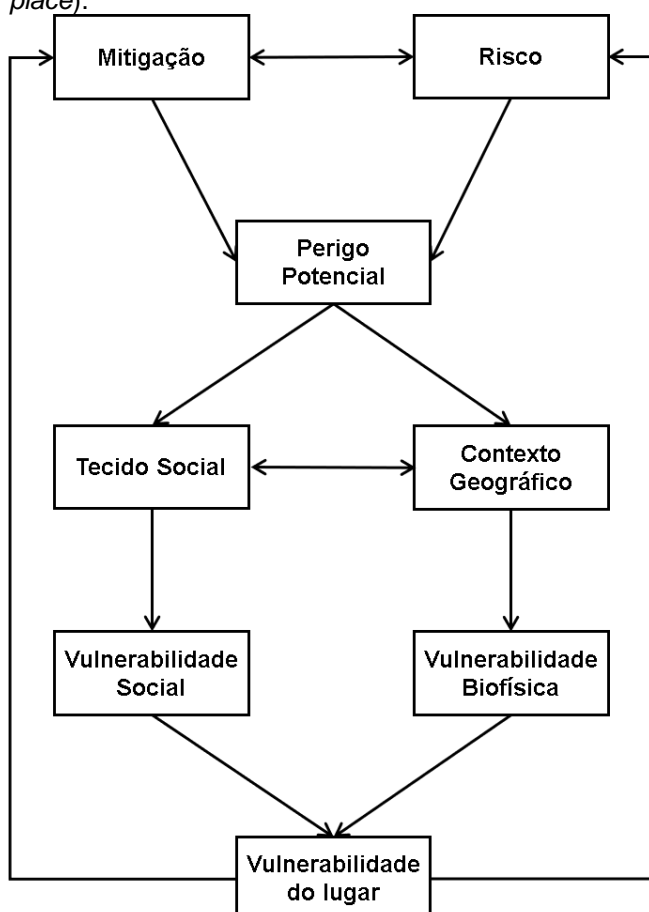
O Banco Mundial realizou um estudo sobre a vulnerabilidade financeira dos países mais afetados por eventos naturais climáticos, medindo a capacidade do setor público de cada país de pagar pelas reconstruções de bens públicos e assistências emergenciais às populações e atividades econômicas afetadas (MECHLER *et al.*, 2010).

A categoria de vulnerabilidade social (ou humana) é dividida por Cutter (1996b) em pessoal/individual e social. A vulnerabilidade individual é o potencial (ou sensibilidade) para perdas ou ferimentos que as pessoas têm, com domínios espaciais e não-espaciais. A vulnerabilidade social é a que abarca grupos de pessoas ou a sociedade

como um todo para potenciais danos (estruturais e não-estruturais) derivados de eventos perigosos, com consequências espaciais distintas e variando no tempo.

A vulnerabilidade social é, segundo Cutter, Boruff e Shirley (2003), produto parcial de desigualdades sociais e locais, ou seja, é função das características da população (como cor/raça, idade, renda, etc.) e do ambiente construído (nível de urbanização, taxas de crescimento populacional, vitalidade econômica, etc.). Essa associação foi denominada *vulnerabilidade do lugar* na estrutura conceitual de *perigos do lugar* (em inglês, *hazards-of-place*), proposta por Cutter (1996b), ilustrada na Figura 27. Os perigos do lugar variam no tempo, mudando conforme os riscos, mitigações e contextos geográficos e sociais vão se alterando.

Figura 27 – Estrutura conceitual da vulnerabilidade do lugar a partir dos perigos do lugar (*hazards-of-place*).



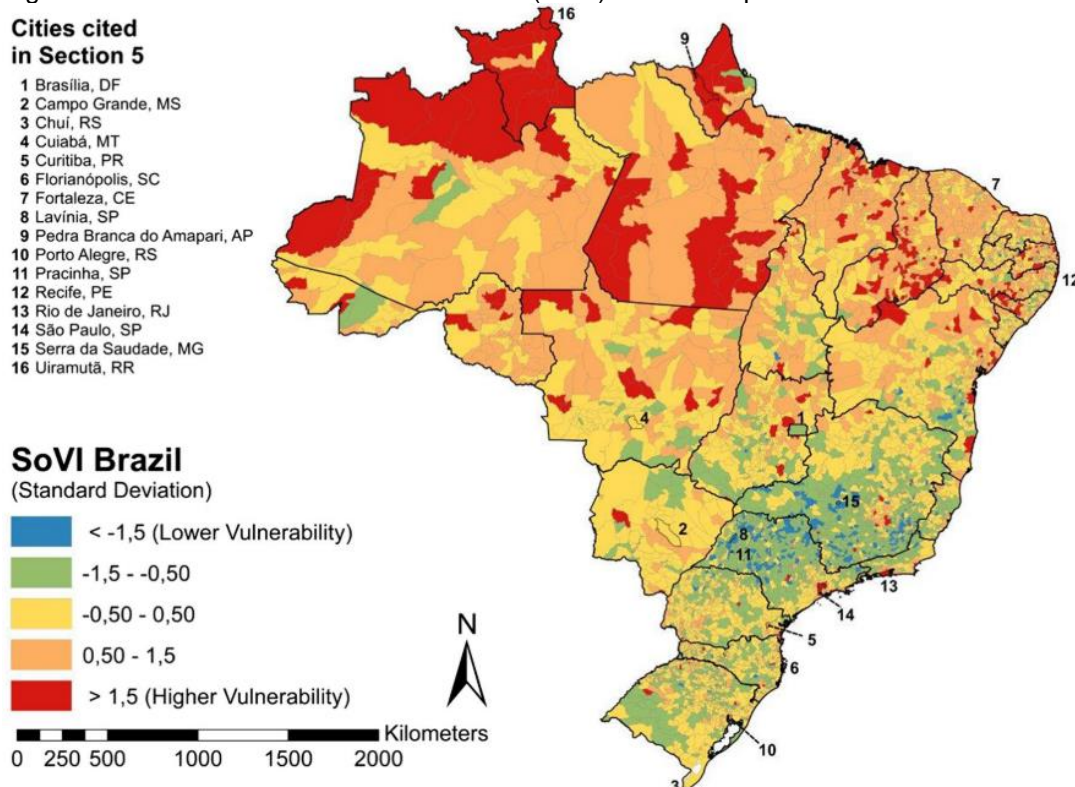
Fonte: traduzido de Cutter (1996b).

Visando operacionalizar e medir a vulnerabilidade social, Cutter, Boruff e Shirley (2003) propõem um índice a partir do uso de dados censitários, com potencial

comparativo para toda a extensão dos Estados Unidos em nível de condados (chamado de *Social Vulnerability Index – SoVI*).

Esse índice foi adaptado e aplicado com sucesso para medir e comparar vulnerabilidades sociais a perigos ambientais de todos os municípios brasileiros (Figura 28) (HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016), entre setores censitários de Nova Friburgo, na região Serrana do Rio de Janeiro (CARDOZO; MONTEIRO, 2019), entre freguesias na região de Lisboa, em Portugal (GUILLARD-GONÇALVES *et al.*, 2015), entre cidades na região do delta do Rio Yangtsé, na China (CHEN *et al.*, 2013), entre setores censitários em Nova Orleans, nos Estados Unidos (EUA), pré e pós-furacão Katrina, demonstrando como as diferenças de vulnerabilidade influenciam na reconstrução da cidade (FINCH; EMRICH; CUTTER, 2010), na avaliação de vulnerabilidade de populações expostas a riscos sísmicos no estado de Oklahoma/EUA (DERAKHSHAN; HODGSON; CUTTER, 2020) e entre períodos temporais nos EUA, visando medir a evolução da vulnerabilidade nos condados americanos entre 1960-2010 (CUTTER; FINCH, 2008), dentre diversos outros trabalhos.

Figura 28 – Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) dos municípios brasileiros.



Fonte: Hummell, Cutter e Emrich (2016).

4.4 RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA

O risco, conforme exposto anteriormente, é dado pela relação da probabilidade de um evento ocorrer (espacial e temporalmente) e o grau de vulnerabilidade e exposição de um sistema.

VanDine *et al.* (2004) diferenciam diversos tipos de análise de risco de movimentos de massa, com diferenciação entre risco parcial, risco específico, valor específico do risco, risco múltiplo e risco total (Quadro 3). De maneira geral, o que se altera entre cada um dos conceitos é a quantidade de elementos expostos e de movimentos de massa ocorrendo no local, com consideração ou não dos valores/custos.

Quadro 3 – Descrições dos tipos de análises de risco de movimentos de massa.

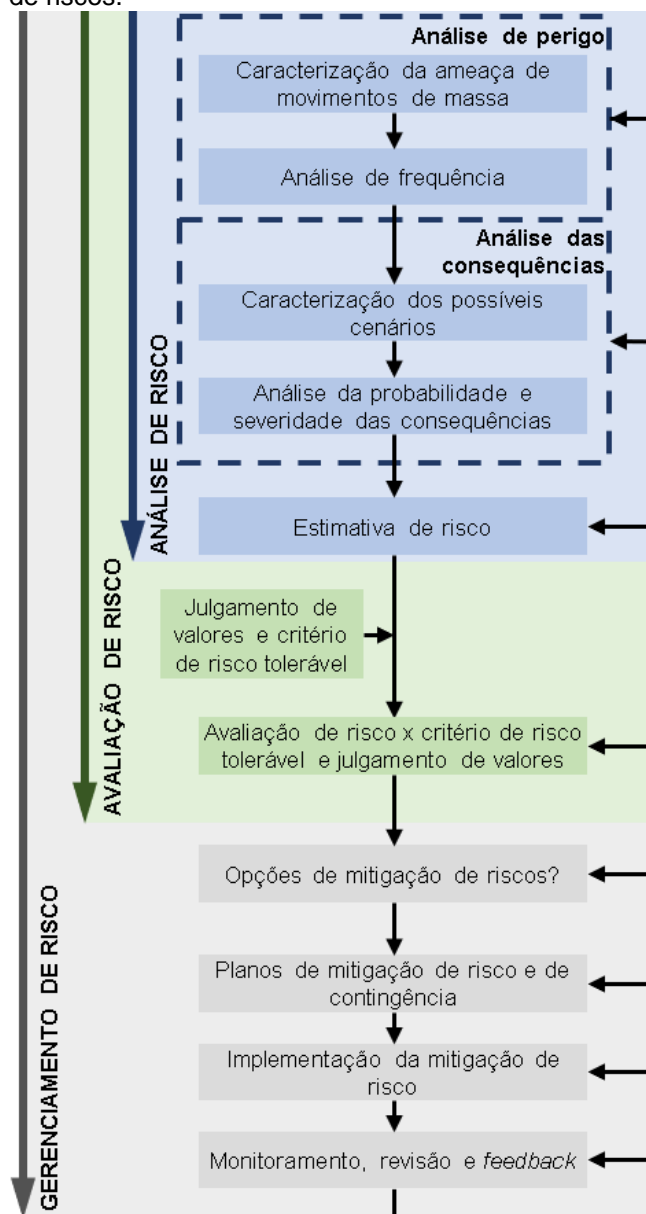
TIPOS DE RISCOS DE MOVIMENTOS DE MASSA	DESCRIÇÃO
Risco Parcial	Chance de um movimento de massa perigoso específico combinada à chance de tal movimento alcançar ou afetar um elemento específico
Risco Específico	Risco de um elemento específico, sem considerar o valor/custo
Valor Específico do Risco	Risco de um elemento específico, considerando o valor/custo
Risco Múltiplo	Risco de diversos elementos ou de um único elemento a múltiplos movimentos de massa
Risco Total	Risco de todos os elementos a todos os movimentos de massa

Fonte: traduzido e adaptado de VanDine *et al.* (2004).

Fell *et al.* (2008) publicaram diretrizes para o zoneamento de suscetibilidade, perigo e risco de movimentos de massa com objetivo de subsidiar o planejamento de uso da terra. Os autores sugerem um esquema para gerenciamento, avaliação e análise de riscos (Figura 29).

A etapa de análise de riscos envolve as análises dos perigos (caracterização dos movimentos de massa e suas frequências) e consequências (caracterização de cenários resultantes e probabilidade e severidade dos danos), finalizando na estimativa de riscos (FELL *et al.*, 2008).

Figura 29 – Esquema proposto por Fell e colaboradores (2008) para gerenciamento, avaliação e análise de riscos.



Fonte: traduzido de Fell *et al.* (2008).

A avaliação de riscos se dá a partir da análise de riscos, acrescentando o julgamento de valores/custos e o estabelecimento de um critério de risco tolerável (FELL *et al.*, 2008). O risco tolerável é o grau de perdas que uma sociedade ou comunidade considera aceitável dadas as condições econômicas, sociais, políticas, culturais, técnicas e ambientais (UNISDR, 2004).

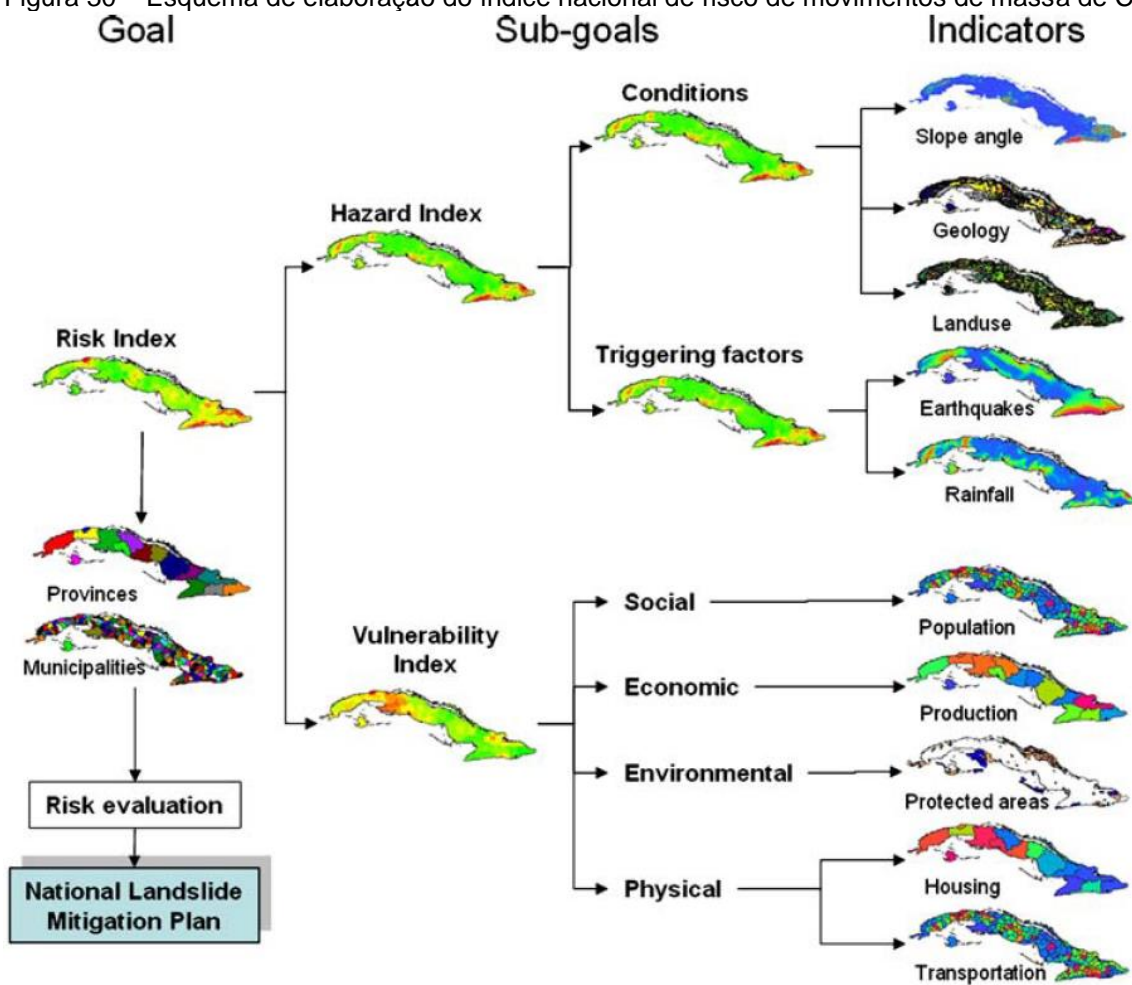
A etapa final é a de gerenciamento de riscos. A partir da avaliação de riscos, são traçadas as opções de mitigação, elaborados os planos de mitigação e controle, os quais são implementados, monitorados e revisados. Com o retorno das partes

interessadas (população, gestores públicos, entidades da sociedade civil), qualquer outro passo do esquema proposto pode ser alterado, mantido ou melhorado (FELL *et al.*, 2008).

O gerenciamento de riscos, portanto, engloba tanto as medidas estruturais e não-estruturais de prevenção e mitigação de danos adversos derivados de perigos. As medidas estruturais são obras de engenharia, via de regra, de alto custo, como as de contenção de encostas, instalação de sistemas de drenagem, enquanto as medidas não estruturais envolvem planejamento e gerenciamento da ocupação da terra, como os zoneamentos ambientais, planos de defesa civil e ações educativas (TOMINAGA, 2009b; UNISDR, 2004).

Um exemplo de trabalho de mapeamento de risco de movimentos de massa em escala nacional foi o de Cuba, elaborado por Abella e van Westen (2007). A Figura 30 traz a sumarização gráfica de como foi feito o processo de mapeamento de risco. O índice de risco (*Risk Index*, na figura) foi calculado a partir de índices de perigos e vulnerabilidades (*Hazard* e *Vulnerability index*). O índice de perigo foi dividido em fatores condicionantes (declividade, geologia e uso da terra) e gatilhos (terremotos e precipitação). O índice de vulnerabilidade é composto por indicadores sociais, econômicos, ambientais e físicos. A partir do índice nacional, equivalente à análise de risco proposta por Fell *et al.* (2008), foram avaliados os riscos por municípios e províncias, com indicação de zonas prioritárias para ações governamentais de gerenciamento de riscos.

Figura 30 – Esquema de elaboração do índice nacional de risco de movimentos de massa de Cuba.



Fonte: Abella e van Westen (2007).

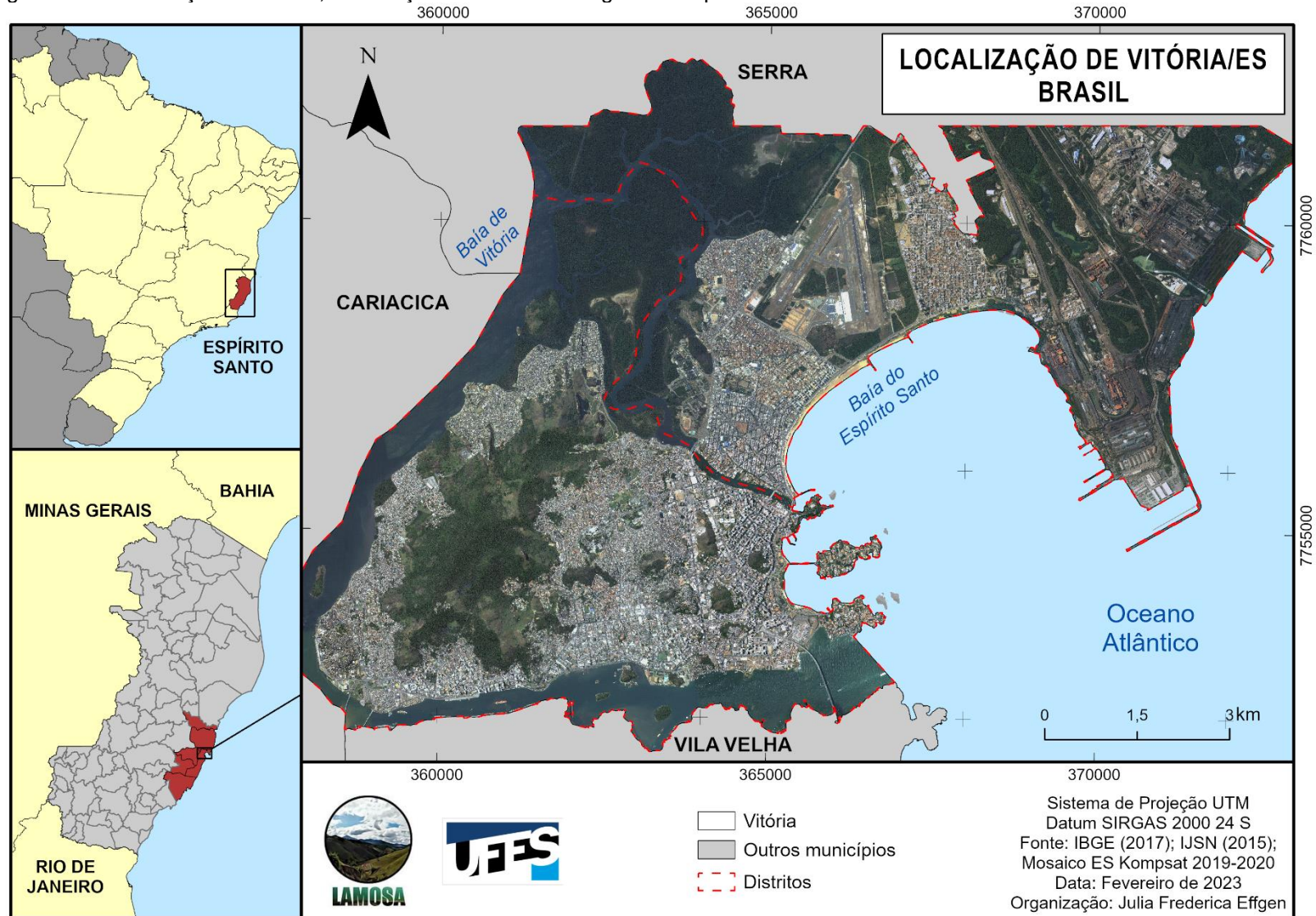
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Capital do estado do Espírito Santo, Vitória é banhada a leste pelo Oceano Atlântico e faz limites com os municípios de Serra (a norte), Cariacica (a oeste) e Vila Velha (a sul). A extensão territorial do município é de 97,123 km² (IBGE, 2022b), incluindo as ilhas oceânicas da Trindade e Martin Vaz, distantes 1.140 e 1.190 km, respectivamente, do continente (NOGUEIRA; EFFGEN; MARCHIORO, 2020). A porção continental do município tem cerca de 86,33 km² (IJSN, 2015) e é dividida em uma porção insular principal a sudoeste (ilha de Vitória) e uma continental a nordeste (Goiabeiras), conforme delimitado na Figura 31.

Vitória faz parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Em 1995, quando criada, a RMGV era composta pela capital, Cariacica, Serra, Viana e Vila Velha. Atualmente, agrega também os municípios de Guarapari e Fundão. A RMGV abriga quase metade da população estadual (cerca de 1,7 milhão de habitantes) em uma área de 2.331 km² (IJSN, 2018). Recentemente, Vitória foi elevada a metrópole, com 85 cidades e quase 4,5 milhões de habitantes em sua região de influência (IBGE, 2020).

Entre os municípios de Serra, Cariacica e Vitória, a oeste, fica a desembocadura do rio Santa Maria na Baía de Vitória. Este encontro de águas doce e salgada forma o complexo estuarino e de manguezais de Vitória, com destaque para a Ilha do Lameirão, no noroeste do município.

Figura 31 – Localização de Vitória, em relação ao Brasil e à Região Metropolitana da Grande Vitória.



Fonte: organizado pela autora.

O município de Vitória tem população estimada, em 2021, de 370 mil habitantes, sendo que no Censo Demográfico de 2010 contava 327 mil habitantes (IBGE, 2022b). Apenas a população de Vitória é totalmente urbana, dentre os municípios da RMGV. A menor população urbana é a de Fundão, com cerca de 84,5%, enquanto as maiores populações urbanas (depois de Vitória) são Vila Velha (99,5%) e Serra (99,3%) (IBGE, 2022a).

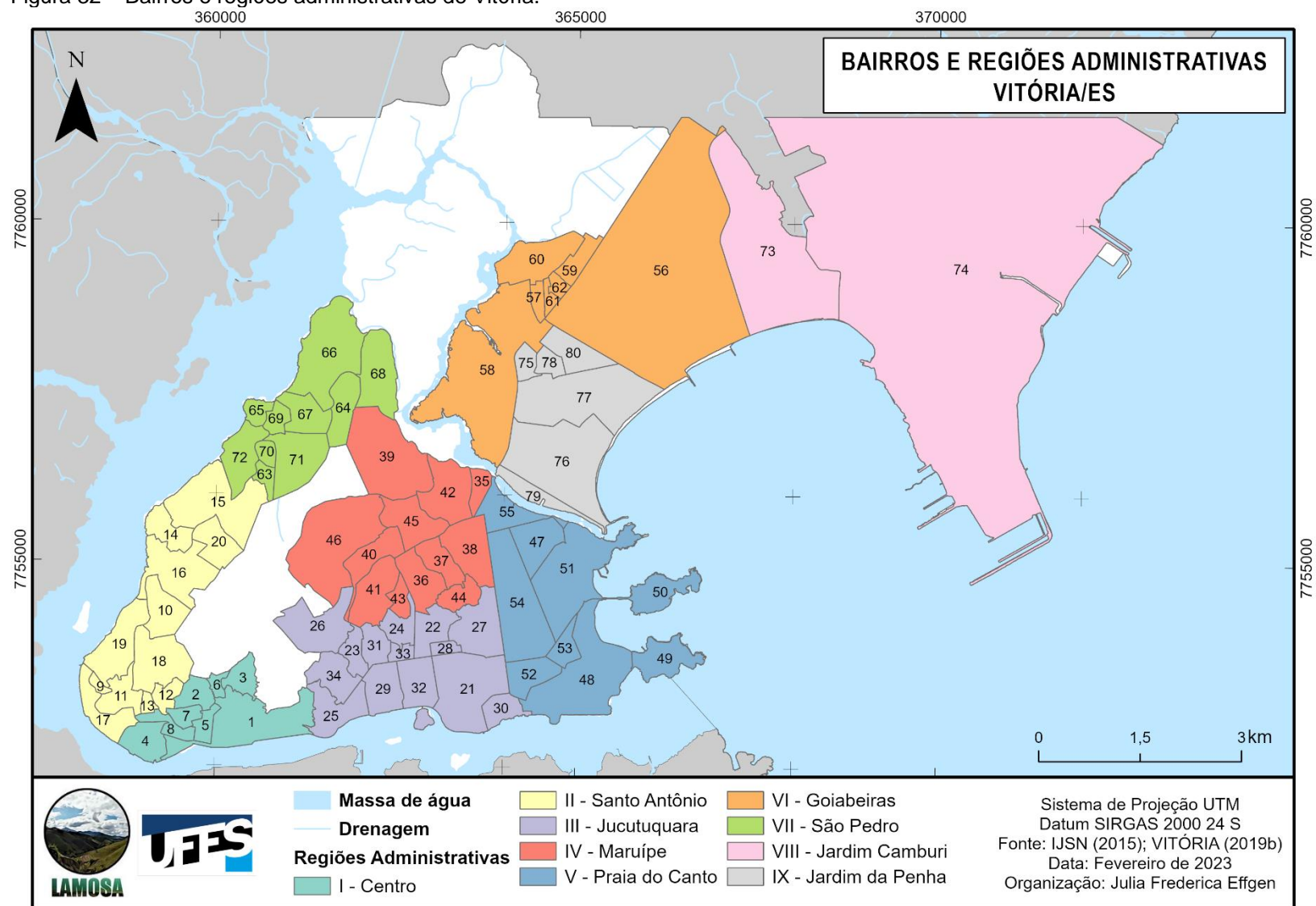
Tabela 1 – População residente da RMGV, de acordo com situação do domicílio (Tabela 1378 do Censo Demográfico 2010).

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO URBANA		POPULAÇÃO RURAL	
	PESSOAS	%	PESSOAS	%
CARIACICA	337.643	96,82	11.095	3,18
FUNDÃO	14.378	84,45	2.647	15,55
GUARAPARI	100.528	95,48	4.758	4,52
SERRA	406.450	99,31	2.817	0,69
VIANA	59.632	91,74	5.369	8,26
VILA VELHA	412.575	99,51	2.011	0,49
VITÓRIA	327.801	100	-	-
TOTAL	1.659.007		28.697	

Fonte: adaptado de IBGE (2022a).

Vitória é dividida territorialmente em 80 bairros, organizados em 9 regiões administrativas (Figura 32). Os bairros de Carapina I, de Fátima e Hélio Ferraz eram parte de Vitória até 2012, mas atualmente fazem parte do município de Serra (ESPÍRITO SANTO, 2012).

Figura 32 – Bairros e regiões administrativas de Vitória.



Fonte: organizado pela autora.

As regiões administrativas mais populosas são Maruípe (com cerca de 54 mil habitantes) e Jardim da Penha (cerca de 48 mil habitantes), enquanto as menos populosas são Centro e Goiabeiras, com cerca de 20 mil habitantes cada (Tabela 2).

Tabela 2 – População residente das Regionais administrativas (Censo Demográfico 2010).

REGIONAIS ADMINISTRATIVAS	TOTAL
I – CENTRO	19.611
II – SANTO ANTÔNIO	35.261
III – JUCUTUQUARA	34.141
IV – MARUÍPE	54.402
V – PRAIA DO CANTO	34.236
VI – GOIABEIRAS	20.316
VII – SÃO PEDRO	33.746
VIII – JARDIM CAMBURI	39.169
IX – JARDIM DA PENHA	48.161
TOTAL	319.043

Observação: os bairros de Fátima, Carapina I e Hélio Ferraz são, atualmente, parte do município da Serra, mas até 2012 eram parte de Vitória (ESPÍRITO SANTO, 2012). Eles foram desconsiderados nesta tabela.

Fonte: (IBGE, 2022a).

A regional administrativa de Jardim Camburi é composta por apenas dois bairros (Jardim Camburi e Parque Industrial, números 73 e 74, respectivamente, na Figura 32) e tem 39 mil residentes. O Parque Industrial é composto pelas plantas industriais de siderurgia da ArcelorMittal Tubarão e da Vale S.A. (antiga Companhia Vale do Rio Doce – CVRD), tendo apenas 12 habitantes contados no Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2022a).

5.1 CONTEXTO HISTÓRICO

A fundação do município de Vitória se confunde com a própria história de fundação do estado do Espírito Santo. Em 1535, o fidalgo Vasco Fernandes Coutinho tomou posse da capitania hereditária do Espírito Santo, se instalando na base do Morro da Penha (onde atualmente fica o Convento de Nossa Senhora da Penha), em Vila Velha. Buscando proteção de ataques de índios, holandeses e franceses, os colonos portugueses se mudaram para a ilha de Vitória (à época, ilha de Santo Antônio) em

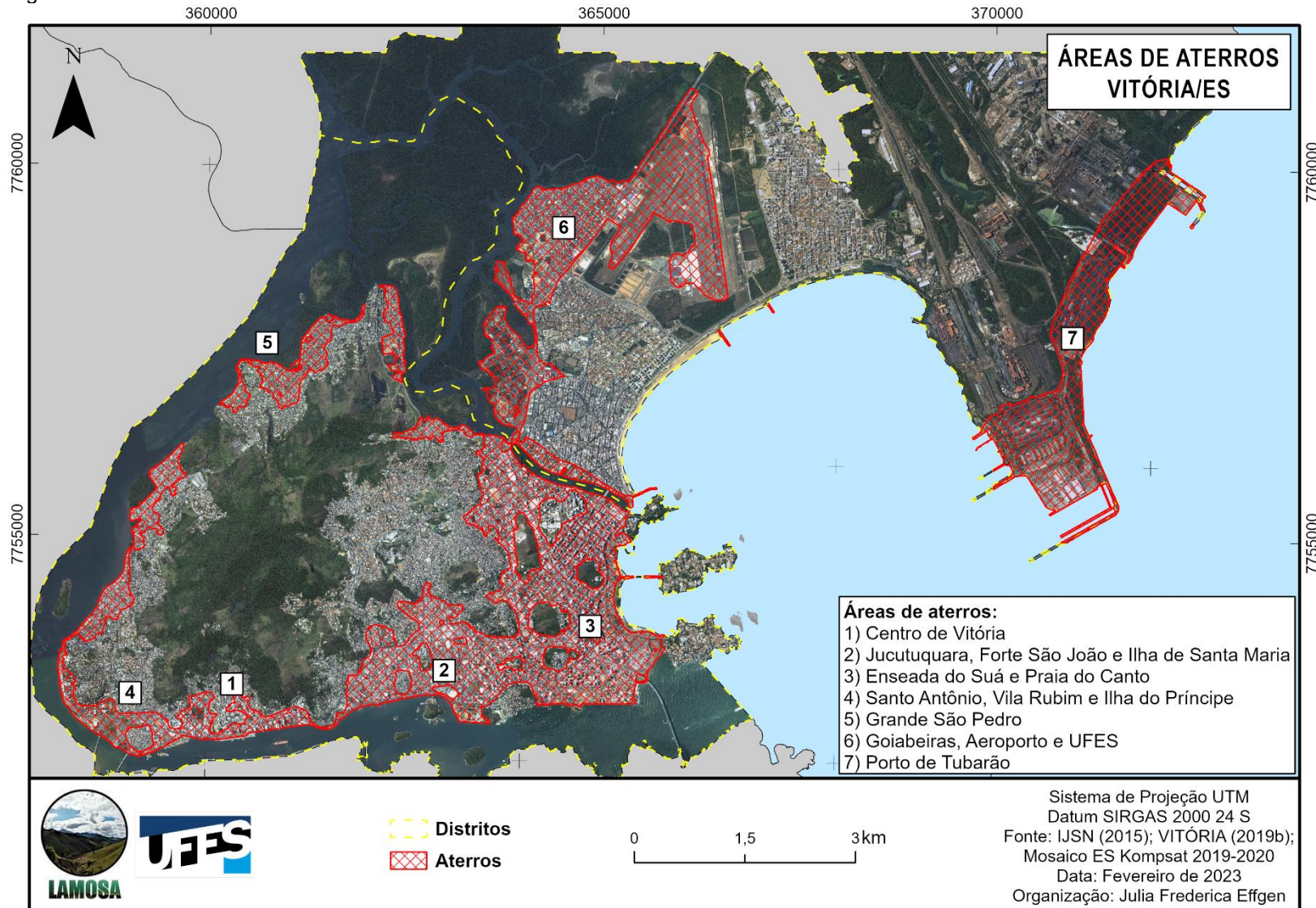
1550, fundando uma vila na região conhecida como Cidade Alta, no Centro de Vitória (CAUS, 2012; OLIVEIRA, 2008; VITÓRIA, 2019a).

Em 1823, a vila de Vitória foi alçada a cidade. A população da época era de aproximadamente 24.500 habitantes, dos quais 12.100 eram pessoas escravizadas (CAUS, 2012; VITÓRIA, 2019a).

Por sua posição geográfica, Vitória era um porto natural. Como capital do estado, concentrava a burocracia estatal. A expansão da ocupação da terra era limitada pelas características físicas da ilha, com uma estreita faixa de terreno disponível encaixada entre morros e o mar (CAMPOS JÚNIOR, 1996). Como posto por Serafim Derenzi (1965, p. 217): *“A natureza física de Vitória, pela sua característica topográfica e geológica, é alérgica ao urbanismo a curto prazo e de recursos limitados”*.

Os aterros em Vitória começaram ainda no século XIX na região do Centro (número 1, Figura 33), com o objetivo de aproveitar áreas alagadiças para ocupação (caso da maioria dos terrenos planos, com exceção das praias), facilitar locomoção de pedestres e prover saneamento básico à população, que sofria com doenças como febre amarela, varíola e cólera (CAMPOS JÚNIOR, 1996; CAUS, 2012; OLIVEIRA, 2008).

Figura 33 – Aterros realizados em Vitória/ES.



Fonte: organizado pela autora.

Em 1896, foi lançado o “Projeto de um Novo Arrabalde”, elaborado pelo engenheiro sanitarista Saturnino de Brito, visando a “*expansão urbana norteada pelos princípios de higiene e salubridade adotados em São Paulo e Rio de Janeiro*” (CAUS, 2012, p. 39). A área a ser anexada no Novo Arrabalde (marcação 2 na Figura 33) era entre cinco e seis vezes maior que a área original da capital (CAMPOS JÚNIOR, 1996).

As primeiras áreas aterradas foram as próximas ao Centro de Vitória (marcação 1 na Figura 33), entre 1900 e 1950. Entre 1951-1970, a área planejada como o Novo Arrabalde foi aterrada (FARIA, 2010).

Em 1920, a ocupação de encostas pela população de baixa renda teve início, com foco nos morros do Forte São João, Piedade e Fonte Grande. Mesmo com a oferta de novas áreas para ocupação, a partir dos sucessivos aterros realizados na capital, as áreas de encosta e manguezais continuaram sendo as que sobravam para as populações mais empobrecidas (VITÓRIA, 2020b).

Na década de 1970 foi realizado o aterro da região a leste (marcação 3 na Figura 33), que extinguiu três praias (Comprida, de Santa Helena e do Barracão) e formou a Enseada do Suá (VITÓRIA, 2020b). A quebra da economia vinculada ao café no ES em 1960, provocou uma forte onda de migração do interior do estado para a capital, fazendo com que a população aumentasse de 45 mil habitantes (1940) para 133 mil em 1970. Essa população migrante, ao chegar em Vitória, ocupou principalmente as encostas e manguezais (SALAROLI, 2003).

Em 1980, ocorreu a invasão dos manguezais na face noroeste da ilha (marcação 5, Figura 33). Cerca de 15 mil pessoas habitaram a região, em situação de extrema pobreza, forçando a prefeitura a aterrar a área (VITÓRIA, 2020b).

A marcação 6 (Figura 33) corresponde às áreas do Aeroporto de Vitória, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e da região de Maria Ortiz. A marcação 7 é relativa ao aterro realizado para a expansão do complexo industrial (formado pelas empresas siderúrgicas VALE e Arcelor Mittal) e construção do Porto de Tubarão, com finalidade de escoar a produção em navios de grande calado (COELHO, 2017).

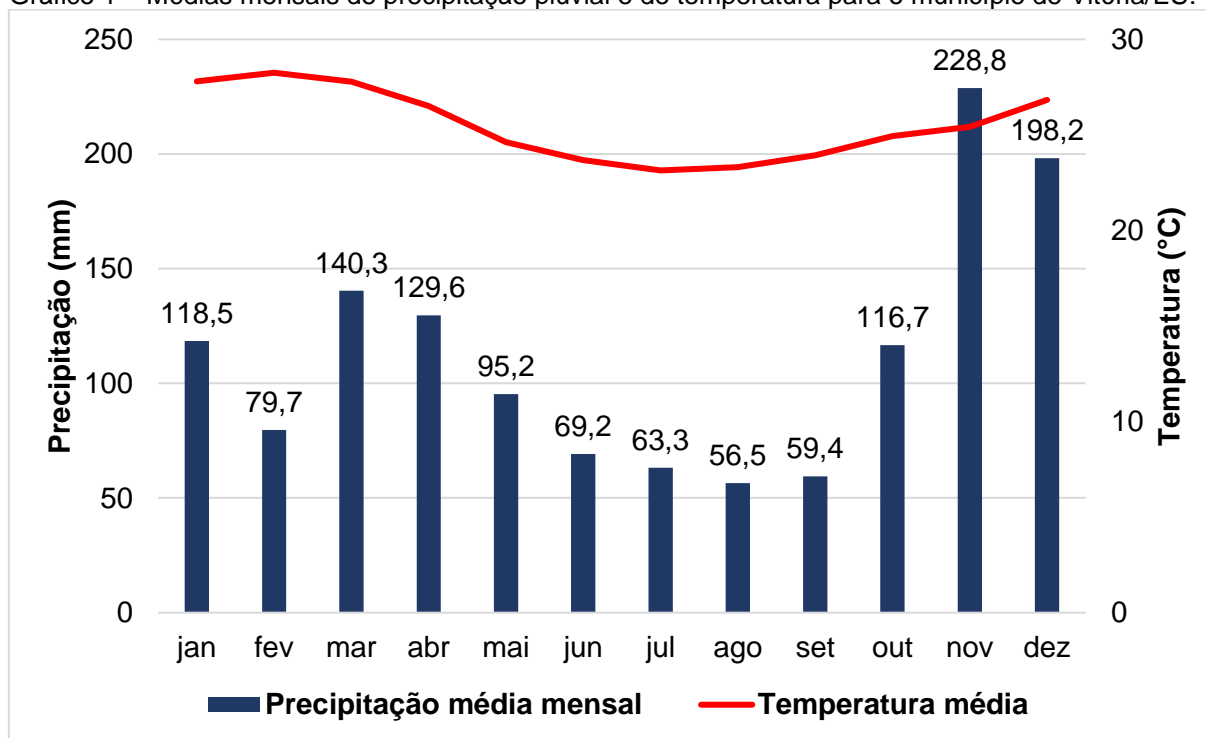
5.2 ASPECTOS FÍSICOS

5.2.1 Climatologia

O clima de Vitória é quente e úmido, com classificação *Am* (tropical com estação úmida ou de monção) no sistema climático de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013).

O Gráfico 1 traz a média mensal da temperatura e da pluviosidade para a série histórica de 1993-2019 medida na estação Vitória (OMM: 83648). A temperatura média anual é de 25,5 °C, sendo o mês de fevereiro o mais quente, com 28,3 °C de temperatura média, enquanto julho é o mês mais frio do ano, com 23,1 °C de temperatura média.

Gráfico 1 – Médias mensais de precipitação pluvial e de temperatura para o município de Vitória/ES.



Fonte: organizado a partir de INCAPER (2019) e INMET (2019).

A precipitação média anual é de 1355,4 mm (\pm 348,8 mm). O ano com maior registro de precipitação no intervalo de 1993-2019 foi 2013 (com 2194,6 mm), enquanto o menor registro foi do ano de 2015 (728 mm).

Os meses mais úmidos são, em média, novembro, dezembro e março (respectivamente: 228,8 mm; 198,2 mm; e 140,3 mm), enquanto os meses mais secos são os de agosto (56,5 mm), setembro (59,4 mm) e julho (63,3 mm).

As condições do tempo em Vitória são largamente influenciadas por eventos meteorológicos de escalas sinóticas, como as Frentes Frias, Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (COTTA; CORREA; ALBUQUERQUE, 2016; GOULART, 2005; MARCHIORO, 2012; MARCHIORO; SILVA; CORREA, 2016; OLIVEIRA; QUARESMA, 2021).

5.2.2 Geologia

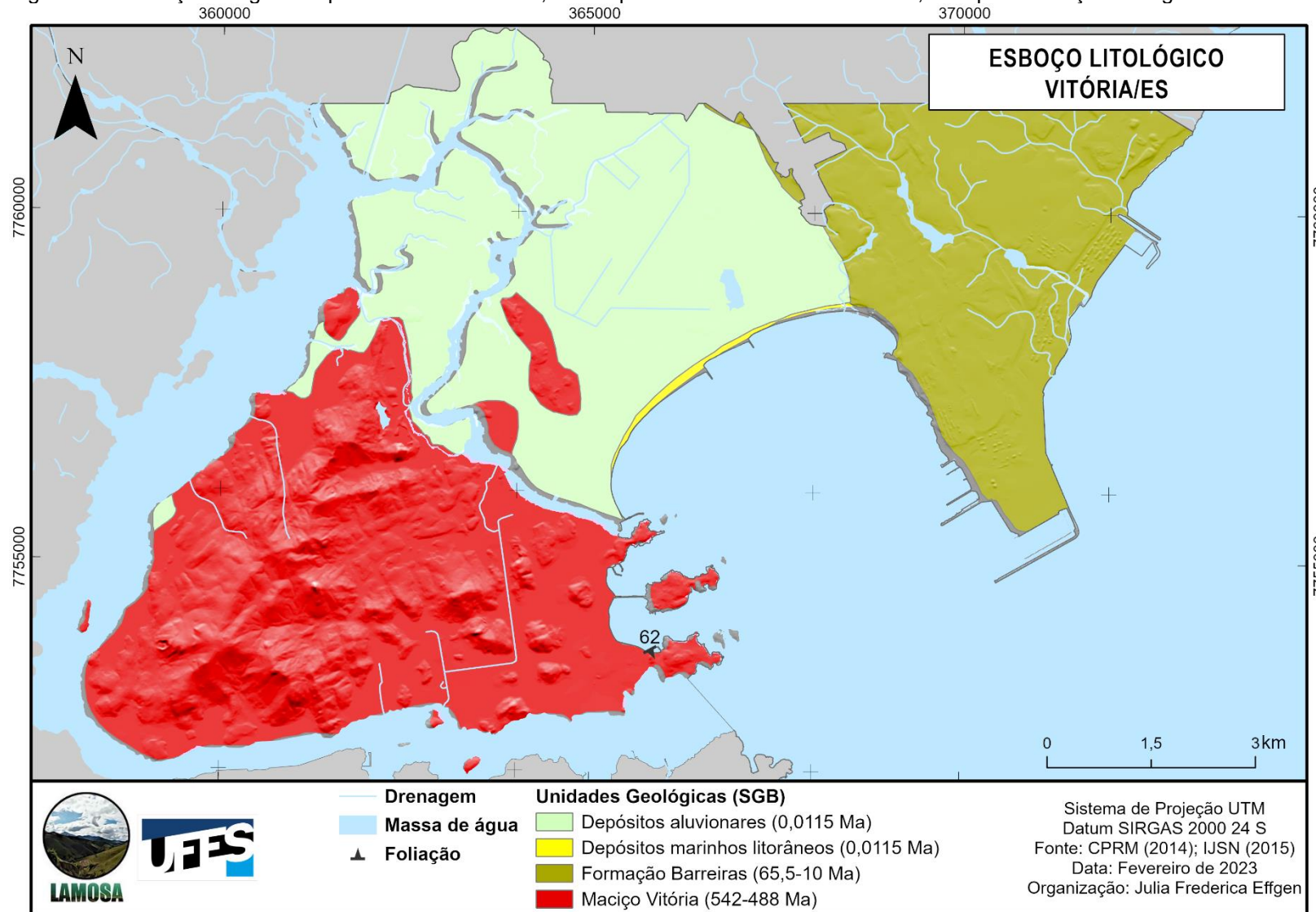
A carta geológica da região de Vitória foi disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil, folha SF-24-V-B-I Vitória, e tem escala 1:100.000 (CPRM, 2014). As unidades geológicas da capital estão apresentadas na Figura 34, com suas áreas na Tabela 3.

Tabela 3 – Áreas das unidades geológicas de Vitória/ES, de acordo com o mapeamento do Serviço Geológico do Brasil (SGB).

UNIDADES GEOLÓGICAS (SGB)	ÁREA (KM²)	ÁREA (%)
MACIÇO VITÓRIA	30,18	41,19
BARREIRAS	17,33	23,66
DEPÓSITOS ALUVIONARES	25,45	34,74
DEPÓSITOS LITORÂNEOS	0,30	0,41
TOTAL	73,27	100

Fonte: CPRM (2014).

Figura 34 – Esboço litológico simplificado de Vitória/ES, em mapeamento de escala 1:100.000, feito pelo Serviço Geológico do Brasil.



Fonte: organizado pela autora, com dados da Carta Geológica de Vitória (CPRM, 2014).

O Maciço Vitória é a unidade geológica de maior extensão na capital capixaba, ocupando 41,19% da área total do município, tendo predominância na ilha de Vitória. Esta unidade é da era Paleozoica, período Cambriano, com idade estimada entre 542 e 488 milhões de anos. É característica a presença de granitos alcalinos, de granulação fina a média, sendo por vezes porfiríticos (CPRM, 2014).

O Projeto RADAMBRASIL, em mapeamento realizado em escala 1:1.000.000, classifica a mesma área como sendo parte da Suíte Intrusiva do Espírito Santo, com granitos pós-tectônicos (em relação ao Ciclo Brasileiro), de tonalidade cinza. A Suíte tem diversos corpos intrusivos com formas arredondadas ou com leve alongamento no sentido nordeste, concordando com a estrutura regional, sendo comuns aparecerem pontões e encostas rochosas (MACHADO FILHO *et al.*, 1983).

Na região da Grande Vitória, os corpos graníticos se destacam ao longo da linha de costa, como o Maciço Central de Vitória e o Mestre Álvaro (na Serra), Figura 35.

Figura 35 – Vista do Parque Estadual da Fonte Grande, Maciço Central de Vitória, em direção norte. À direita, está a Pedra dos Dois Olhos; ao centro, a extensão norte do Maciço Central; à esquerda, ao fundo, o Mestre Álvaro, no município de Serra.



Fonte: acervo da autora.

A Formação Barreiras recebe esse nome por conta de suas feições tabulares extensas, com falésias na linha costeira, distribuídas do estado do Rio de Janeiro até o Amapá (ARAI, 2006; BRICALLI, 2011). Esta unidade sedimentar é da era Cenozoica, com idade estimada entre 65,5 e 10 milhões de anos, o que coloca a deposição entre os períodos Paleógeno e Neógeno (antigo Terciário). A Formação

Barreiras tem como característica a presença de depósitos detríticos mal selecionados de cascalho, areia e argila, podendo conter horizontes lateríticos (CPRM, 2014).

Segundo o Projeto RADAMBRASIL, a espessura dos pacotes sedimentares da Formação Barreiras, em Nova Almeida (cerca de 30 km a norte de Vitória, no município de Serra), pode atingir até 80 m, com aumento gradual à medida que se aproxima do embasamento cristalino (MACHADO FILHO *et al.*, 1983).

Em Vitória, a Formação Barreiras se restringe a porção nordeste do município, ocupando cerca de 1/4 de sua extensão territorial. A Figura 36 apresenta o contato da Formação Barreiras com a unidade Depósitos Aluvionares, em Jardim Camburi.

Figura 36 – Encosta da Formação Barreiras em Jardim Camburi, nordeste de Vitória/ES.

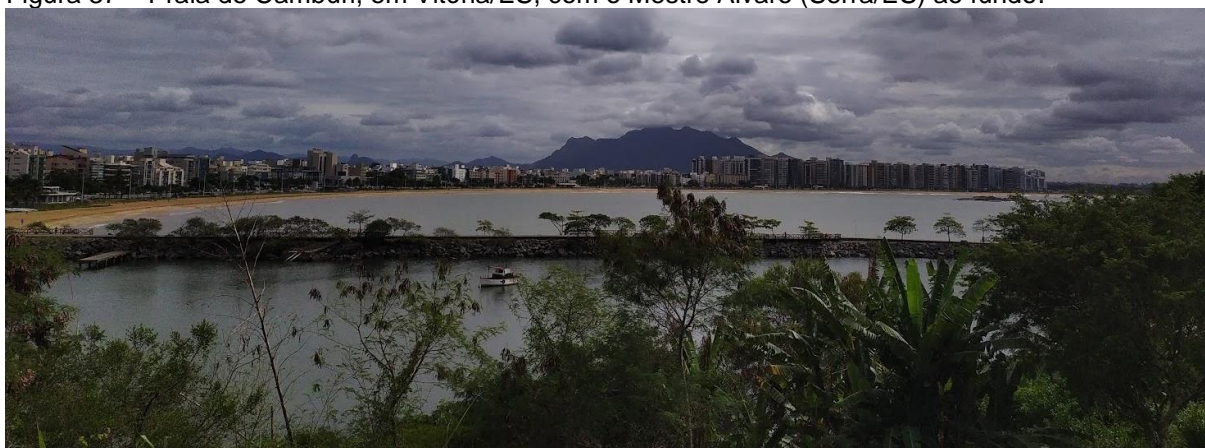


Fonte: Laudo 065/2003 (PROJETO MAPENCO, 2018).

A unidade geológica de Depósitos Aluvionares ocupa quase 35% da área do município de Vitória. Os Depósitos Aluvionares são de idade holocênica, com menos de 10 mil anos, tendo sido formados a partir de acumulação de materiais fluviais,

fluviomarinhos, fluviolacustres e estuarinos, com presença de cascalhos, areias e siltes inconsolidados (CPRM, 2014; MACHADO FILHO *et al.*, 1983). Machado *et al.* (2018) apontam que parte dessa unidade era, originalmente, formada por manguezais aterrados para ampliação da área do município – a porção mais bem preservada do manguezal é formada pela Estação Ecológica Ilha do Lameirão, ao norte do município. A menor unidade geológica presente na capital capixaba é a de Depósitos Litorâneos, com 0,41% da extensão do município e restrita a faixa leste-nordeste do litoral (Figura 37). É representada por depósitos praias, de areias quartzosas, granulação variando de fina a grosseira, com grãos subangulares a arredondados (CPRM, 2014; MACHADO FILHO *et al.*, 1983; MACHADO *et al.*, 2018).

Figura 37 – Praia de Camburi, em Vitória/ES, com o Mestre Álvaro (Serra/ES) ao fundo.



Fonte: acervo da autora.

Segundo Machado *et al.* (2018), durante o Quaternário, parte do relevo de Vitória esteve afogado devido a oscilações do nível do mar, com retirada de materiais erodidos da base do maciço e deposição nas áreas onde atualmente estão o sistema estuarino de Vitória e manguezais.

5.2.3 Geomorfologia

O mapeamento geomorfológico do Espírito Santo foi realizado em escala 1:250.000, através de parceria do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) com a Universidade Federal do Espírito Santo (COELHO *et al.*, 2012). O mapa geomorfológico capixaba

disponibilizado é fruto de refinamento feito sobre o mapeamento de Geomorfologia do Projeto RADAMBRASIL, de escala 1:1.000.000 (GATTO *et al.*, 1983).

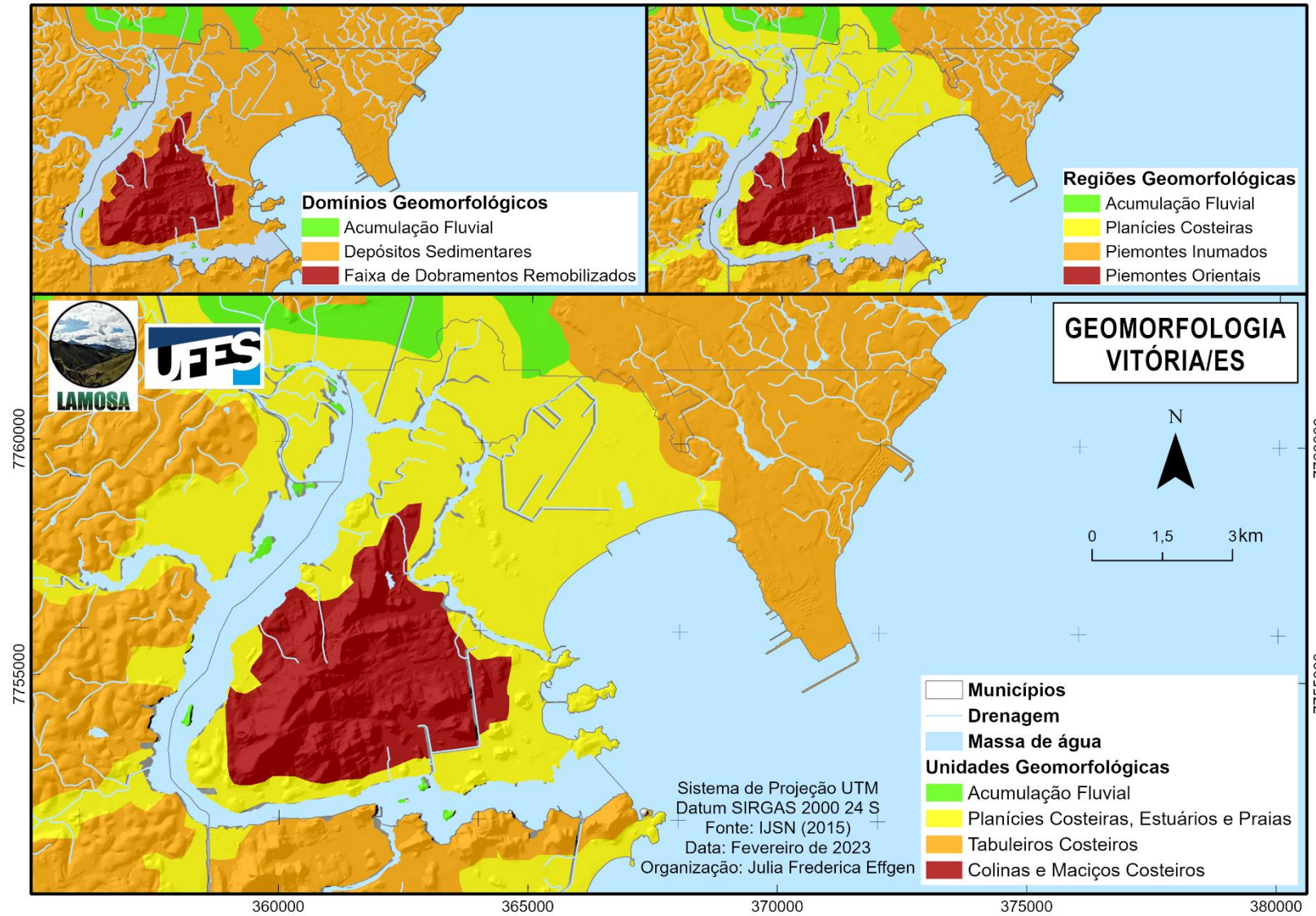
Em Vitória, de acordo com o mapeamento do IJSN (COELHO *et al.*, 2012), estão presentes três domínios morfoestruturais (Figura 38): Acumulação Fluvial, Depósitos Sedimentares e Faixa de Dobramentos Remobilizados.

Os Depósitos Sedimentares são constituídos por restingas, cordões litorâneos, planícies e terraços marinhos, fluviomarinhos e fluviais, indicando processos morfogenéticos recentes e variações do nível do mar. São, essencialmente, áreas de acumulação, com baixa declividade e com distribuição ao longo da zona costeira ou no interior do continente (COELHO *et al.*, 2012; GATTO *et al.*, 1983; IBGE, 2009).

A Faixa de Dobramentos Remobilizados se caracteriza pelo forte controle estrutural na morfologia atual, com blocos deslocados, falhamentos e evidências de movimentos crustais na paisagem. As diferenças de resistência das rochas influenciam nas formas de dissecação, com a formação de pontões e cristas (COELHO *et al.*, 2012; GATTO *et al.*, 1983).

Vitória tem feições enquadradas em quatro regiões geomorfológicas delimitadas no mapeamento capixaba: Piemontes Orientais, pertencentes a Faixa de Dobramentos Remobilizados; Piemontes Inumados e Planícies Costeiras, parte dos Depósitos Sedimentares; e a região de Acumulação Fluvial. Cada região, por sua vez, está associada uma unidade geomorfológica, apresentadas no mapa da Figura 38: Colinas e Maciços Costeiros, Tabuleiros Costeiros, Acumulação Fluvial e Planícies Costeiras, Estuários e Praias. A Tabela 4 traz as áreas ocupadas por cada unidade geomorfológica em Vitória.

Figura 38 – Domínios, regiões e unidades geomorfológicas de Vitória/ES, em mapeamento de escala 1:250.000.



Fonte: Coelho *et al.* (2012) e Gatto *et al.* (1983).

Tabela 4 – Áreas ocupadas por cada unidade geomorfológica em Vitória/ES, de acordo com mapeamento do IJSN, com enquadramento nos três primeiros táxons.

DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL	REGIÃO MORFOESCULTURAL	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	ÁREA (KM²)	ÁREA (%)
Faixa de Dobramentos Remobilizados	Piemontes Orientais	Colinas e Maciços Costeiros	19,21	25,93
	Piemontes Inumados	Tabuleiros Costeiros	17,87	24,12
Depósitos Sedimentares	Planícies Costeiras	Planícies costeiras, complexos deltaicos, estuarinos e praias	36,77	49,64
	Acumulação Fluvial		0,22	0,30
TOTAL			74,07	100

Fonte: Coelho *et al.* (2012) e Gatto *et al.* (1983).

As Colinas e Maciços Costeiros correspondem a 25,93% da extensão do município e se concentram na porção insular de Vitória (Figura 38). A região morfoescultural equivalente é a dos Piemontes Orientais, a qual é caracterizada por estar na retaguarda dos Piemontes Inumados, com feições residuais convexas ou tabulares, resultantes de intenso trabalho de rios, de topos concordantes. As Colinas e Maciços Costeiros, por sua vez, tem altimetria inferior às outras unidades da região morfoescultural dos Piemontes Orientais, com forte influência da estrutura dobrada e fraturada (COELHO *et al.*, 2012).

Gatto *et al.* (1983) afirmam que as Colinas e Maciços Costeiros tem cobertura coluvial no topo, sendo que nas áreas onde não existe grande espessura de colúvio há presença de matacões e blocos. Além disso, os movimentos de massa são processos significativos por conta da presença de espessos mantos de alteração, associados a elevados índices de precipitação pluvial e a ação antrópica.

Os Tabuleiros Costeiros, parte da região dos Piemontes Inumados, estão concentrados na porção nordeste do município de Vitória, ocupando 24,12% da área total (Tabela 4). Os Piemontes Inumados, e, portanto, os Tabuleiros Costeiros são compostos por sedimentos da Formação Barreiras, depositados sobre embasamento alterado, com espessura variável e direção de deposição em direção ao Oceano Atlântico (COELHO *et al.*, 2012).

Proporcionalmente, a unidade das Planícies Costeiras, complexos deltaicos, estuarinos e praias, ocupa quase metade do município de Vitória (Tabela 4) e está distribuída entre os maciços e os tabuleiros. A unidade é formada por feições planas, associadas ao litoral, em praias e foz de rios, com reflexos de correntes marinhas ao

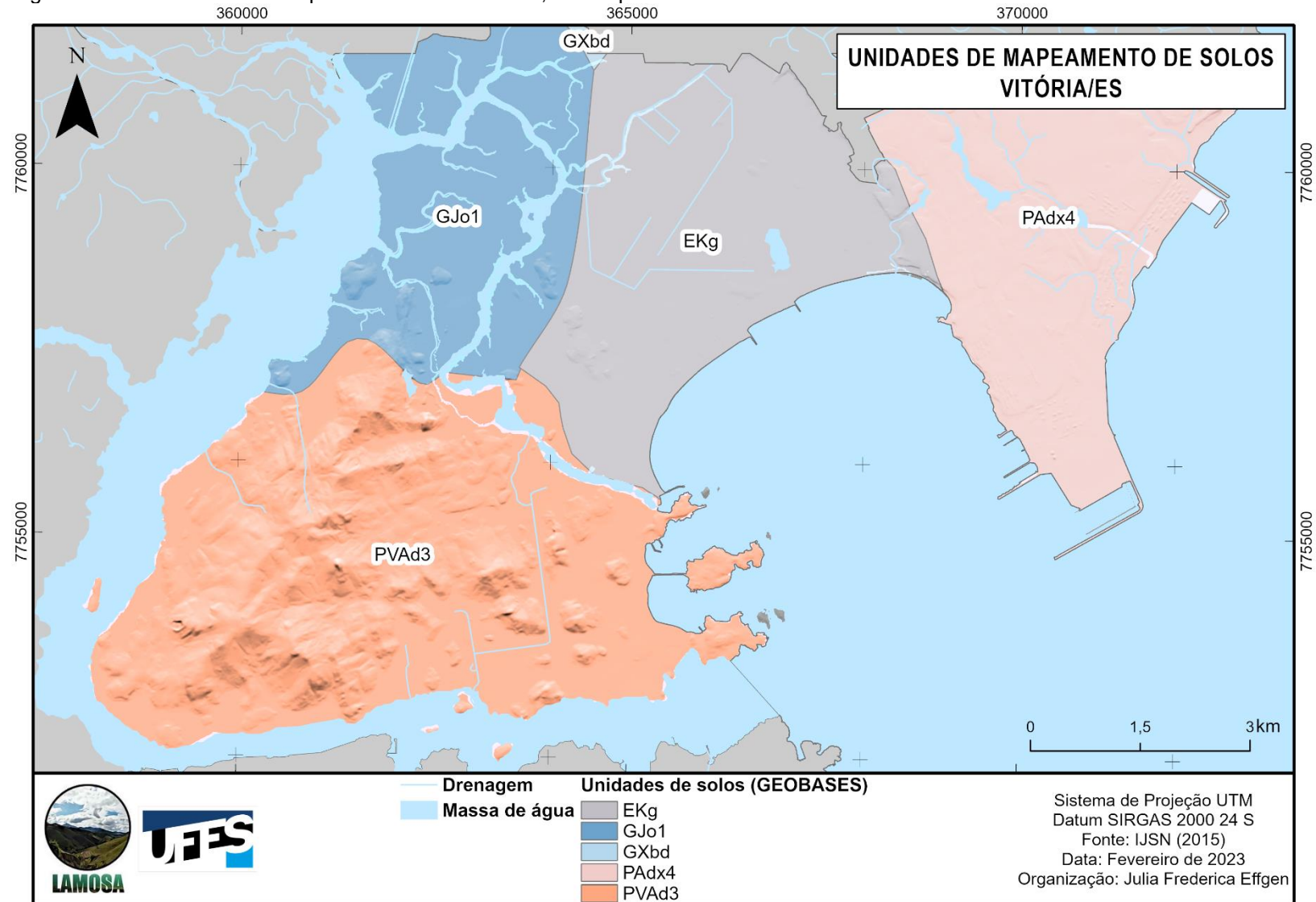
longo da costa, aportes fluviais e ações eólicas, variáveis segundo as condições climáticas vigentes (COELHO *et al.*, 2012; GATTO *et al.*, 1983).

As áreas de Acumulação Fluvial, por serem um modelo de acumulação, receberam a mesma classificação em relação a domínio estrutural, região e unidade geomorfológica. Elas se fazem presente em áreas planas, sujeitas a inundações periódicas, onde atualmente se encontram as várzeas, ou em vales com preenchimento aluvial (COELHO *et al.*, 2012). Em Vitória, são a feição de menor prevalência, em escala 1:250.000, com 0,3% da extensão do município, estando restrita as ilhas menores no entorno da capital e ao norte, na região do Brejo Grande e do Canal dos Escravos, na divisa com o município de Serra (COELHO; FERREIRA, 2011).

5.2.4 Pedologia

São cinco as unidades de mapeamento de solos presentes em Vitória, de acordo com trabalho de refinamento feito para a escala 1:250.000 (CUNHA *et al.*, 2016; OLIVEIRA, 1983). A Tabela 5 apresenta cada unidade, com suas descrições, áreas e simbologia, conforme à apresentada na Figura 39. As cores estão de acordo com o padrão do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Figura 39 – Unidades de solos presentes em Vitória/ES, em mapeamento de escala 1:250.000.



Fonte: Cunha *et al.* (2016) e IJSN (2015).

A unidade de mapeamento com maior extensão é a de Argissolos vermelho-amarelos distróficos típicos (PVA_{d3}), com 38,45% da área municipal de Vitória (Tabela 5). Essa classe tem como característica principal a acumulação de argila no horizonte B, com horizonte A moderado, saturação por bases baixa, textura variando de média a muito argilosa, com a vegetação associada de florestas subcaducifólia e relevo forte ondulado a montanhoso (CUNHA *et al.*, 2016; EMBRAPA, 2018; IBGE, 2015). Em Vitória, essa classe se associa a porção insular, com destaque para o Maciço Central, onde existe uma grande extensão de Mata Atlântica.

Tabela 5 – Unidades de solo em Vitória/ES, com suas respectivas extensões

SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE SOLOS	ÁREA (KM²)	ÁREA (%)
EKg	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico	16,13	21,66
GJo1	GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico + ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico	12,54	16,85
GXbd	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico + GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico	0,22	0,30
PAdx4	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso + LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso	16,92	22,73
PVA _{d3}	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	28,62	38,45
TOTAL		74,44	100

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

A associação de Argissolos e Latossolos amarelos (PAdx4) está concentrada na porção nordeste do município de Vitória, onde se encontram os depósitos do Grupo Barreiras (Figura 39), ocupando 22,73% da extensão municipal. Os latossolos são constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico – o qual evidencia intemperização forte, com transformação quase completa dos minerais e espessura mínima de 50cm (IBGE, 2015). A unidade apresenta textura variando de areno-argilosa a argilosa, com vegetação de florestas de tabuleiros (Mata Atlântica) e relevo variando de plano a suavemente ondulado (CUNHA *et al.*, 2016).

A associação de Espodossolos e Neossolos (EKg) é a terceira maior unidade de mapeamento de solos, abarcando 21,66% da extensão municipal de Vitória. Em termos de paisagem, essa unidade se associa à planície costeira de Camburi, onde existem campos de restinga planos, com solo de textura arenosa, horizonte A

moderado, coloração acinzentada, no geral, e saturação de parte do perfil durante longos períodos. O horizonte diagnóstico dos espodossolos tem profundidade variável, tendo coloração escura em relação ao restante do perfil e precedido por camada eluvial. Neossolos, por sua vez, são solos pouco evoluídos, não apresentam horizonte diagnóstico e são constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 20cm de espessura (CUNHA *et al.*, 2016; EMBRAPA, 2018; IBGE, 2015).

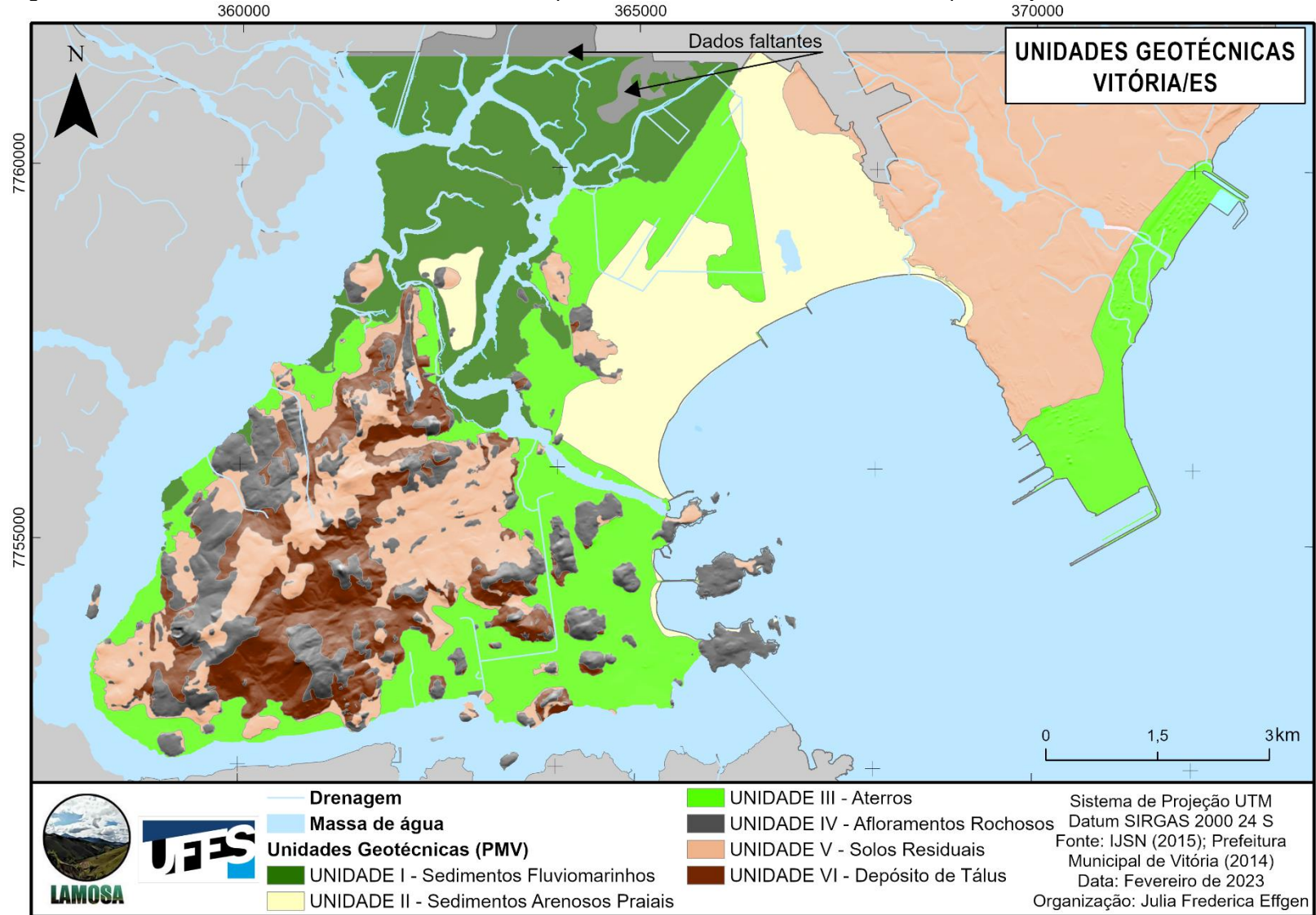
A região de manguezais de Vitória apresenta a associação de Gleissolos e Espodossolos (GJo1), os quais ocupam quase 17% da extensão do município. Os Gleissolos (classe dominante dessa associação de solos) são caracterizados pela presença de horizonte glei em superfície ou em proximidade à superfície do solo. O horizonte glei, por sua vez, é reconhecido pela condição de saturação constante (fortemente influenciado pela presença de lençol freático durante o ano todo ou boa parte dele), com presença de ferro reduzido e transformação dos materiais minerais. A classe dos Gleissolos Tiomórficos, especificamente, apresenta materiais sulfídricos em seus horizontes, resultantes da degradação de matéria orgânica em águas salobras – como é o caso da região de manguezal (EMBRAPA, 2018; IBGE, 2015). Os Espodossolos presentes na unidade GJo1 provavelmente correspondem aos contatos das regiões de manguezal com as restingas da unidade de mapeamento EKg, tendo textura predominantemente arenosa, enquanto os Gleissolos tem textura muito argilosa (CUNHA *et al.*, 2016).

A menor unidade de mapeamento de solos presente em Vitória é a da associação de Gleissolos Háplicos e Melânicos com Neossolos Flúvicos (GXbd), com 0,30% da extensão municipal. Essa unidade está restrita ao extremo norte da cidade, numa região de alagadiços conhecida como Brejo Grande, tendo topografia plana, textura média a argilosa e vegetação de várzea (COELHO; FERREIRA, 2011; CUNHA *et al.*, 2016).

5.2.5 Geotecnia

Em mapeamento realizado pelo Projeto MAPENCO, em escala 1:16.000, foram identificadas seis unidades geotécnicas em Vitória (Figura 40). As extensões de cada unidade são dadas na Tabela 6 (VITÓRIA, 2014).

Figura 40 – Unidades Geotécnicas de Vitória/ES, em mapeamento em escala 1:16.000 realizado pelo Projeto MAPENCO.



Fonte: Vitória (2014).

O Projeto MAPENCO (Mapeamento das Áreas de Risco das Encostas do Município de Vitória) foi fundado em 1995, a partir de um convênio assinado entre a Secretaria Municipal de Obras da PMV e a Fundação Espírito-Santense de Tecnologia. O objetivo principal do projeto é disponibilizar dados de riscos geológico-geotécnicos para subsidiar as ações do poder público municipal, visando diminuir os danos materiais, sociais e econômicos associados a movimentos de massa (PROJETO MAPENCO, 2020b).

Tabela 6 – Extensão das unidades geotécnicas em Vitória/ES.

UNIDADES GEOTÉCNICAS		ÁREA (KM ²)	ÁREA (%)
Unidade I	Sedimentos Fluvioamarinhos	10,53	14,22%
Unidade II	Sedimentos Arenosos Praiais	9,99	13,50%
Unidade III	Aterros	16,46	22,24%
Unidade IV	Afloramentos Rochosos	6,84	9,24%
Unidade V	Solos Residuais	23,54	31,80%
Unidade VI	Depósito de Tálus	6,65	8,99%
TOTAL		74,02	100%

Fonte: Vitória (2014).

A Unidade I – Sedimentos Fluvioamarinhos ocupa 14,22% da área e está restrita a porção norte do município, associada a área de manguezais. Portanto, o nível freático dessa unidade é estimado em 1m de profundidade, por vezes, aflorante, com sujeição da unidade a inundações periódicas. O solo tem baixa capacidade de carga, sendo esperado problemas de fundações, como recalques, rompimento de redes subterrâneas e quedas em margens de córregos (VITÓRIA, 2014). O extremo norte do município de Vitória não apresenta classificação geotécnica (áreas sinalizadas na Figura 40) – provavelmente, a área não fazia parte do território de Vitória à época do mapeamento e, portanto, não foi considerada. No entanto, segundo os trabalhos de Coelho e Ferreira (2011) e Machado *et al.* (2018), pode-se inferir que a extensão faltante é pertencente a unidade geotécnica de Sedimentos Fluvioamarinhos.

A Unidade de Sedimentos Arenosos Praiais é formada por areias marinhas e ocupa 13,50% do município, associada à parte costeira. A unidade tem boa capacidade de carga, com lençol freático raso (estimado em 3m de profundidade), topografia plana, alta porosidade e permeabilidade (VITÓRIA, 2014).

Os Aterros correspondem a 22,24% da área atual de Vitória, tendo sido feitos para aumentar a oferta de solo a cidade e melhorar o saneamento básico, como já discutido anteriormente (seção 5.1). A capacidade de carga é heterogênea, assim como a espessura da camada de solo é variável, podendo chegar a 20m. O lençol freático é raso, assim como na unidade de Sedimentos Praiais, alcançando 3m de profundidade (VITÓRIA, 2014). As fundações de construções devem ser profundas e há risco de recalques e alagamentos, como apontado por Coelho (2016).

Os Afloramentos Rochosos são 9,24% da extensão municipal, com algumas ocorrências de solos de baixa espessura, estando associados, principalmente, a porção insular de Vitória, tanto no Maciço Central quanto nas colinas costeiras. As declividades são altas (acima dos 35%), com elevada resistência a compressão. Embora os afloramentos/paredões rochosos tenham boa estabilidade, a unidade como um todo é sujeita a processos de quedas, rolamentos e tombamentos de rochas. Os usos sugeridos são de mineração e preservação, seguindo a legislação ambiental, e ocupação restrita às áreas com declividade abaixo dos 20% (VITÓRIA, 2014).

A unidade Solo Residual é a de maior extensão territorial, com 31,80% da área de Vitória – vale notar que a extensão de Solo Residual no Parque Industrial corresponde a 21,46% da área municipal e está totalmente associada ao Grupo Barreiras (Figura 34) e a combinação de Argissolos e Latossolos (Figura 39). Outras concentrações dessa unidade ocorrem ao redor do Maciço Central. De maneira geral, esta unidade geotécnica apresenta solos de espessuras de até 10m, com terreno ondulado (declividade entre 20-35%), lençol freático a 4m de profundidade e estabilidade razoável para cortes. A ocupação é liberada, seguindo sempre a legislação, em áreas com declividade abaixo de 30%. A limitação de ocupação é devida a suscetibilidade do terreno à erosão e escorregamentos rasos em cortes verticais (VITÓRIA, 2014), como a apresentada na Figura 36.

Os Depósitos de Tálus representam cerca de 9% do total das unidades geotécnicas e estão associados às unidades de Afloramento Rochoso e Solo Residual. Essa unidade é composta por depósitos de tálus ou coluvionares, ou seja, são materiais transportados de porções superiores do relevo através de movimentos gravitacionais de massa. A textura é heterogênea, a capacidade de carga é de média a baixa, a porosidade tende a ser alta e a permeabilidade é de média a alta. Justamente por ter origem derivada de transporte, a declividade varia de 5-45% e os terrenos são sujeitos

a processos erosivos e de movimentos de massa, como escorregamentos e rolamento de blocos (VITÓRIA, 2014).

5.2.6 Uso e cobertura da terra

A Lei municipal nº 9.271/2018 dispõe do Plano Diretor Urbano (PDU) de Vitória. Dentre as diretrizes gerais (artigo 4º) do PDU estão “[...] VIII – o ordenamento do uso e da ocupação do solo [...]; [e] XI – a prevenção e a redução dos riscos urbanos e ambientais” (VITÓRIA, 2018, p. 4), enquanto nos objetivos gerais (artigo 5º, inciso IX) está a garantia de

ocupação racional do território, contendo o espraiamento das áreas urbanizadas e seus efeitos nocivos sobre espaços territoriais estratégicos para a conservação ambiental e para a estabilidade do solo, evitando o agravamento e eliminando as situações de risco geotécnico (VITÓRIA, 2018, p. 6).

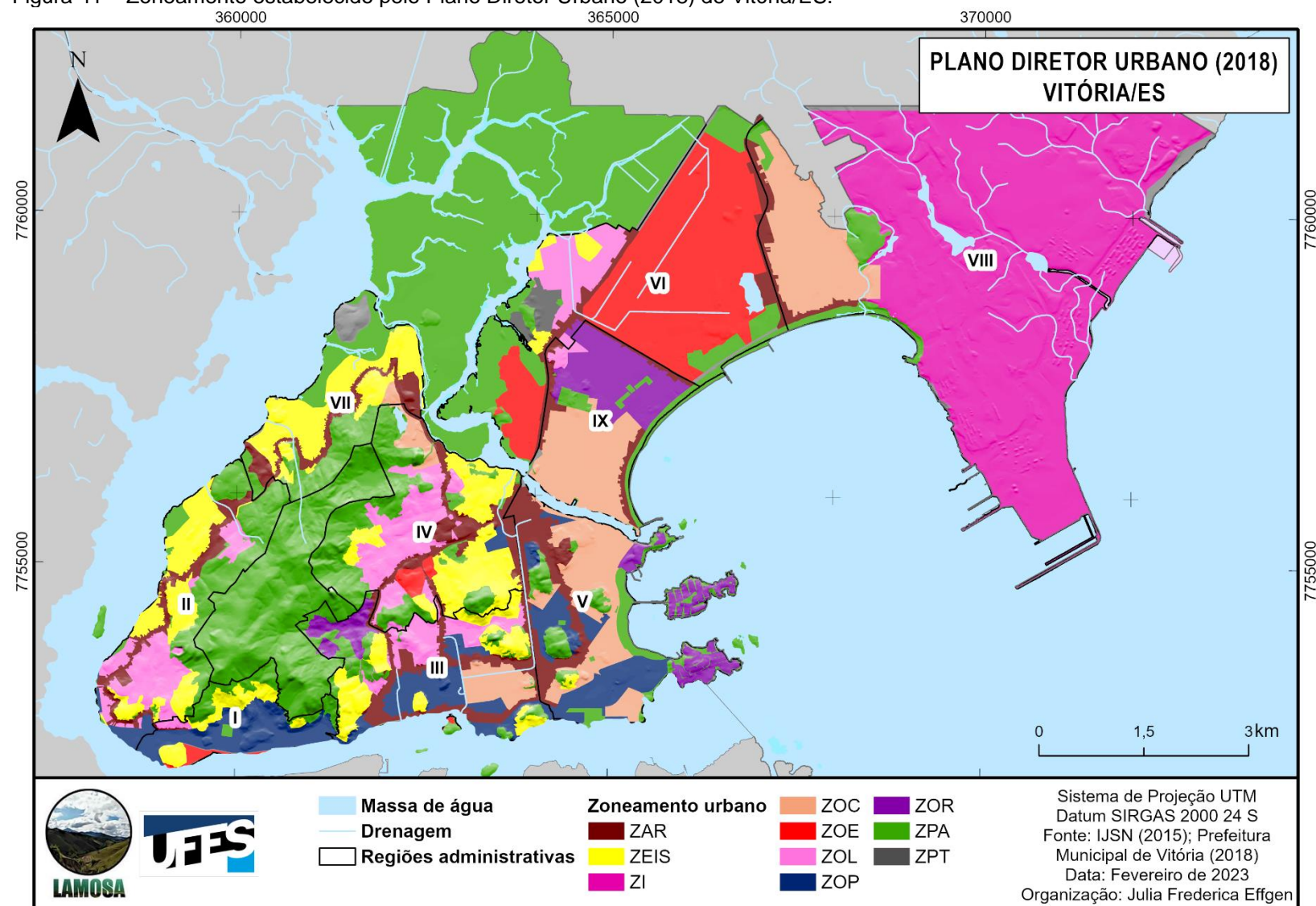
O zoneamento agrupa setores do município com características similares de infraestrutura urbana e limitações ambientais, tendo por objetivo a definição de condições de uso e ocupação da terra (artigo 14º). A Tabela 7 sumariza as principais características, as referências legais contidas no capítulo III do PDU e a extensão de cada um dos zoneamentos presentes em Vitória, expostos na Figura 41 (VITÓRIA, 2018).

Tabela 7 – Zoneamentos urbanos de Vitória, com suas características principais, referência legal no PDU e áreas.

ZONAS		CARACTERÍSTICAS	REFERÊNCIA LEGAL	ÁREA (KM ²)	ÁREA (%)
ZAR	Zona Arterial	Áreas de vias arteriais municipais e metropolitanas, com concentração de transporte coletivo e usos não residenciais ou mistos	Art. 22	4,87	5,63%
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social	Áreas onde devem ser promovidas a regularização urbanística e fundiária de moradias de baixa renda existentes e a consolidação de moradias em áreas não utilizadas ou subutilizadas	Arts. 24-32	5,80	6,70%
ZI	Zona Industrial	Área onde se localizam atividades portuárias, industriais (e correlatas), com métodos de controle ambiental e controles urbanísticos diferenciados	Art. 35	17,06	19,72%
ZOC	Zona de Ocupação Controlada	Usos variados; objetiva compatibilizar adensamento e mobilidade urbana, mantendo marcos paisagísticos	Art. 20	5,88	6,79%
ZOE	Zona de Ocupação Específica	Áreas ocupadas por grandes empreendimentos públicos com parâmetros de ordenamento diferenciados (ex.: os dois <i>campi</i> da UFES, Aeroporto e Porto de Vitória)	Arts. 36-37	5,95	6,88%
ZOL	Zona de Ocupação Limitada	Áreas residenciais e não residenciais com demanda de instalação de atividades geradoras de emprego e renda, condicionada a adequações de sistemas viário, coleta de esgoto e drenagem	Art. 23	3,78	4,37%
ZOP	Zona de Ocupação Preferencial	Maior potencial para adensamento e combinação de usos residenciais e não residenciais	Art. 21	3,47	4,01%
ZOR	Zona de Ocupação Restrita	Uso predominantemente residencial, com restrição ao incremento da ocupação urbana em função da paisagem urbana, vias de acesso, entre outros	Art. 19	2,32	2,68%
ZPA	Zona de Proteção Ambiental	Presença de componentes biológicos, hidrogeológicos, entre outros, importantes para o equilíbrio ambiental e bem-estar da população	Arts. 17-18	37,11	42,89%
ZPT	Zona do Parque Tecnológico	Área para fomento de atividades não-residenciais de desenvolvimento e produção de novos produtos ou processos	Art. 34	0,28	0,32%
TOTAL				86,52	100,00%

Observação: A área total apresentada na tabela é a do plano de informação (*shapefile*) referente ao PDU de 2018 (VITÓRIA, 2019b).
 Fonte: Vitória (2018).

Figura 41 – Zoneamento estabelecido pelo Plano Diretor Urbano (2018) de Vitória/ES.



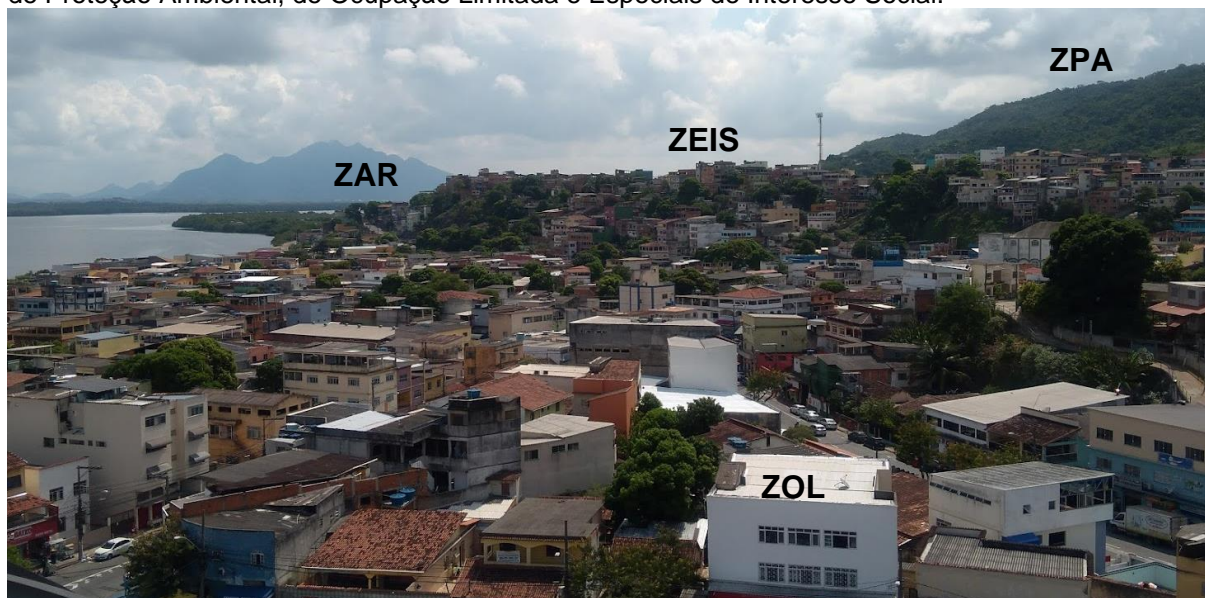
Fonte: Vitória (2019b).

A maior zona é a de proteção ambiental, com 42,89% da extensão territorial. Fazem parte das ZPAs a Estação Ecológica Ilha do Lameirão (em zona de manguezal, ao norte da ilha de Vitória) e o Parque Estadual da Fonte Grande, na porção central da ilha de Vitória, associado ao Maciço Central de Vitória. O território municipal conta com 33 ilhas, incluindo as ilhas oceânicas de Trindade e Martins Vaz, situadas a cerca de 1.200km da costa brasileira, e também parte das ZPAs (NOGUEIRA; EFFGEN; MARCHIORO, 2020; VITÓRIA, 2018, 2021).

A segunda maior zona é a industrial (ZI), a qual equivale ao bairro Parque Industrial, correspondendo a quase 1/5 da extensão territorial de Vitória, onde se situam as indústrias siderúrgicas Arcelor Mittal e VALE.

As zonas de ocupação delimitadas para usos residenciais ou mistos (ZEIS, ZOC, ZOL, ZOP, ZOR) somam 24,55% da área do município. As maiores em extensão são as de ocupação controlada (6,79%) e a especial de interesse social (6,70%). A Figura 42 mostra, como exemplo, quatro zoneamentos distintos na regional II – Santo Antônio, nas proximidades do Santuário-Basílica de Santo Antônio.

Figura 42 – Porção central da regional II – Santo Antônio, com vista para quatro zoneamentos: Arterial, de Proteção Ambiental, de Ocupação Limitada e Especiais de Interesse Social.



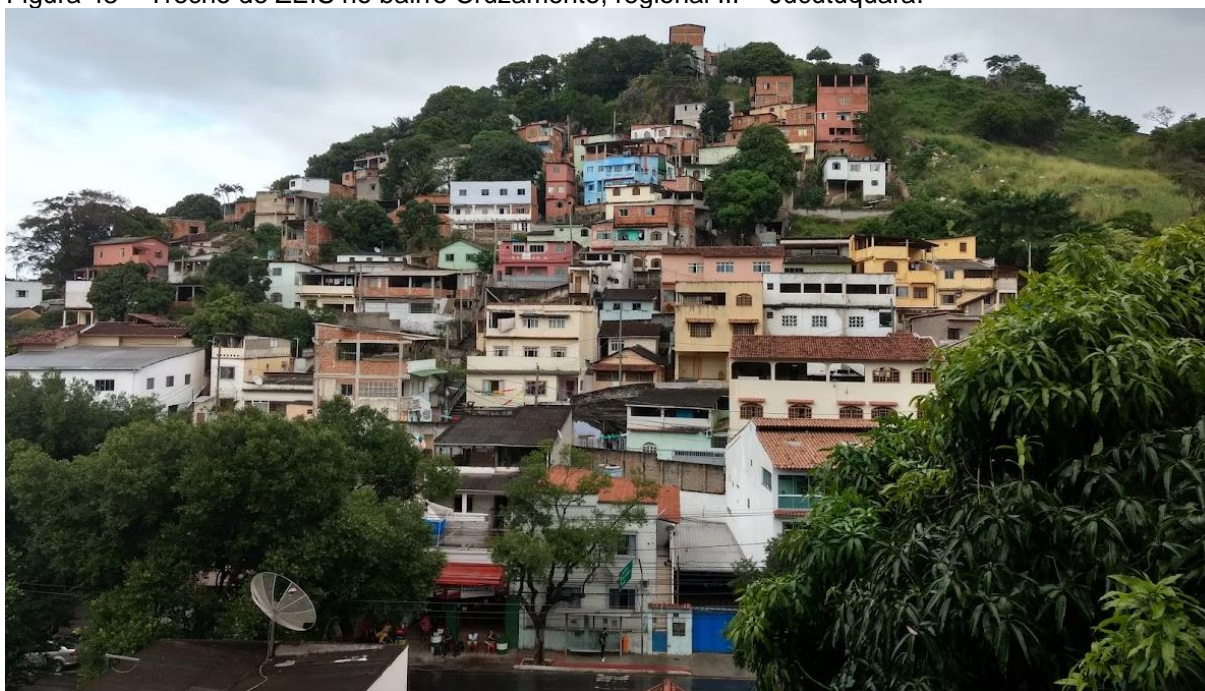
Fonte: acervo da autora.

As Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) são um dos instrumentos de política urbana instituídos no Estatuto da Cidade, em seu artigo quarto (BRASIL, 2001). O

Estatuto da Cidade, por sua vez, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição de 1988 (BRASIL, 1988).

A delimitação de ZEIS, portanto, de acordo com o art. 25, “*obedece ao cumprimento das funções sociais da cidade e da propriedade, conciliando-se a preservação, a conservação e a recuperação ambiental [...]*” (VITÓRIA, 2018, p. 22). Entre os objetivos a serem alcançados numa ZEIS estão a eliminação de riscos em função da ocupação de áreas inadequadas ou o reassentamento dos ocupantes em áreas próximas, a ampliação da oferta de equipamentos urbanos e comunitários e a promoção do desenvolvimento humano. A Figura 43 mostra uma seção do bairro Cruzamento (regional III – Jucutuquara), com ZEIS em primeiro plano.

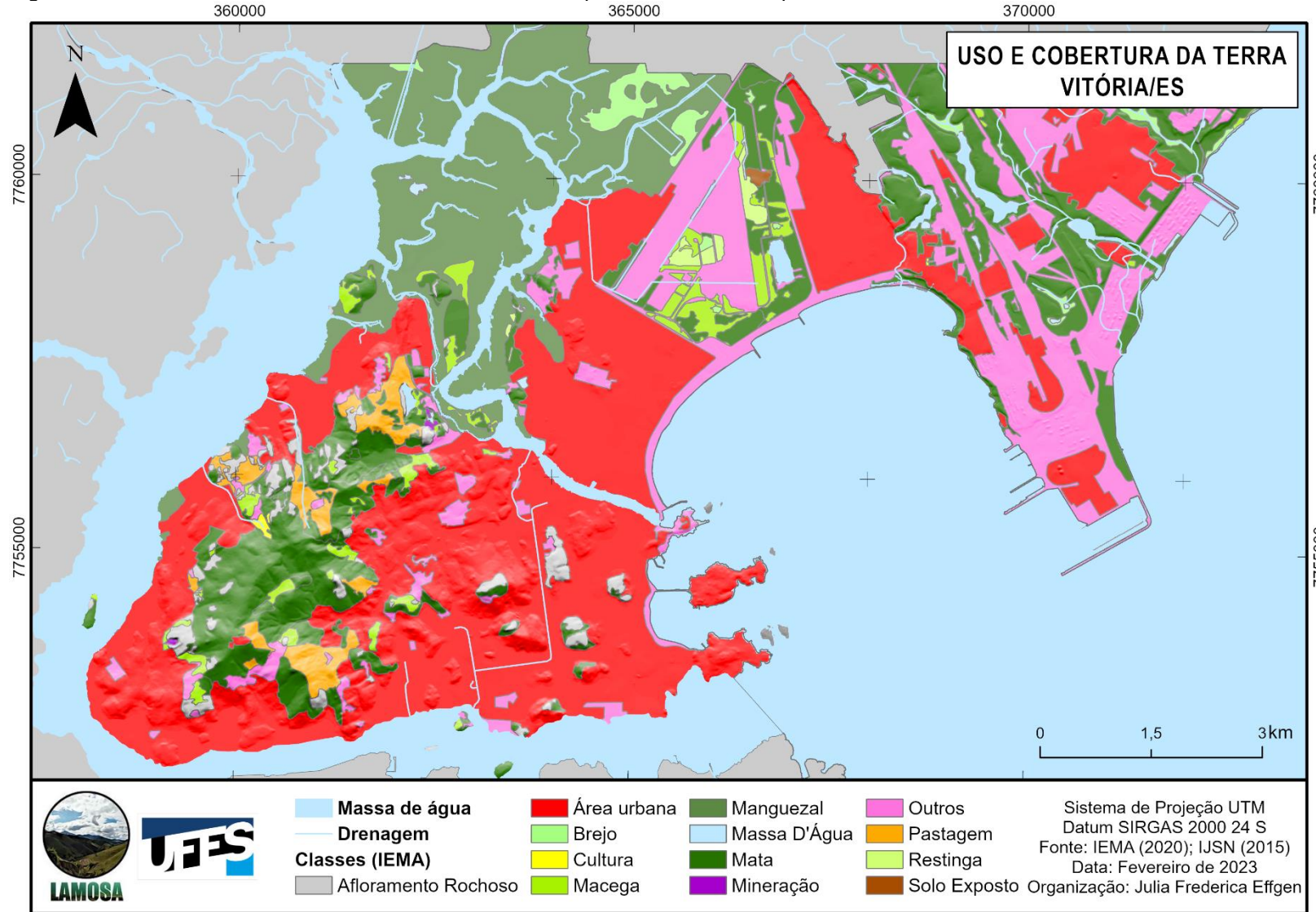
Figura 43 – Trecho de ZEIS no bairro Cruzamento, regional III – Jucutuquara.



Fonte: acervo da autora.

O mapeamento de uso e cobertura da terra do estado do Espírito Santo foi realizado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), com resolução espacial de 0,25m, entre 2012-2015. Vitória, especificamente, teve voos feitos em 2012 (IEMA, 2020). A Figura 44 apresenta as classes de uso e cobertura da terra em Vitória, com as extensões de cada uma delas na Tabela 8.

Figura 44 – Uso e Cobertura da Terra de Vitória/ES, em mapeamento realizado pelo IEMA, derivado de levantamentos realizados em 2012.



Fonte: IEMA (2020).

Tabela 8 – Extensões das classes de uso e cobertura da terra em Vitória/ES

CLASSE DE USO E COBERTURA DA TERRA	ÁREA (KM²)	ÁREA (%)
Afloramento Rochoso	1,35	1,83%
Área edificada	30,11	40,69%
Brejo	0,99	1,33%
Cultura	0,05	0,06%
Macega	1,85	2,50%
Manguezal	11,77	15,90%
Mata	13,55	18,31%
Mineração	0,03	0,05%
Outros	12,49	16,88%
Pastagem	1,44	1,94%
Restinga	0,32	0,43%
Solo Exposto	0,05	0,07%
TOTAL	74,00	100%

Fonte: IEMA (2020).

A classe de maior extensão é a de área edificada, representando 40,69% do município. Como expresso no Plano Diretor Urbano de Vitória, no artigo 13, todo o território municipal é considerado área urbana (VITÓRIA, 2018). As áreas edificadas são onde estão as malhas viárias, casas, prédios e onde se desenvolvem usos residenciais, comerciais, de lazer e de turismo, entre outros.

A segunda classe de maior extensão é a de Matas, com 18,31% da extensão municipal. São três zonas principais de Matas em Vitória: uma está associada ao Maciço Central, onde ficam os Parque Estadual da Fonte Grande, o Parque Municipal de Tabuazeiro e o Parque Natural Municipal Vale do Mulembá (VITÓRIA, 2021); uma em Camburi, associada às restingas e áreas protegidas no entorno do aeroporto de Vitória; e a última, no Parque Industrial, sendo representada por Florestas de Tabuleiros e o chamado Cinturão Verde da Vale (VALE, 2020).

A terceira classe mais extensa de uso da terra de Vitória é a de usos diversos (classe “Outros”), com área de 16,88% do município. São abarcadas nessa classe o Aeroporto de Vitória, o Complexo Industrial de Tubarão, as praias, parques, campos de futebol etc.

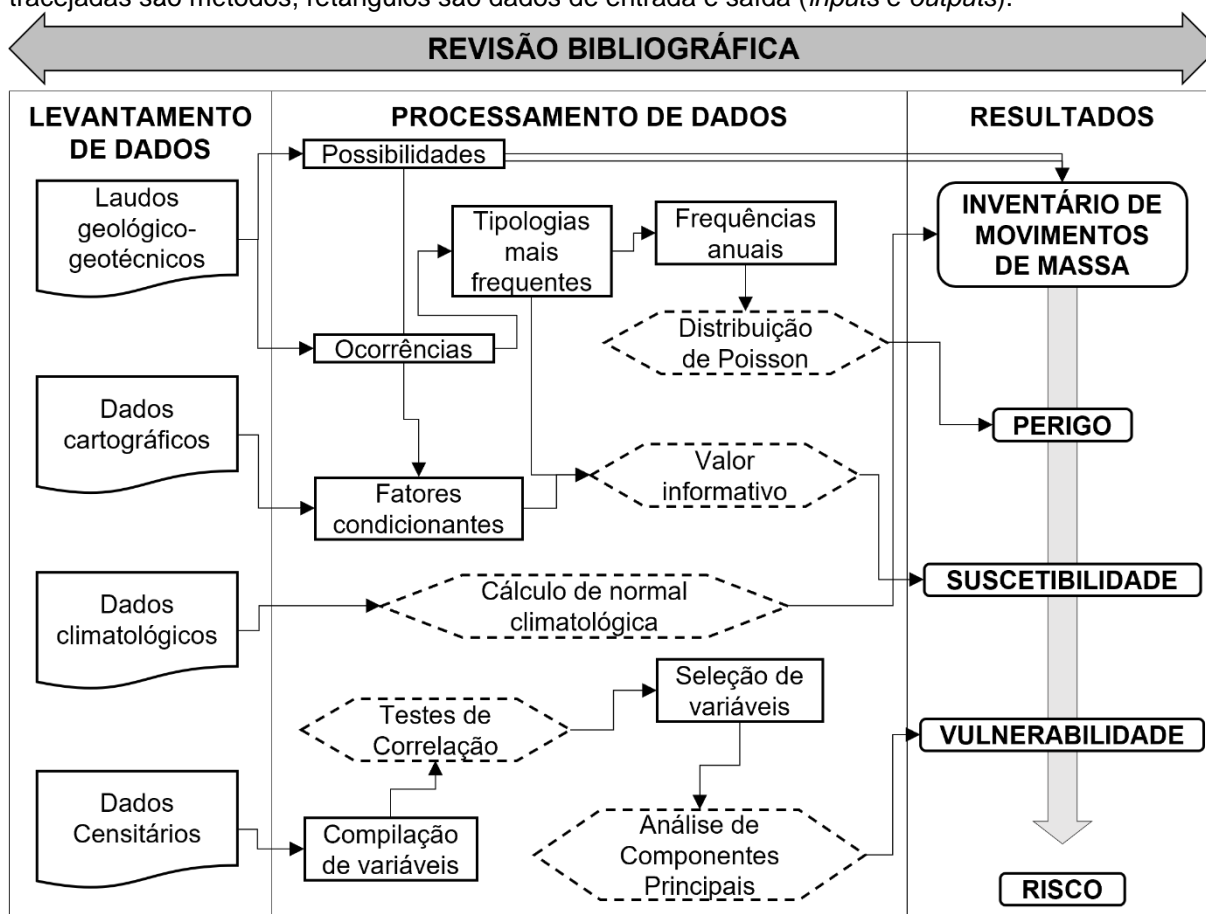
Os manguezais são 15,90% da extensão de Vitória, estando associados ao norte do município, nas regiões estuarinas já descritas anteriormente.

As outras classes, como restinga, macega, brejo etc., ocupam áreas diminutas na capital, estando fortemente restritas espacialmente (como restingas próximas ao litoral, brejos ao redor dos manguezais e macegas e pastagens próximas às matas).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Com base em extensa revisão de bibliografia concernente a movimentos de massa, tanto nacional quanto internacional, a metodologia do desenvolvimento deste trabalho seguiu o fluxograma da Figura 45.

Figura 45 – Diagrama resumido das etapas de desenvolvimento de pesquisa. Hexágonos com bordas tracejadas são métodos, retângulos são dados de entrada e saída (*inputs e outputs*).



Fonte: elaborado pela autora.

6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os laudos geológico-geotécnicos do Projeto MAPENCO (2018) foram disponibilizados pela Secretaria Municipal de Obras e Habitação, vinculada à Prefeitura Municipal de Vitória. Os arquivos em formato PDF foram lidos, organizados e tabelados no *software* Excel (MICROSOFT, 2016) para análises. O intervalo de dados é de janeiro/1999 até

abril/2018, totalizando 1.653 laudos. Além dos arquivos em PDF, foi disponibilizado um plano de informação vetorial em pontos.

Os dados cartográficos utilizados para a execução desta pesquisa estão arrolados no Quadro 4, com suas escalas ou resoluções espaciais e locais de disponibilidade.

Quadro 4 – Planos de informação, escalas ou resoluções espaciais e disponibilidade.

PLANOS DE INFORMAÇÃO	ESCALA OU RESOLUÇÃO ESPACIAL	DISPONÍVEL EM:
Geologia	1:100.000	Carta Geológica, Folha SF-24-V-B-I Vitória (CPRM, 2014)
Limites federativos	1:250.000	Portal de Mapas (IBGE, 2017)
Setores censitários (Censo Demográfico 2010)	1:250.000	
Áreas de Ponderação (Censo Demográfico 2010)	-	
Curvas de Nível	1:10.000 Equidistância de 5m	IEMA (2020)
Pontos Cotados	-	
Uso e cobertura da terra 2012	0,25 m	GEOBASES (IJSN, 2015)
Ortofotomosaico de 2019-2020	0,25 m	
Geomorfologia	1:250.000	
Solos	1:250.000	
Trecho de Drenagem	1:50.000	
Massas de água	1:100.000	
Limites municipais	-	
Laudos geológico-geotécnicos	-	Projeto MAPENCO (2018)
Geotecnia	1:16.000	Carta Geotécnica de Vitória (2014)
Bairros	-	GeoWeb (VITÓRIA, 2019b)
Edificação	1:1.000	
Eixo de Logradouro	-	
Litoral	-	
Lote	1:1.000	
Terra Mais Igual	-	
Plano Diretor Urbano (2018)	-	

Fonte: organizado pela autora.

Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, BDMEP, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019). A estação consultada foi a “Vitória – ES” (código OMM: 83648), com período de consulta entre 1961 e 2019. Os dados referentes aos anos de 2001 e 2002, ausentes no BDMEP, foram obtidos via Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER, 2019), enquanto os dados de 2009 e 2010 foram preenchidos com informações da estação “UFES”

(distante 3,7 km da estação “Vitória”) do *site* de monitoramento de estações pluviométricas do Projeto MAPENCO (2020a).

Considerando os critérios de completude de dados recomendados pela Organização Mundial de Meteorologia (em inglês, *World Meteorology Organization*) (WMO, 2017), apenas o intervalo de dados entre 1993 e 2019 ($n = 27$) foi utilizado, uma vez que os períodos anteriores tem grandes lacunas de dados climatológicos (meses ou anos inteiros sem dados, por exemplo). A organização e processamento de dados (incluindo cálculos de estatísticas descritivas) foi feito através do Excel.

Visando facilitar a interpretação dos dados, as classes originais do mapeamento do IEMA (2020) foram adaptadas da seguinte forma: as classes de Cultivos Agrícolas variados (como coco-da-baía e banana) foram aglutinadas na classe “Cultura”; “Mata Nativa” e “Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração” foram aglutinadas na classe “Mata”. Tanto este procedimento quanto as cores usadas na Figura 44 foram adaptadas da Coordenação de Informações sobre Meio Ambiente (*Coordination of Information on the Environment*, em inglês), programa ligado à União Europeia (CORINE, 2022).

6.2 PROCESSAMENTO DE DADOS

As operações de geoprocessamento e mapeamentos foram realizadas usando os *softwares* ArcGIS Pro 3 (ESRI, 2021), SAGA 8.4 (CONRAD *et al.*, 2015), R (R CORE TEAM, 2022) e RStudio (R STUDIO TEAM, 2021). A organização dos dados, elaboração de tabelas e gráficos foi feita através do Excel (MICROSOFT, 2016), enquanto processamentos estatísticos foram feitos no *software* SPSS (IBM, 2019) e RStudio.

As cores usadas em mapas e gráficos se baseiam em Brewer e Harrower (2019), Crameri, Shephard e Heron (2020) e Crameri e Shephard (2021).

6.2.1 Procedimentos da Análise de Inventário

A fim de construir o inventário de movimento de massas de Vitória, para cada laudo geológico-geotécnico do Projeto MAPENCO (2018) foram feitas as anotações de diversas características, como:

- Códigos de identificação;
- Ano;
- Bairros e Regionais Administrativas;
- Coordenadas X e Y (WGS 84 – UTM, zona 24S);
- Tipo de laudo: possibilidade de ocorrência, “P”, ou de ocorrência, “O”;
- Datas de ocorrência e de registro do laudo;
- Horário de ocorrência, quando a informação estiver disponível;
- Tipologia do movimento de massa, de acordo com o Manual de Desastres, vol. I (CASTRO *et al.*, 2003): escorregamentos (em cunha, translacional ou rotacional), corridas de massa, rastejos e quedas, tombamentos ou rolamento de rochas.
- Mortes;
- Fatores preparatórios e de gatilho, conforme proposta de Popescu (1994).

Figura 46 – Captura de tela do inventário elaborado a partir dos laudos geológico-geotécnicos.

Cod	Ano	Bairro	Laudo	X	Y	PouO	ProbMap	DataOcorr	DataLaudo	Horario	TIPO
004-1999	1999	Morro do Moscoso	L004/1999	359876,773	7753010,826	P			01/02/1999		Queda e rolamento de blocos
002-1999	1999	Bento Ferreira	L002/1999	363975,170	7753247,290	O			26/01/1999		Queda e rolamento de blocos; escorregamento translacional
019b-1999	1999	Arivaldo Favalessa	L019b/1999	358425,339	7753061,550	P	Alto		25/06/1999		Escorregamento translacional
019c-1999	1999	Arivaldo Favalessa	L019c/1999	358430,787	7753058,659	P	Alto		30/06/1999		Escorregamento translacional
010-1999	1999	Bela Vista	L010/1999	359145,340	7754505,770	P	Alto		01/04/1999		Queda e rolamento de blocos; escorregamento translacional; rastejo
005-1999	1999	Morro do Macaco	L005/1999	361393,920	7755239,940	P			01/02/1999		Queda e rolamento de blocos; corrida
009-1999	1999	Conquista	L009/1999	361983,370	7757557,190	P			31/03/1999		Queda e rolamento de blocos; escorregamento translacional
008-1999	1999	Resistência	L008/1999	362501,960	7756817,290	P			25/03/1999		Queda e rolamento de blocos
011-1999	1999	Bonfim	L011/1999	362769,120	7755011,890	P			28/04/1999		Escorregamento translacional
023a-1999	1999	do Moscoso	L023a/1999	359876,773	7753010,826	O			16/06/1999		Queda e rolamento de blocos
016-1999	1999	São Benedito	L016/1999	363429,040	7754440,338	P			11/06/1999		Queda e rolamento de blocos; escorregamento translacional
023b-1999	1999	Fonte Grande	L023b/1999	360457,250	7753117,191	O			16/06/1999		Queda e rolamento de blocos
059-1999	1999	de Lourdes	L059/1999	361255,464	7756728,769	O			22/11/1999		Escorregamento translacional
015-1999	1999	Gurijica	L015/1999	363974,340	7753818,210	P			11/06/1999		Queda e rolamento de blocos; escorregamento translacional
001-1999	1999	Ilha do Príncipe	L001/1999	359133,000	7752401,000	P			25/01/1999		Queda e rolamento de blocos
007-1999	1999	Morro Bela Vista	L007/1999	359173,000	7753739,000	P			15/03/1999		Queda e rolamento de blocos
006-1999	1999	Ilha do Príncipe	L006/1999	359322,360	7752373,970	P			01/03/1999		Queda e rolamento de blocos
061-1999	1999	Maciço Central	L061/1999	360268,666	7754822,865	O			23/11/1999		Queda e rolamento de blocos
025-1999	1999	Gurijica	L025/1999	363771,640	7753740,264	O			17/06/1999		Queda e rolamento de blocos; escorregamento translacional
003-1999	1999	Jesus de Nazareth	L003/1999	363905,470	7752722,270	P			01/02/1999		Escorregamento translacional
019-1999	1999	Arivaldo Favalessa	L019/1999	358409,958	7753063,139	O	Alto		14/06/1999		Escorregamento translacional

Fonte: elaborado pela autora.

Para verificar a hipótese de relação entre a ocorrência de movimentos de massa e os fatores preparatórios, a estatística de Qui-quadrado (ou teste Qui-quadrado de *Pearson*) foi utilizada. O Qui-quadrado é um dos testes estatísticos mais antigos e usados em pesquisas sociais, por permitir medir a associação (ou independência) entre variáveis qualitativas (BARBETTA, 2006a).

O cálculo do Qui-quadrado (χ^2) é feito a partir de tabelas, com as linhas e colunas representando as categorias analisadas, como exemplificado na Tabela 9.

Tabela 9 – Exemplo de tabela cruzada de dimensão 2x3.

EXEMPLO	A	B	C	TOTAL DAS LINHAS
1	A1	B1	C1	A1+B1+C1
2	A2	B2	C2	A2+B2+C2
TOTAL DAS COLUNAS	A1+A2	B1+B2	C1+C2	Total geral (n)

Fonte: adaptado de Barbetta (2006a).

A partir dos dados tabulados, cada célula (por exemplo, A1) tem sua frequência observada (O) comparada com a frequência esperada (E). A frequência esperada é calculada conforme a Equação 3 (OTT; LONGNECKER, 2016a).

$$E_{A1} = \frac{\text{Total linha}_1 \times \text{Total coluna}_A}{n} \quad \text{Equação 3}$$

O valor de χ^2 é calculado conforme a Equação 4 (BARBETTA, 2006a; OTT; LONGNECKER, 2016a).

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} \quad \text{Equação 4}$$

O valor calculado de χ^2 é comparado com a distribuição de referência para definir se a hipótese nula (H_0 , as variáveis analisadas são independentes) deve ser rejeitada em favor da hipótese alternativa (H_1 , existe associação entre as variáveis). Os valores da

distribuição qui-quadrado de referência são calculados considerando os graus de liberdade $gl = (l - 1) \times (c - 1)$, onde l é o número de linhas e c é o número de colunas na tabela (BARBETTA, 2006a; OTT; LONGNECKER, 2016a).

As hipóteses testadas foram as seguintes:

- H_0 (ou hipótese nula): movimentos de massa em Vitória são independentes da ação antrópica.
- H_1 (ou hipótese alternativa): movimentos de massa em Vitória não são independentes da ação antrópica.

Para medir a força da associação, foi calculado o coeficiente *phi* (ϕ), conforme a Equação 5. O valor de ϕ varia de 0 a 1, ou seja, nenhuma associação ou associação perfeita (BLAIKIE, 2003).

$$\phi = \sqrt{\frac{\chi^2}{n}}$$

Equação 5

Para testar a hipótese de agrupamento espacial dos movimentos de massa, a análise do vizinho mais próximo foi usada. Este método se baseia em comparar a distância média observada entre pontos e seus vizinhos mais próximos (R_0) com a distância esperada entre vizinhos mais próximos em padrão aleatório (R_e), conforme a Equação 6 (ROGERSON, 2012).

$$R = \frac{R_0}{R_e}$$

Equação 6

O valor de R_e é calculado como o inverso de duas vezes a raiz quadrada da densidade de pontos (ρ), onde n é a quantidade de pontos e A é o tamanho da área de estudo (Equação 7). O valor de R_0 é calculado como a soma de das distâncias dos pontos i aos seus vizinhos mais próximos divididos pela quantidade de pontos (n), conforme a Equação 8 (ROGERSON, 2012).

$$R_e = \frac{1}{2\sqrt{\rho}} \cdot \frac{1}{2\sqrt{n/A}} \quad \text{Equação 7}$$

$$R_0 = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad \text{Equação 8}$$

Quando o valor de R se aproxima de 0 significa que os pontos estão perfeitamente agrupados, enquanto valores próximos a 1 indicam distribuição aleatória. Valores próximos do máximo teórico de 2,14 indicam distribuição perfeitamente uniforme ou sistemática. O teste z , calculado a partir de R (Equação 9), aponta se há significância no agrupamento, sendo que valores de z maiores que 1,96 indicam uniformidade significativa e valores menores que -1,96 indicam aglomeração significativa (ROGERSON, 2012).

$$z = \frac{(R - 1)}{\sqrt{V[R]}} \quad \text{Equação 9}$$

A ferramenta “*Average Nearest Neighbor*” foi utilizada para a execução deste teste de hipótese, disponível no pacote de Estatísticas Espaciais (*Spatial Statistics Toolbox*) no ArcGIS Pro. A área considerada para o cálculo foi a do plano de informação de litoral de Vitória, que soma 74.546.616 m² (ou 74,5km²).

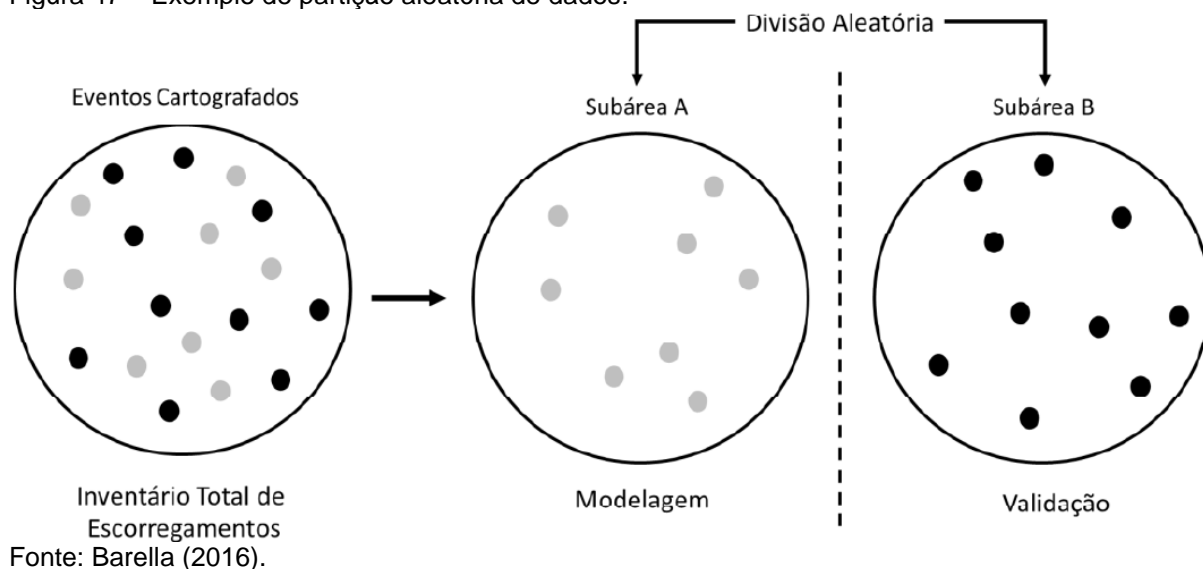
6.2.2 Cálculo de Suscetibilidades

Para o cálculo das suscetibilidades a movimentos de massa, foram considerados os laudos de ocorrência dos anos com completude de informações (portanto, de 1999 a 2017). Os cruzamentos das informações dos laudos com os outros planos de informação foram realizados com as ferramentas “*Extract Values to Points*” (para planos em formatos *raster*) e “*Intersect*” (planos vetoriais).

Em preparação para a etapa de modelagem, os laudos foram divididos por tipologias e em duas amostras aleatórias, sendo 50% dos dados usados para treinamento dos

modelos e 50% para validação (como exemplificado na Figura 47), através da ferramenta “*Subset Features*”, do pacote de Análise Geoestatística do ArcGIS Pro.

Figura 47 – Exemplo de partição aleatória de dados.



O modelo de suscetibilidade a movimentos de massa foi gerado com a ferramenta “*Raster Calculator*”, presente no pacote de Análise Espacial do ArcGIS Pro. Para facilitar a interpretação dos valores, os modelos foram normalizados através da ferramenta “*Rescale by Function*”, utilizando o método linear (mínimo-máximo) e com os valores de saída variando entre 0 e 1.

6.2.2.1 Método do Valor Informativo

As suscetibilidades a movimentos de massa foram calculadas através do método do Valor Informativo (VAN WESTEN, 1993), um dos métodos estatísticos bivariados sugeridos por Corominas e colaboradores (2014). Este método já foi aplicado com sucesso em países como a China (BA *et al.*, 2017; JIAO *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2016), Etiópia (WUBALEM; METEN, 2020), Irã (POURGHASEMI; MORADI; FATEMI AGHDA, 2013), Itália (CIURLEO; CASCINI; CALVELLO, 2017), Japão (WANG; SASSA, 2005), Uzbequistão (JULIEV *et al.*, 2019), dentre muitos outros.

Portugal é, destacadamente, um dos países com mais usos do método do Valor Informativo, com aplicações regionais (EPIFÂNIO; ZÊZERE; NEVES, 2014; GUILLARD; ZÊZERE, 2012; ZÊZERE, 2002; ZÊZERE *et al.*, 2017; ZÊZERE; FERREIRA; RODRIGUES, 1999), em ilhas oceânicas (GORDO; ZÊZERE; MARQUES, 2019) e no desenvolvimento do mapeamento de suscetibilidade a movimento de massa do país (ZÊZERE *et al.*, 2018).

No Brasil, ainda são poucos os estudos com utilização dessa técnica para avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa (DIAS; HÖLBLING; GROHMANN, 2021b), com trabalhos realizados em Minas Gerais (BARELLA; SOBREIRA; ZÊZERE, 2018; ROSA; SOBREIRA; BARELLA, 2021) e São Paulo (BONINI *et al.*, 2020; DIAS *et al.*, 2018, 2021). O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), em nota técnica, recomenda o uso do método de Valor Informativo (chamado de Densidade Normalizada) para a elaboração de cartas de suscetibilidades a movimentos de massa (IPT, 2014).

O método do Valor Informativo se baseia na normalização logarítmica da razão da probabilidade de um movimento de massa ocorrer em uma determinada classe de um determinado fator predisponente ($P(S|N_{ij})$) e a probabilidade geral de movimento de massa na área de estudo, $P(S)$ (Equação 10) (BARELLA, 2016; VAN WESTEN, 1993; ZÊZERE, 2002).

$$I_i = \ln \left(\frac{S_i/N_i}{S/N} \right) \quad \text{Equação 10}$$

Na Equação 10, S_i é quantidade de pixels com movimentos de massa na variável (fator predisponente) X_i , N_i é a quantidade de pixels na classe da variável X_i , S é a quantidade de movimentos de massa, N é o total de *pixels* na área de estudo. Os valores de I_i podem variar de $-\infty$ a $+\infty$, podendo representar graus de relevância das classes para a estabilização (valores negativos) ou instabilização (valores positivos) do terreno. Valores próximos a 0 indicam que não há ligação direta entre a variável avaliada e o desenvolvimento de movimento de massas.

Se S_i for igual a 0, o valor de I_i é indefinido. Nesses casos, o menor valor entre as classes de um determinado fator foi usado para substituição.

O somatório de todos os valores resulta no Valor Informativo, sendo o interpretada como a propensão de uma unidade de terreno de ter um movimento de massa.

$$VI = \sum_{i,j=1}^n I_{ij} \quad \text{Equação 11}$$

6.2.2.2 Validação dos modelos de suscetibilidade

A validação dos modelos foi realizada através do cálculo de curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic* – Características Operador-Receptor) e AUC (*Area Under the Curve* – Área Abaixo da Curva). Operacionalmente, a validação foi feita com o complemento *Spatial Data Modeler 5*, ou ArcSDM 5 (SAWATZKY *et al.*, 2021), disponível para ArcGIS Pro.

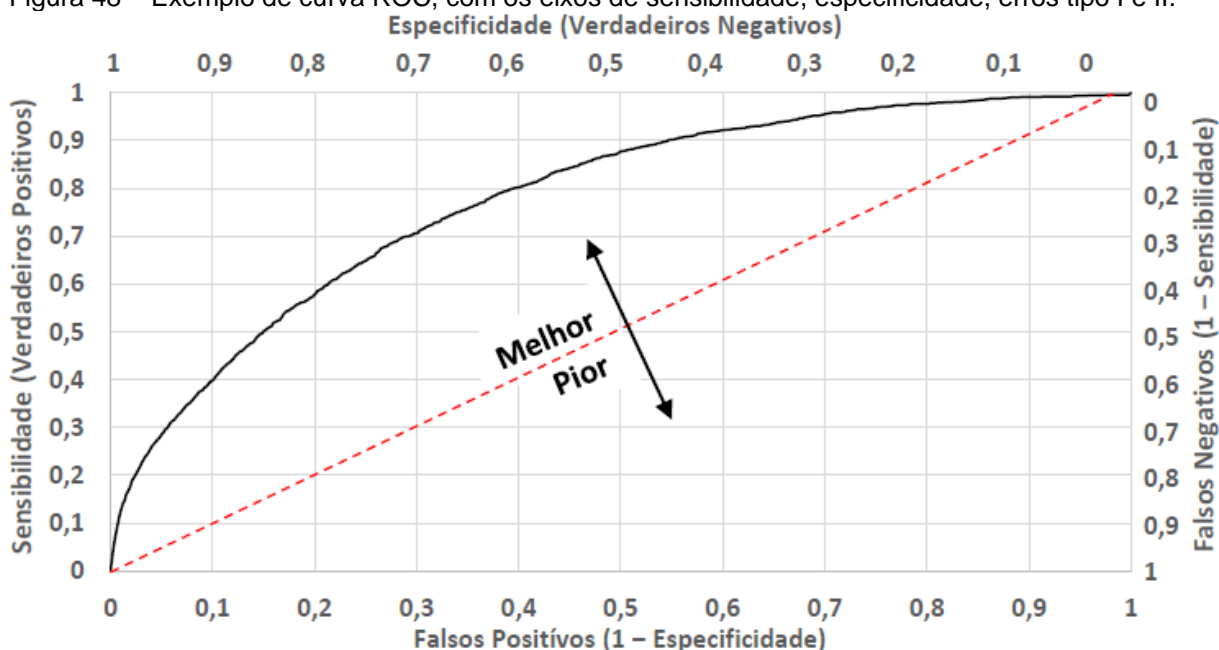
A análise ROC foi muito utilizada durante a Segunda Guerra Mundial com o objetivo de avaliar a performance de radares ao detectar alvos inimigos, embarcações aliadas ou ruído (FRATTINI; CROSTA; CARRARA, 2010; MORRISON, 2005).

Como apontado por Frattini, Crosta e Carrara (2010), erros em mapeamentos de suscetibilidade a movimentos de massa levam a consequências socioeconômicas. Terrenos com ocorrências de movimentos de massa classificados como estáveis (Falso Negativo) são usados sem restrições, gerando risco de perdas. Em contrapartida, áreas sem movimentos de massa classificadas como instáveis (Falso Positivo) têm seu uso e desenvolvimento restringido.

A validação é a etapa, fundamental, de comparação das predições de um modelo com a realidade, visando obter sua acurácia ou capacidade de predição (BEGUERÍA, 2006).

A curva ROC (exemplo na Figura 48) é elaborada a partir do cálculo de sensibilidade (Equação 12) e especificidade (Equação 13) do modelo, sem depender de valores de corte (FRATTINI; CROSTA; CARRARA, 2010).

Figura 48 – Exemplo de curva ROC, com os eixos de sensibilidade, especificidade, erros tipo I e II.



Fonte: Barella (2016).

$$\text{Sensibilidade} = \frac{\text{Verdadeiros Positivos}}{\text{Verdadeiros Positivos} + \text{Falsos Negativos}} \quad \text{Equação 12}$$

$$\text{Especificidade} = \frac{\text{Verdadeiros Negativos}}{\text{Verdadeiros Positivos} + \text{Verdadeiros Negativos}} \quad \text{Equação 13}$$

A área abaixo da curva (AUC) é usada como métrica de avaliação da qualidade geral do modelo, calculada a partir dos pontos na curva ROC. A linha vermelha na Figura 48 representa o valor AUC de 0,5, equivalente a discriminação aleatória de áreas estáveis e instáveis, enquanto valores mais próximos de 1 representam diferenciação perfeita. Portanto, quanto mais a curva ROC for inclinada para cima e distante da linha diagonal, melhor (BEGUERÍA, 2006).

A tabela de contingência, como a do Quadro 5, é similar a matriz de resultados esperados de testes estatísticos de hipótese, com as classificações corretas (Verdadeiros Negativo e Positivo) e os erros tipo I e II (rejeição de hipótese verdadeira, Falso Negativo, e aceitação de hipótese falsa, Falso Positivo) (BARBETTA, 2006a; ROGERSON, 2012). Para movimentos de massa, a tabela de contingência compara onde existem ou não ocorrências (dados de inventário) e os grupos preditos como instáveis e estáveis (modeladas).

Quadro 5 – Modelo de tabela de contingência, onde – e + indicam ausência e presença de movimento de massas.

		GRUPOS PREDITOS (MODELO)		
		ESTÁVEL (-)	INSTÁVEL (+)	
INVENTÁRIO (OBSERVADO)	ESTÁVEL (-)	Verdadeiro negativo (VN) (- -)	Falso positivo (FP) (- +)	VN + FP
	INSTÁVEL (+)	Falso negativo (FN) (+ -)	Verdadeiro positivo (VP) (+ +)	FP + VP
		VN + FN	FP + VP	T

Fonte: adaptado de Beguería (2006) e Frattini, Crosta e Carrara (2010).

6.2.2.3 Construção das variáveis temáticas

Os fatores predisponentes de movimentos de massa considerados para avaliação de suscetibilidades foram selecionados de acordo com os laudos e a literatura consultada. O Quadro 6 sintetiza os fatores considerados e a fundamentação teórica para tal escolha, com algumas das fontes consultadas. Este quadro não pretende ser exaustivo.

Quadro 6 – Fatores predisponentes de movimentos de massa considerados para avaliação de suscetibilidades.

FATORES PREDISPONENTES	EXPLICAÇÃO
Unidades geológicas	Caracterizam, indiretamente, as propriedades geomecânicas das rochas, servindo como uma primeira aproximação da força de resistência (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; GUILLARD; ZÊZERE, 2012; TRIGILA <i>et al.</i> , 2015; VARNES, 1978; VARNES; IAEG, 1984)
Unidades geomorfológicas	Incorporam informações de gênese e de evolução das principais formas de relevo (por ex.: áreas com históricos de movimentos de massa) (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008)
Unidades de solos	As origens dos solos determinam suas propriedades, como porosidade, drenagem, textura etc. (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; GUILLARD; ZÊZERE, 2012; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008; VARNES, 1978)
Unidades geotécnicas	Identificam as formações superficiais do relevo, com características comportamentais que podem influenciar na estabilidade de encostas (por ex.: depósitos de colúvio e de tálus) (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; FERNANDES; AMARAL, 2011; ZÊZERE <i>et al.</i> , 2004)
Uso e cobertura da terra	Os diferentes usos e coberturas da terra podem influenciar a ocorrência de movimentos de massa, tanto aumentando quanto reduzindo as incidências (por ex.: tipos e presença ou ausência de vegetação; cortes e aterros em encostas) (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; SELBY, 1993; SIDLE; OCHIAI, 2006d, c; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008; VARNES; IAEG, 1984; ZÊZERE <i>et al.</i> , 2017)
Elevação	Diferenças em elevações resultam em energia potencial para movimentos nas encostas; servem como indicativo de tipo de terreno em mapeamentos em pequena escala (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008)

FATORES PREDISPOANTES	EXPLICAÇÃO
Declividade	Fator mais importante para movimentos gravitacionais, sendo um dos mais usados em estudos de movimentos de massa. Funciona como indicativo de forças de cisalhamento, com tendência de aumento de ocorrências de movimentos de massa conforme a declividade aumenta (BUDIMIR; ATKINSON; LEWIS, 2015; COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; POURGHASEMI <i>et al.</i> , 2018; REICHENBACH <i>et al.</i> , 2018; SELBY, 1993; SIDLE; OCHIAI, 2006d; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008; ZÉZERE <i>et al.</i> , 2017)
Orientação de vertentes	Interfere nas características hidrológicas das encostas, via evapotranspiração, diferentes níveis de insolação, graus de intemperismo e desenvolvimento de vegetação (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; REGMI; MCDONALD; RASMUSSEN, 2019; SELBY, 1993; SIDLE; OCHIAI, 2006d; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008)
Curvatura de vertente em planta	Interfere nas características hidrológicas na encosta, ao concentrar ou dispersar fluxos de água em superfície e subsuperfície (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; FERNANDES; AMARAL, 2011; SIDLE; OCHIAI, 2006d; VALERIANO, 2008; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008; ZÉZERE <i>et al.</i> , 2004)
Curvatura de vertente em perfil	Caracteriza o perfil do terreno, com áreas convexas, retilíneas ou côncavas, diferenciando, por exemplo, escarpas, vales, picos etc. Interfere na velocidade dos materiais em movimento na encosta (CARSON; KIRKBY, 1975; MANCINI; CEPPI; RITROVATO, 2010; MARSALA <i>et al.</i> , 2019; POURGHASEMI <i>et al.</i> , 2014)
Extensão das vertentes	Indicativo do comportamento hidrológico da encosta, com implicação na trajetória de movimentos de massa e fluxos de energia e sedimentos (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; DAI; LEE, 2002; POURGHASEMI; MOHAMMADY; PRADHAN, 2012; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008)
Acumulação de fluxos (log)	Caracteriza áreas onde fluxos hidrológicos superficiais e subsuperficiais tendem a se concentrar nas encostas, formando zonas saturadas e com poro-pressões positivas; informação frequentemente usada em modelagens hidrológicas (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; FERNANDES <i>et al.</i> , 2001, 2004; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008)
Índice Topográfico de Umidade (<i>Topographic Wetness Index</i> , TWI)	Calcula áreas onde se formam zonas de saturação, explicitando padrões espaciais de umidade do solo (BEVEN; KIRKBY, 1979; CRUZ, 1990; LEE <i>et al.</i> , 2018; LIMA; FERNANDES; VARGAS JUNIOR, 2020; YILMAZ, 2009)
Densidade de lineamentos	Incorpora informações da geologia estrutural a modelos de suscetibilidade a movimentos de massa (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; RAMLI <i>et al.</i> , 2010; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008)
Distância de edificações	A proximidade de edificações e ruas podem indicar cortes e aterros em encostas (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; POPESCU, 1994; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008)
Distância de ruas	
Distância de drenagens	Exprime a relação entre linhas de drenagem e movimentos de massa, incluindo possível erosão de base de encosta (COROMINAS <i>et al.</i> , 2014; POPESCU, 1994; POURGHASEMI; MORADI; FATEMI AGHDA, 2013; VAN WESTEN; ABELLA; KURIAKOSE, 2008)

Fonte: organizado pela autora.

Os planos de informações vetoriais relativos a unidades geológicas, geomorfológicas, geotécnicas, classes de solos e tipologias de uso e cobertura da terra foram convertidos para formato *raster* (através da ferramenta “*Feature to Raster*”).

Os fatores predisponentes elevação, declividade, orientações de vertente, curvaturas de vertentes (em planta e perfil), extensão das vertentes, acumulação de fluxos e índice topográfico de umidade foram obtidas a partir do modelo digital de elevação (MDE).

O MDE usado nesse trabalho foi gerado com a ferramenta *Topo to Raster*, do pacote *Spatial Analyst Tools* (Ferramentas de Análises Espaciais), no *software* ArcGIS Pro (ESRI, 2021). As curvas de nível (5 m de equidistância) e pontos cotados (IEMA, 2020) foram usados como dados de entrada e a resolução espacial selecionada foi de 5 m. A correção de possíveis erros na geração do MDE foi feita com a ferramenta “*Fill*”, seção de Hidrologia do *Spatial Analyst Tools*, conforme procedimentos de Coelho (2008).

Os planos de informação de declividade, orientações e curvaturas de vertentes foram gerados no ArcGIS Pro com as ferramentas “*Slope*”, “*Aspect*” e “*Curvature*”, da seção de Superfície do *Spatial Analyst Tools*.

A extensão das encostas foi gerada no *software* SAGA (CONRAD *et al.*, 2015) com a ferramenta “*Slope Length*”.

A acumulação de fluxos foi gerada com o algoritmo “*Flow Accumulation*”, da seção de Hidrologia do pacote de Ferramentas de Análises Espaciais. O dado de entrada é o de direção de fluxos (“*Flow Direction*”), calculado pelo método de direções infinitas, proposto por Tarboton (1997). A partir da acumulação de fluxos (a) e da declividade (θ), é calculado o índice topográfico de umidade (*topographic wetness index* – TWI), de acordo com a Equação 14 (BEVEN; KIRKBY, 1979).

$$TWI = \ln(a / \tan \theta)$$

Equação 14

Os lineamentos foram traçados manualmente, conforme Bricalli (2011) e Ramli *et al.* (2010), usando como base relevos sombreados com quatro iluminações artificiais distintas (0° , 45° , 90° e 315°). Os relevos sombreados foram elaborados com a ferramenta “*Hillshade*”, do ArcGIS Pro. A densidade de lineamentos foi calculada com

a ferramenta “*Line Density*”, com raio de busca de 1000 m e unidade de saída em quilômetros quadrados.

As distâncias de edificações, ruas e drenagens foram calculadas com a ferramenta “*Euclidian Distance*”. Para as drenagens, os planos de informações de drenagens e massas de água foram transformados em *rasters*, mosaicados (“*Mosaic to new raster*”) e invertidos através de análise condicional (ferramenta “*Con*”, onde apenas valores diferentes de 0 foram mantidos).

Os planos de informação, quando necessário, foram reclassificados com a ferramenta “*Reclassify*”, com valores de acordo com os expostos no Quadro 7.

Quadro 7 – Intervalos usados nas reclassificações dos planos de informações.

PLANOS DE INFORMAÇÃO	INTERVALOS
Elevação (metros)	0 - 10; 10 - 20; 20 - 30; 30 - 40; 40 - 50; 50 - 75; 75 - 100; 100 - 150; 150 - 200; acima de 200 m
Declividade (graus)	0-5°; 5-10°; 10-15°; 15-20°; 20-25°; 25-30°; 30-35°; acima de 35°
Orientação de vertentes (graus)	-1: Plano 0 - 22,5° e 337,5 - 360°: Leste 22,5 - 67,5°: Nordeste 67,5 - 112,5°: Norte 112,5 - 157,5°: Noroeste 157,5 - 202,5°: Oeste 202,5 - 247,5°: Sudoeste 247,5 - 292,5°: Sul 292,5 - 337,5°: Sudeste
Curvaturas de vertentes: plano	-17,714 - -0,855 (côncavo) -0,854 - 0,442 (retilíneo) 0,443 - 19,032 (convexo)
Curvaturas de vertentes: perfil	-18,072 - -0,912 (convexo) -0,911 - 0,917 (retilíneo) 0,918 - 17,798 (côncavo)
Extensão da encosta (metros)	0 - 10; 10 - 20; 20 - 30; 30 - 40; 40 - 50; 50 - 75; 75 - 100; acima de 100 m
Acumulação de fluxos (log)	-2,334 - 0,518; 0,519 - 1,107; 1,108 - 1,697; 1,698 - 2,813; 2,814 - 5,573
Índice Topográfico de Umidade	-5,635 - 1,829; 1,83 - 3,82; 3,821 - 5,81; 5,811 - 8,796; 8,797 - 26,089
Densidade de lineamentos (lineamentos por km ²)	0,1 - 0,5; 0,6 - 1; 1,1 - 1,5; 1,6 - 2; 2,1 - 2,5; 2,6 - 3; 3,1 - 3,5; 3,6 - 4
Distâncias de drenagens, edificações e ruas (metros)	0,1 - 5; 5,1 - 10; 10,1 - 15; 15,1 - 20; 20,1 - 25; 25,1 - 30; 30,1 - 35; 35,1 - 40; 40,1 - 45; 45,1 - 50; 50,1 - 75; 75,1 - 100; acima de 100 m

Fonte: organizado pela autora.

Os valores de curvaturas, índice topográfico de umidade e acumulação de fluxos foram reclassificados com base em *natural breaks (Jenks)*, método que agrupa

valores similares e maximiza a diferença entre as classes (ESRI, 2022b). As orientações das vertentes mantêm os valores já estipulados pelo ArcGIS Pro (ESRI, 2022c).

6.2.2.4 Seleção das variáveis temáticas para modelagem

O método de Valor Informativo, como outros modelos estatísticos bivariados, não considera a correlação entre os fatores predisponentes usados em suas formulações, o que é apontado por Zêzere (2002) como uma de suas grandes limitações.

Para contornar tal limitação, as correlações entre as variáveis temáticas foram testadas da seguinte forma: as variáveis contínuas (como elevação e declividade) foram testadas através de coeficientes de correlação de *Spearman*, enquanto as variáveis categóricas (como as de unidades geológicas e geomorfológicas) tiveram suas associações testadas via *V de Cramér*.

O método de *Spearman* se baseia na ordenação dos valores (em postos, ou *ranks*) e comparação dos postos, conforme a Equação 15 (BARBETTA, 2006c). A operação de correlação foi realizada no *software RStudio*, com os pacotes *raster* (HIJMANS *et al.*, 2022) e *ENMTools* (WARREN *et al.*, 2022).

$$r_s = 1 - \frac{6 \times \sum D^2}{n \times (n^2 - 1)} \quad \text{Equação 15}$$

Onde, r_s é o coeficiente de Spearman (variando de -1 a +1 – correlação negativa perfeita a correlação positiva perfeita), n é a quantidade de variáveis analisadas e D^2 é a diferença quadrática entre os postos (BARBETTA, 2006c).

Os quatro planos de informação categóricos (unidades geológicas, geomorfológicas, de solos e geotécnicas) foram cruzados entre si (através da ferramenta “*Tabulate Area*”, disponível nas ferramentas Zonais do pacote de Análises Espaciais do ArcGIS Pro) e tiveram suas frequências anotadas, formando tabelas cruzadas no Excel.

Nesse *software* foram calculados os valores de qui-quadrado para os planos de informação categóricos.

A partir dos valores de qui-quadrado para cada par de variáveis categóricas, foi calculado o coeficiente V de *Cramér*, que aponta o grau de associação entre as variáveis, com valores variando entre 0 (associação fraca) e 1 (máxima associação). A formulação do V de *Cramér* é dada na Equação 16, onde k é o menor valor entre o número de linhas e colunas na tabela (BARBETTA, 2006a; BLAIKIE, 2003). O teste qui-quadrado tende a apontar relação entre as variáveis quando o tamanho da amostra é grande e o coeficiente V de *Cramér* remove esse efeito (SCHICKER; MOON, 2012).

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (k - 1)}} \quad \text{Equação 16}$$

Para testar a associação entre as variáveis e a ocorrência das diferentes tipologias de movimentos de massa de Vitória, o teste qui-quadrado foi usado, conforme Lee *et al.* (2018). A hipótese nula (H_0) é “a variável X (por exemplo, a orientação da vertente) é independente da ocorrência de movimento de massa”, enquanto a hipótese alternativa (H_1) é “a variável X (orientação da vertente) e a ocorrência de movimentos de massa não são independentes”, com nível de significância de 5%.

6.2.3 Cálculo de Perigo

As estimativas de perigo para Vitória foram feitas a partir do inventário de movimentos de massa, através de abordagem frequencista (COROMINAS *et al.*, 2014; COROMINAS; MOYA, 2008; FELL *et al.*, 2008). A abordagem frequencista de probabilidade de movimentos de massa foi escolhida em função da indisponibilidade e/ou incompletude dos dados horários de ocorrências, o que impossibilitou a correlação dos eventos com fatores gatilhos, como precipitação (CAINE, 1980).

A distribuição binomial pode ser aplicada quando os intervalos de tempo são discretos e apenas um evento ocorre durante esse intervalo (caso de análise de frequência de

enchentes anuais, por exemplo). A probabilidade anual de movimentos de massa que ocorre em média uma vez a cada T anos é dada pela Equação 17, onde T é o período de retorno do evento e λ é a frequência esperada de ocorrências futuras (COROMINAS; MOYA, 2008):

$$P(N = n; t = 1) = \frac{1}{T} = \lambda \quad \text{Equação 17}$$

A distribuição de *Poisson* é um caso limite da distribuição binomial, quando os incrementos temporais são pequenos (tendendo a 0), tornando a distribuição temporal contínua (COROMINAS; MOYA, 2008). Os pressupostos do modelo de distribuição de Poisson são:

- eventos (movimentos de massa) que ocorrem em intervalos separados de tempo são independentes;
- a probabilidade de um evento ocorrer em um intervalo muito curto de tempo é proporcional a duração do intervalo de tempo. A probabilidade de mais de um evento nesse curto intervalo de tempo é insignificante;
- a distribuição de probabilidade do número de eventos é a mesma para todos os intervalos de tempo de determinada duração (CROVELLI, 2000, p. 3, tradução nossa).

Ainda segundo o autor, alguns desses pressupostos não são totalmente válidos para movimentos de massa (principalmente o pressuposto de independência), porém o modelo de distribuição de *Poisson* continua válido como uma primeira aproximação para calcular ocorrências de eventos de movimentos de massa (CROVELLI, 2000).

Com a média de eventos de movimentos de massa registrados por ano (λ), pode-se calcular o tempo de retorno através da distribuição de *Poisson*, para cada bairro do município de Vitória.

A probabilidade anual de ocorrer n movimentos de massa durante o tempo t é dada pela Equação 18, onde e é o número de Euler (COROMINAS *et al.*, 2014; COROMINAS; MOYA, 2008; CROVELLI, 2000; GUZZETTI *et al.*, 2005):

$$P(N = n; t = 1) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad \text{Equação 18}$$

Inversamente, a probabilidade de um ou mais movimentos de massa acontecerem durante um período de tempo t , é dada pela Equação 19 (CROVELLI, 2000).

$$P(N \geq 1; t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad \text{Equação 19}$$

6.2.4 Cálculo do índice de vulnerabilidade social (SoVI®)

A vulnerabilidade social de uma região é influenciada por diversos fatores, sendo os principais: a limitação (ou dificuldade) no acesso a informações, educação e tecnologia; dificuldade (ou mesmo a ausência) de poder e representação política; capital social (forma como a sociedade se organiza socialmente); crenças, costumes e religiões; características do ambiente construído, como distribuição e idade das construções; a capacidade física dos indivíduos (quão frágeis ou limitados fisicamente são os habitantes); tipo e densidade das infraestruturas (saneamento, rede elétrica, comunicações, etc.) (BIRKMANN *et al.*, 2015; CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003; WISNER *et al.*, 2004).

O Quadro 8, de forma não exaustiva, traz as características populacionais do local que influenciam a vulnerabilidade social, com suas descrições, como influenciam na vulnerabilidade social (se aumentam ou diminuem a mesma) e fontes consultadas.

Quadro 8 – Características populacionais que influenciam a Vulnerabilidade Social, com descrição e forma de influência na vulnerabilidade (se atua aumentando “+” ou diminuindo “-”).

CARACTERÍSTICAS POPULACIONAIS	DESCRIÇÃO	FORMA DE INFLUÊNCIA
Situação socioeconômica (renda, poder político, prestígio)	A situação socioeconômica afeta a habilidade de absorver perdas e aumentar a resiliência a impactos de eventos danosos. A riqueza permite que comunidades absorvam e se recuperem de perdas mais rapidamente através de seguros, redes de segurança social e programas governamentais. No entanto, uma maior riqueza implica em mais bens materiais em risco (CUTTER, 1996a; WISNER <i>et al.</i> , 2004)	Alto <i>status</i> social (+/-) Baixa renda ou <i>status</i> (+)

CARACTERÍSTICAS POPULACIONAIS	DESCRIÇÃO	FORMA DE INFLUÊNCIA
Gênero	Mulheres, frequentemente, têm mais dificuldade durante a fase de recuperação por terem trabalhos em setores específicos (como serviços domésticos), menores salários e responsabilidades no cuidado da família. Além disso, mulheres (e, por vezes, crianças) são alvos de violências de gênero (como estupros e assédios) e são mais vulneráveis em situações de deslocamentos populacionais em massa. (CUTTER, 1995, 2017; MORROW, 1999; WISNER <i>et al.</i> , 2004)	Gênero (+)
Raça e etnia*	Impõem barreiras linguísticas e culturais, afetam acesso à fundos pós-desastre e favorecem a ocupação de áreas suscetíveis a eventos danosos (CARDOZO; MONTEIRO, 2019; GUILLARD-GONÇALVES <i>et al.</i> , 2015; HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016; MORROW, 1999; ZAMORA, 2012)	Não-brancos (+) Português como idioma não-nativo (+)
Idade	Extremos etários afetam movimentação para longe do perigo. Pais dispendem tempo e dinheiro com crianças quando creches são afetadas. Idosos podem ter mobilidade reduzida ou problemas de saúde que exigem mais cuidados, diminuindo sua resiliência (NGO, 2001; WISNER <i>et al.</i> , 2004)	Idosos (+) Crianças (+)
Fechamento de postos de trabalho	A potencial para perda de empregos após um desastre (devido à fechamento de comércios e indústrias) aumenta a quantidade de pessoas desempregadas numa comunidade. Diminuição de renda torna a recuperação mais lenta (WISNER <i>et al.</i> , 2004)	Perda de empregos (+)
Propriedade residencial	Valor, qualidade e densidade de construções residenciais afetam potenciais perdas e recuperação. Residências de maior valor custam mais para reconstruir; residências de baixa qualidade construtiva são facilmente destruídas e menos resilientes a eventos danosos (CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003).	Residências de baixa qualidade construtiva (+)
Aluguéis	Pessoas alugam residências por estarem em trânsito, não terem recursos para comprar um imóvel próprio ou não desejam a responsabilidade de ter um imóvel. Por vezes, locatários não tem informações sobre ajuda financeira durante a fase de recuperação. Em casos extremos, locatários não tem alternativas de abrigo quando o imóvel alugado se torna inabitável ou muito custoso (MORROW, 1999).	Locatários (+)
Ocupações	Algumas ocupações, especialmente as ligadas a atividades primárias/extrativistas, podem ser severamente afetadas por eventos danosos. Empregos do setor primário são os primeiros afetados durante desastres. Serviços não-especializados (como os de jardinagem, cuidados com crianças e limpeza	Carteira assinada (-) Sem-carteira assinada (+) Trabalho informal (+)

CARACTERÍSTICAS POPULACIONAIS	DESCRIÇÃO	FORMA DE INFLUÊNCIA
	doméstica) também sofrem com a insegurança financeira e queda em demanda de serviços (HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016).	Setor de serviços (+)
Estrutura familiar	Famílias com grande quantidade de dependentes ou famílias com um único responsável no domicílio, por vezes, tem recursos limitados para custear cuidados para os dependentes (como creches ou babás), precisando equilibrar responsabilidades profissionais com o cuidado com a família. Todos esses fatores afetam a capacidade de lidar com e se recuperar de eventos danosos (MORROW, 1999; WISNER <i>et al.</i> , 2004).	Famílias numerosas (+) Domicílios com um responsável (+)
Educação	É relacionada à <i>status</i> socioeconômico. Quanto maior o nível educacional (graduação e pós-graduação), maiores são os salários, enquanto menos educação leva a dificuldade no entendimento de informações de alerta e no acesso a informações de recuperação (HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016; MORROW, 1999).	Pouca educação (+) Educação superior (-)
Serviços médicos e acesso	O setor de saúde (incluindo médicos e hospitais) são essenciais na prestação de socorro pós-evento danoso. A distância de serviços médicos aumenta o tempo de resposta imediata e de longo prazo (MORROW, 1999).	Maior densidade de serviços médicos (-) Menor densidade de serviços médicos (+)
Dependência social	Pessoas totalmente dependentes em serviços sociais (como aposentadoria e pensões) para sobreviver já são economicamente e socialmente marginalizados e precisam de suporte adicional em período pós-evento danoso (HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016; MORROW, 1999; RONCANCIO; CUTTER; NARDOCCI, 2020).	Alta dependência (+) Baixa dependência (-)
Populações com necessidades especiais	São as pessoas em situação de rua, pessoas enfermas, pessoas encarceradas, pessoas institucionalizadas, pessoas de moradias transitórias (nômades), e, portanto, difíceis de identificar, medir e monitorar. No entanto, é o segmento social que invariavelmente é preterido em esforços de recuperação, em grande parte por serem indivíduos invisíveis (AKSHA <i>et al.</i> , 2019; GUILLARD-GONÇALVES <i>et al.</i> , 2015; MORROW, 1999).	Grande população com necessidades especiais (+) Baixa população com necessidades especiais (-)

*O IBGE trata essas características como Cor ou Raça.

Fonte: traduzido e adaptado de *Hazards & Vulnerability Research Institute* (HVRI, 2022), Cutter, Boruff e Shirley (2003) e The Heinz Center (2002).

Considerando aplicações anteriores do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI®) no Brasil (CARDOZO; MONTEIRO, 2019; HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016; RONCANCIO; NARDOCCI, 2016), 44 variáveis foram coletadas do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2012), conforme exposto no Quadro 9. A data de

referência do Censo Demográfico de 2010 é 31/07/2010 e o salário mínimo da época era R\$ 510,00 (IBGE, 2010).

Quadro 9 – Conceitos, códigos e descrições das variáveis coletadas do Censo Demográfico de 2010 para Vitória/ES.

CONCEITO	CÓDIGO DA VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
Status socioeconômico	V01	Renda mensal de domicílios improvisados (ex.: barracos)
	V02	% de domicílios sem renda mensal per capita
	V03	% de domicílios com renda mensal per capita inferior a 1/8 de salário-mínimo (R\$ 63,75)
	V04	% de domicílios com renda mensal per capita entre 1/8 e 1/4 de salário-mínimo (R\$ 63,75 - R\$ 127,50)
	V05	% de domicílios com renda mensal per capita entre 1/4 e 1/2 de salário-mínimo (R\$ 127,50 - R\$ 255)
	V06	% de domicílios com renda mensal per capita entre 1/2 e 1 salário-mínimo (R\$ 255 - R\$ 510)
	V07	% da população morando em residências multifamiliares
	V08	Média de residentes por moradia
	V09	Renda per capita
Gênero	V10	% de mulheres
	V11	% de mulheres na força de trabalho
	V12	Razão de rendimentos mensais entre mulheres e homens
Cor ou raça	V13	% da população de cor ou raça branca
	V14	% da população de cor ou raça preta
	V15	% da população de cor ou raça amarela
	V16	% da população de cor ou raça parda
	V17	% da população de cor ou raça indígena
Idade	V18	Mediana de idade
	V19	Razão de dependência (% da população menor de 5 e acima de 65 anos)
Densidade populacional	V20	Densidade populacional
Ocupação	V21	% de trabalhos no setor primário (agricultura, pecuária, pesca, aquicultura, silvicultura)
	V22	% de trabalhos no setor extrativista (carvão, petróleo, gás, minerais e setores de apoio)
	V23	% de trabalhos no setor de indústria de transformação
	V24	% de trabalhos no setor de saúde e serviço social
	V25	% de trabalhos no setor de serviços
	V26	% de trabalhos no serviço público
	V27	% de trabalhadores sem carteira de trabalho assinada
Locatários	V28	% da população em moradias alugadas
	V29	Mediana do valor pago em aluguéis
	V30	% da população em moradias próprias
Estrutura familiar	V31	% de moradias com responsabilidade de mulher
Educação	V32	% da população sem ensino médio completo
	V33	% da população analfabeta
Dependência social	V34	% da população recipiente de aposentadoria ou pensões
	V35	% da população recipiente de Bolsa Família ou Programa de Erradicação do Trabalho Infantil
População com deficiências	V36	% da população com algum grau de dificuldade permanente em enxergar, escutar, se locomover ou mental/intelectual
	V37	% da população com deficiência permanente (visual, auditiva, motora, mental/intelectual)

CONCEITO	CÓDIGO DA VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
Estrutura das moradias	V38	% de moradias sem abastecimento de água da rede geral
	V39	% de moradias com banheiro, mas sem esgotamento ligado à rede geral
	V40	% de moradias sem banheiro de uso exclusivo dos moradores
	V41	% de moradias sem coleta de lixo
	V42	% de moradias sem energia elétrica
	V43	% de moradias com paredes externas de baixa qualidade/resistência
Migração	V44	% da população estrangeira

Fonte: organizado pela autora.

Variáveis disponíveis em escala de áreas de ponderação tiveram seus valores atribuídos aos setores censitários. Essas variáveis são as seguintes: V07, V11, V21 a V27, V29, V32 a V37, V43 e V44. Os *outliers* detectados (16 valores, representando 0,064% dos dados) foram substituídos pela mediana da variável afetada, já que a média é afetada por dados extremos (OTT; LONGNECKER, 2016b).

Três setores censitários foram removidos das análises por não serem ocupados (dois em área de manguezal, na região da Ilha do Lameirão, e um na região do Aeroporto), enquanto um setor na regional V – Praia do Canto, bairro Enseada do Suá, foi removido por não ter informações (*missing data*).

Para testar como as variáveis se relacionam e para prevenir eventuais sobreposições de dados, foi realizada a análise de correlação usando o τ -b de Kendall, conforme (GUILLARD-GONÇALVES *et al.*, 2015). Variáveis com valores de τ superiores a +0,7 e inferiores a -0,7 foram analisadas. Quando duas variáveis no mesmo conceito apresentam correlação alta, uma delas é eliminada.

No conceito de Cor ou Raça, por exemplo, a variável V13 (relativa à população de cor branca) e a V16 (relativa à população de cor parda) tem valor τ -b de -0,869. A variável V13, foi, portanto, suprimida das etapas seguintes.

No conceito de Ocupação, diversas variáveis se relacionam fortemente. A variável V23 (trabalhos no setor industrial) têm coeficientes τ -b +0,852 com a variável V25 (trabalhos no setor de serviços) e +0,787 com a variável V27 (trabalhadores sem carteira assinada), e, portanto, foi suprimida.

A variável V24 (relativa à trabalhos no setor de saúde e serviço social), foi suprimida por ser fortemente relacionada à V26 (trabalhos no serviço público), com coeficiente τ -b de +0,820.

A variável V25 (trabalhos no setor de serviços) tem forte relação com a variável V27, com coeficiente τ -b +0,862, e foi eliminada das etapas seguintes de processamento.

Outras variáveis, como as V07 (residências multifamiliares) e V43 (relativa à qualidade das paredes externas), apesar de altamente correlacionadas (+0,809), representam conceitos distintos (Status Socioeconômico e Estrutura das Moradias) e não foram eliminadas.

As 40 variáveis restantes foram normalizadas (através de escores z) e usadas como dados de entrada na Análise de Componentes Principais (ACP), método de análise fatorial para detectar padrões latentes entre variáveis e determinar se as informações podem ser resumidas (ou reduzidas) a um menor conjunto de fatores (HAIR JR. *et al.*, 2009). O procedimento de construção do SoVI utiliza a ACP para identificação de fatores que caracterizam a vulnerabilidade de uma dada região.

Os componentes principais foram selecionados com base no critério de Kaiser, ou seja, componentes com autovalores (raiz latente, ou a variância explicada por um fator) maiores que 1 foram mantidos. A rotação da matriz fatorial usada foi a Varimax, que visa facilitar ao máximo a interpretação dos fatores (CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003; HAIR JR. *et al.*, 2009).

As variáveis com cargas fatoriais de valor absoluto maior que 0,7 na matriz de componentes foram usadas para nomear e interpretar as componentes e suas cardinalidades (em casos excepcionais, valores absolutos de 0,5 foram considerados). A classificação do SoVI foi feita através de desvios-padrões.

Para testar a hipótese de agrupamento espacial do Índice de Vulnerabilidade Social em Vitória, foram utilizados o índice global de Moran (ou *Global Moran's I*) e o LISA (*Local Indicator of Spatial Association*, Indicador Local de Associação Espacial) (ANSELIN, 2020a, b).

O índice global de Moran é uma das formas mais comuns de se calcular a autocorrelação espacial (ANSELIN, 2020a). Valores próximos a 0 indicam ausência de padrão espacial, enquanto valores próximos de +1 indicam autocorrelação positiva (valores altos próximos de outros valores altos e valores baixos próximos de outros valores baixos) e valores próximos a -1 indicam autocorrelação negativa (valores altos próximos de valores baixos e vice-versa) (ROGERSON, 2012).

A contiguidade binária usada é a do tipo “rainha”, segundo a qual basta um ponto de contato entre áreas para que sejam consideradas contíguas (ROGERSON, 2012), usada em outros estudos (BORDEN; CUTTER, 2008; FRIGERIO *et al.*, 2018; RONCANCIO; NARDOCCI, 2016). Na ferramenta *Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)* do ArcGIS Pro, essa opção de contiguidade é chamada “*Contiguity_Edges_Corners*” (ESRI, 2022d).

O índice global de Moran, portanto, indica apenas se há agrupamento dos dados. A hipótese nula (H_0) é de que a vulnerabilidade social de Vitória apresenta distribuição espacial aleatória, enquanto as hipóteses alternativas são (H_1) a vulnerabilidade social é dispersa e (H_2) a vulnerabilidade social é agrupada.

O LISA, por sua vez, indica onde estão os agrupamentos de valores baixos e altos e os locais com diferenças pronunciadas (chamados *outliers* espaciais). A ferramenta *Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I)* do ArcGIS Pro foi utilizada para esse teste, com a contiguidade do tipo rainha e 9999 permutações (ESRI, 2022a).

6.2.5 Cálculo de Risco

O mapa de risco a movimentos de massa para o período de um ano foi calculado a partir da multiplicação dos mapas de suscetibilidade (probabilidade espacial), perigo (probabilidade temporal) e vulnerabilidade social, conforme a Equação 20. Os planos de informações de suscetibilidade e vulnerabilidade social foram normalizados, para que variem de 0 a 1, sendo que antes o plano de informação de vulnerabilidade social foi transformado em *raster*.

$$\text{Risco} = \text{Suscetibilidade} \times \text{Perigo} \times \text{Vulnerabilidade Social} \quad \text{Equação 20}$$

A classificação foi feita através de *natural breaks*, conforme o Índice Nacional de Risco dos Estados Unidos (ZUZAK *et al.*, 2021). As cores utilizadas no mapa de risco foram adaptada das propostas contidas no “Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa”, do Projeto GIDES (2018), fruto de parceria

entre os governos do Brasil e Japão, e no “Plano Municipal de Redução de Risco de Vitória” (VITÓRIA, 2022). Como originalmente proposto no “Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios” (BRASIL, 2007), o risco é classificado em quatro classes, de baixo (R1) a muito alto (R4), conforme exibido no Quadro 10.

Quadro 10 – Classificação de risco de movimentos de massa adotada, com as cores da legenda.

RISCO	DESCRIÇÃO
BAIXO OU INEXISTENTE (R1)	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de movimentos de massa. Ausência de indícios de instabilidade no terreno; alto nível de resistência das construções. Mantidas as condições existentes (inclusive a média de chuva) para o local, é baixa ou inexistente a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa no período de um ano.
MÉDIO (R2)	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de movimentos de massa. Indícios pouco claros de instabilidade no terreno; alto a moderado nível de resistência das construções. Mantidas as condições existentes (inclusive a média de chuva) para o local, é moderada a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa no período de um ano.
ALTO (R3)	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de movimentos de massa. Indícios claros de instabilidade no terreno; baixo a moderado nível de resistência das construções. Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. Mantidas as condições existentes (inclusive a média de chuva) para o local, é alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa no período de um ano.
MUITO ALTO (R4)	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de movimentos de massa. Presença marcante de indícios de instabilidade no terreno (trincas no solo, degraus de abatimentos, trincas em moradias e/ou muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamentos), em grande número ou magnitude; baixo nível de resistência das construções. Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento, não sendo possível monitorar a evolução do processo. Mantidas as condições existentes (inclusive a média de chuva) para o local, é muito alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa no período de um ano.

Fonte: adaptado de Projeto GIDES (2018) e Vitória (2022).

O cálculo das áreas de risco para cada bairro foi realizado através da ferramenta *Tabulate Area* (do pacote de ferramentas de análises espaciais, *Spatial Analysis Tools*).

As informações demográficas agregadas para os bairros foram retiradas do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), através das tabelas 1134, 1378, 1381, 3175 e 3213 (IBGE, 2022a).

Para calcular a população exposta, as classes de risco foram agregadas (pela mediana) a nível de setor censitário, através da ferramenta *Zonal Statistics*. Assim, cada setor censitário recebeu a classificação de risco equivalente à mediana das classes presentes nele.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE MOVIMENTOS DE MASSA EM VITÓRIA

Os anos com maior número de laudos geológico-geotécnicos registrados em Vitória são, em ordem decrescente: 2013 (145 registros), 2014 (140), 2017 (131), 2009 (123), 2015 (120) e 2001 (106), conforme Tabela 10. Os anos com menor quantidade de laudos registrados, por sua vez, são: 2007 (13 registros), 2006 (19), 2018 (44), 2010 (49) e 2008 (54). A distribuição espacial dos laudos registrados, por ano, está na Figura 49.

Tabela 10 – Laudos geológico-geotécnicos registrados pela MAPENCO, com divisão entre laudos de ocorrência (O) e de possibilidade de ocorrência (P).

ANO	OCORRÊNCIA	POSSIBILIDADE DE OCORRÊNCIA	TOTAL
1999	48	35	83
2000	26	62	88
2001	31	75	106
2002	18	52	70
2003	21	43	64
2004	44	50	94
2005	26	43	69
2006	2	17	19
2007	7	6	13
2008	17	37	54
2009	38	85	123
2010	12	37	49
2011	29	38	67
2012	40	43	83
2013	75	70	145
2014	64	76	140
2015	15	105	120
2016	8	83	91
2017	27	104	131
até abril/2018	13	31	44
TOTAL	561	1092	1653

Fonte: organizado pela autora.

Figura 49 – Distribuição espacial dos laudos geológico-geotécnicos registrados pela MAPENCO, entre 1999-2018, em Vitória.



- Ocorrência
- Possibilidade de Ocorrência

LAUDOS DE MOVIMENTOS DE MASSA POR ANO
Vitória/ES

Fonte: IJSN (2015); Projeto MAPENCO (2018)
Organização: Julia F. Effgen

Fonte: organizado pela autora.

Os laudos registrados pelo Projeto MAPENCO (2018) em Vitória não trazem informações detalhadas de magnitude ou formato dos movimentos de massa. Essas informações são importantes para análises morfométricas das áreas de origem, de tamanho e da trajetória dos corpos movimentados, como as feitas por Carrara e Merenda (1976) na Itália e Dai e Lee (2002) em Hong Kong, por exemplo, e recomendadas por Chacón *et al.* (2006) e Corominas *et al.* (2014).

Ademais, as informações dos laudos apresentam apenas um par de coordenadas, com representação pontual em SIG (Sistemas de Informações Geográficas), como demonstrado na Figura 49. Apesar de não ser impeditivo para análises aprofundadas, informações pontuais não trazem a riqueza de detalhes que polígonos podem fornecer (como a separação de crista, corpo e base do movimento de massa e profundidade do movimento) (DIAS; HÖLBLING; GROHMANN, 2021a), mas são alternativa viável e de baixo custo de criação e manutenção de banco de dados.

No caso específico de Vitória, interpretação de imagens de satélite, fotografias aéreas ou cartas topográficas não são viáveis para construção de inventário de movimentos de massas, como sugerido por Guzzetti *et al.* (2012) porque a ocupação urbana é muito adensada e as marcas deixadas pelos movimentos são recobertas. Levantamentos de campo para mapeamento e catálogo das cicatrizes, por outro lado, exigem acesso a áreas que podem ser perigosas, com confrontos entre policiais e criminosos recorrentes. Como notado por Dias, Hölbling e Grohmann (2021a), no Brasil não existe padronização para mapeamento de movimentos de massa e posterior construção de banco de dados, tornando as informações pulverizadas.

O inventário de eventos de movimentos de massa aqui apresentado não se pretende completo, pois apenas os laudos registrados pelo Projeto MAPENCO foram considerados, sem uso de outras fontes de informações, como jornais e bancos de dados de outras entidades, como o Corpo de Bombeiros, como feito por Salaroli (2003).

As análises realizadas a partir do inventário de laudos geológico-geotécnicos do Projeto MAPENCO (2018) foram feitas apenas com os anos completos, ou seja, entre 1999 e 2017 – assim, são 548 laudos de ocorrência e 1.061 laudos de possibilidade de ocorrência.

O Gráfico 2 traz a comparação entre os laudos de ocorrência (O) e possibilidade de ocorrência (P) registrados pela MAPENCO, a média de precipitação anual registrada em Vitória e a precipitação de cada ano.

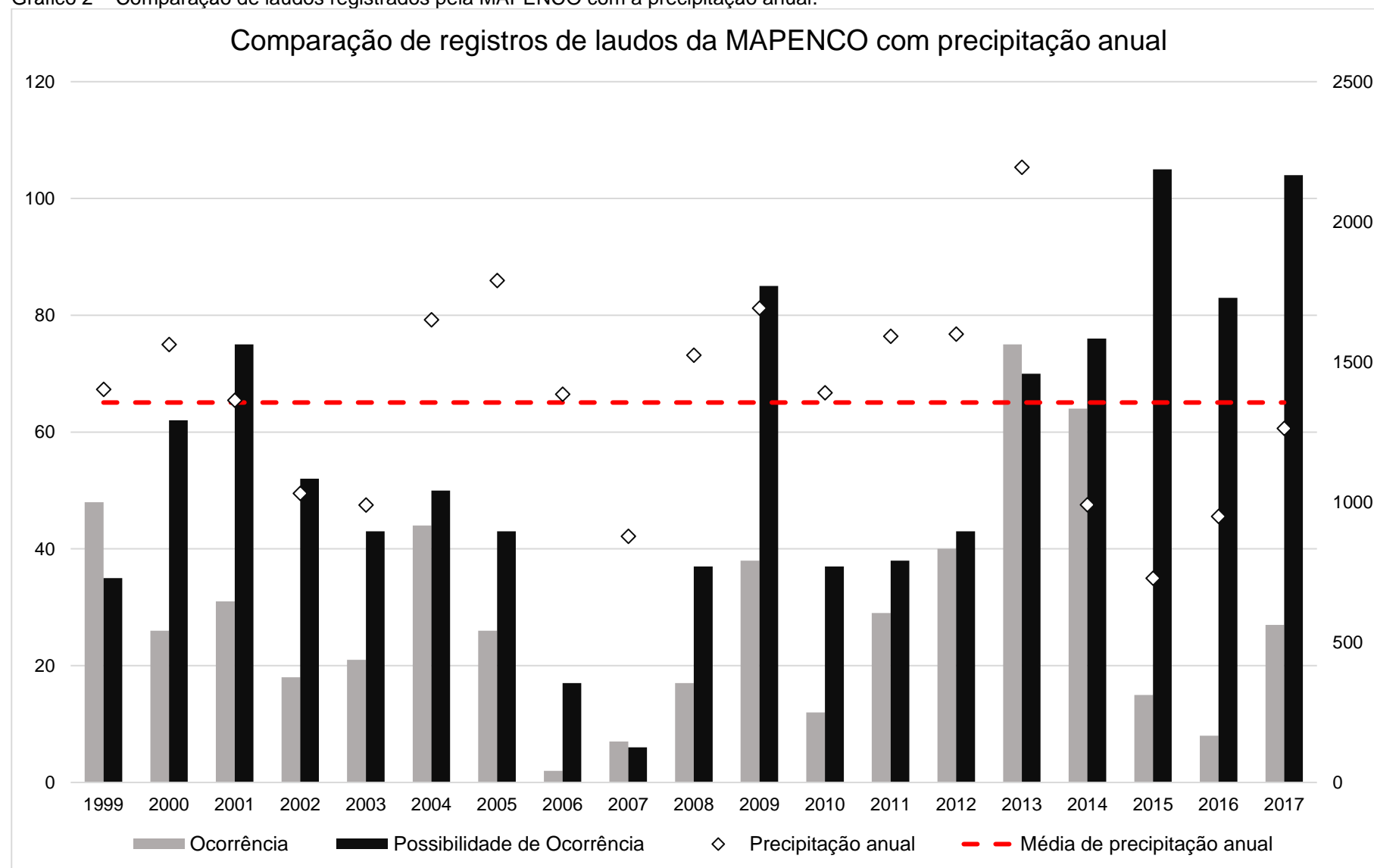
O ano de 2013 foi o que teve maior quantidade de laudos registrados no período analisado, com 75 ocorrências e 70 possibilidades de ocorrência. Conforme mostrado no Gráfico 2, também foi o ano com maior precipitação anual, tendo registrado 2194,6 mm (o que representa 839,2 mm acima da precipitação média anual).

A precipitação apenas no mês de dezembro somou 713,9 mm em Vitória, estando associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). As ZCAS são as principais responsáveis pelas precipitações intensas na capital capixaba, podendo causar grandes prejuízos sociais e econômicos (MARCHIORO; SILVA; CORREA, 2016). A anomalia positiva foi de 570,6 mm de precipitação somente em Vitória e um evento extremo como este tem chance de ocorrer uma vez a cada 100 anos (SILVA *et al.*, 2014).

Os anos de 2014, 2015, 2016 e 2017, apesar de terem precipitação abaixo da média anual, tiveram grandes quantidades de laudos de possibilidade de ocorrência registrados (respectivamente, 76, 105, 83 e 104 laudos). A elevada precipitação do ano de 2013 pode ser apontada como causadora do aumento de laudos de possibilidade nos anos subsequentes, uma vez que a população fica temerosa em relação a ocorrência de movimentos de massa em períodos chuvosos e passa a acionar mais a Defesa Civil e órgãos competentes para vistorias. Tal comportamento já tinha sido apontado por Salaroli (2003).

A mesma tendência de aumento nos chamados para vistoria acompanhando precipitação anual se verifica no ano de 2009. O ano de 2007 teve precipitação abaixo da média (878 mm) e poucos laudos registrados (7 de ocorrência e 6 de possibilidade), enquanto os anos de 2008 e 2009 tiveram precipitação superiores à média anual (1524,3 mm e 1570,7 mm, respectivamente) e aumento no registro de laudos (com 17 ocorrências e 37 possibilidades em 2008; e 38 ocorrências e 85 possibilidades em 2009).

Gráfico 2 – Comparação de laudos registrados pela MAPENCO com a precipitação anual.



Fonte: elaborado pela autora.

Por outro lado, a redução de índices pluviométricos – como os verificados em 2002 e 2003 (1030,5 mm e 989,1 mm, respectivamente), frente ao registrado em 2001 (1362,8 mm) – implicam em redução na quantidade de laudos de ocorrência (18 e 21 em 2002 e 2003).

A análise de correlação de *Spearman* revela uma relação positiva significativa moderada entre os registros de ocorrências e a precipitação anual ($r_s=0,575$, $p=0,010$), enquanto entre os registros de possibilidades de ocorrências e a precipitação anual não há relação significativa.

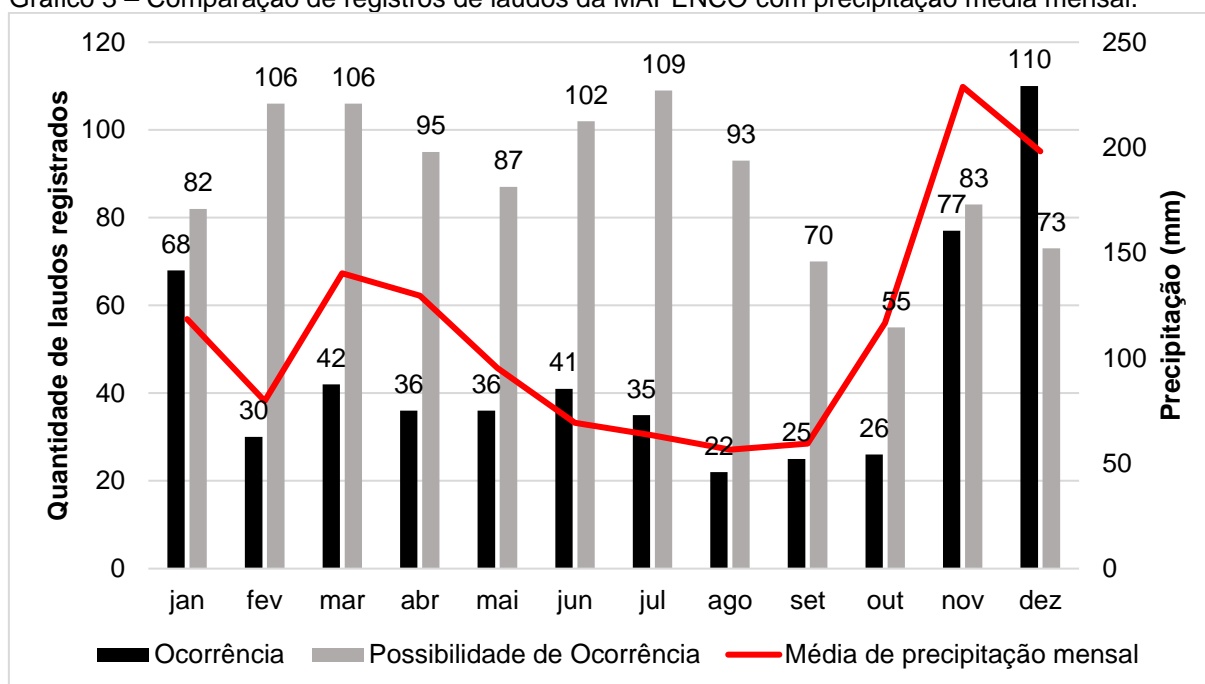
Comportamento similar de aumento de ocorrência de movimentos de massa em anos mais úmidos foram encontrados por Qiu *et al.* (2019, 2020) na China, Pereira *et al.* (2014) em Portugal e Görüm e Fidan (2021) na Turquia, por exemplo.

Variações anuais de precipitação e, por consequência, a ocorrência de movimentos de massa, podem derivar de sistemas climáticos como as já mencionadas Zonas de Convergências do Atlântico Sul, El Niño e La Niña (FROUDE; PETLEY, 2018; SEPÚLVEDA; PETLEY, 2015; SEPÚLVEDA; REBOLLEDO; VARGAS, 2006). Os comportamentos de eventos como El Niño e La Niña influenciam na regularidade da distribuição e intensidade da precipitação em regiões inteiras do Brasil. O El Niño, por exemplo, tende a trazer anomalias positivas de chuvas no centro-sul brasileiro, enquanto a La Niña traz anomalias negativas de chuvas à mesma região (CAI *et al.*, 2020).

A quantidade de laudos registrados pode ter relação com investimentos realizados pela Prefeitura Municipal de Vitória em obras estruturais de prevenção e contenção de movimentos de massa e nas secretarias ligadas a esses eventos, como a Defesa Civil e a Secretaria Municipal de Obras e Habitação. Amaral (1996) aponta esse comportamento em sua análise de inventário de movimentos de massa no Rio de Janeiro no período de 1938-1996. Anos com poucos registros de movimentos de massa, como 1966 e o período de 1971 a 1985, não tinham órgãos específicos responsáveis pelo controle destes eventos ou os que existiam eram sucateados. Por outro lado, o aumento nos registros de eventos de movimentos de massa a partir de 1988 em relação a anos anteriores é ligado a melhorias na organização da GEO-RIO (Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro) e obras de contenção.

O Gráfico 3 traz os laudos de ocorrência e possibilidade registrados mensalmente entre 1999 e 2017 em comparação com as médias de precipitação mensais de Vitória. Quando analisada mensalmente, a relação entre pluviosidade média e a quantidade de registros de ocorrências é significativa e muito forte ($r_s=0,814$, $p=0,001$), enquanto a relação de possibilidades e pluviosidade média mensal é insignificante.

Gráfico 3 – Comparação de registros de laudos da MAPENCO com precipitação média mensal.



Fonte: elaborado pela autora.

Entre os meses úmidos, de novembro a janeiro, há um crescente nos laudos de ocorrências, com pico retardado de registros de ocorrências em dezembro em relação a maior pluviosidade média (novembro). Esse comportamento pode ser explicado pelas variações de precipitação mensal em Vitória que se relacionam à passagem de sistemas frontais e formações de ZCAS (GOULART, 2005; MARCHIORO, 2012), que favorecem eventos pluviométricos de alta intensidade e, por vezes, de longa duração. Estes eventos pluviométricos aumentam o peso dos solos, atuam na diminuição da coesão dos solos, através da infiltração, aumentam a poro-pressão, diminuem o atrito nos contatos solo-solo e solo-rocha e, finalmente, levam as encostas a situações limites de estabilidade.

Os meses mais secos (período entre junho e agosto), por sua vez, tem baixa quantidade de ocorrências, mas tem grandes quantidades de laudos de

possibilidades. A estação seca, possivelmente, facilita a ida a campo pelas equipes técnicas para vistoriar diversos locais, sem emergências ocorrendo simultaneamente.

A relação positiva de ocorrência de movimentos de massa e precipitação mensal já foi investigada em pesquisas no mundo inteiro, como na China (LIN; WANG, 2018; QIU *et al.*, 2019, 2020; ZHANG; HUANG, 2018), Colômbia (ARISTIZÁBAL; SÁNCHEZ, 2020), Hong Kong (CHAU *et al.*, 2004), Itália (GARIANO *et al.*, 2021), Portugal (PEREIRA *et al.*, 2014), Turquia (GÖRÜM; FIDAN, 2021) e em escala global (FROUDE; PETLEY, 2018; KIRSCHBAUM; STANLEY; ZHOU, 2015).

7.1.1 Tipologias mais recorrentes e distribuição espacial

A tipologia de movimentos de massa mais recorrente em Vitória é a de escorregamentos translacionais, com 488 laudos registrados, representando 89,05% de todos os eventos registrados entre 1999 e 2017 (Tabela 11).

Tabela 11 – Contagem e porcentagem de tipologias de movimentos de massa nos laudos registrados em Vitória, entre 1999-2017.

TIPOLOGIAS DE MOVIMENTOS DE MASSA NOS LAUDOS REGISTRADOS (1999-2017)	CONTAGEM	%
Corridas	4	0,73%
Escorregamentos translacionais	488	89,05%
<i>Escorregamento translacional</i>	312	56,93%
<i>Escorregamento translacional; corrida</i>	6	1,09%
<i>Escorregamento translacional; queda e rolamento de blocos</i>	162	29,56%
<i>Escorregamento translacional; queda e rolamento de blocos; corrida</i>	6	1,09%
<i>Escorregamento translacional; rastejo</i>	2	0,36%
Quedas e rolamentos de blocos	52	9,49%
<i>Queda e rolamento de blocos</i>	41	7,48%
<i>Queda e rolamento de blocos; escorregamento translacional</i>	11	2,01%
Rastejos	3	0,55%
<i>Rastejo</i>	1	0,18%
<i>Rastejo; escorregamento translacional</i>	1	0,18%
<i>Rastejo; escorregamento translacional; queda e rolamento de blocos</i>	1	0,18%
Recalque; erosão costeira	1	0,18%
Total	548	100%

Fonte: organizado pela autora.

A segunda tipologia mais recorrente é a de quedas e rolamentos de blocos, com 52 eventos em 18 anos de registros – cerca de 9,5% dos laudos. As duas tipologias

supracitadas somam 98,5% dos eventos de movimentos de massa registrados na capital.

As tipologias menos registradas são as de corrida e rastejos, com 4 e 3 laudos, respectivamente. Um laudo (073/2016) registrou processo erosivo costeiro, no qual um calçadão sofreu recalque após a retirada do material de fundação por ação de ondas.

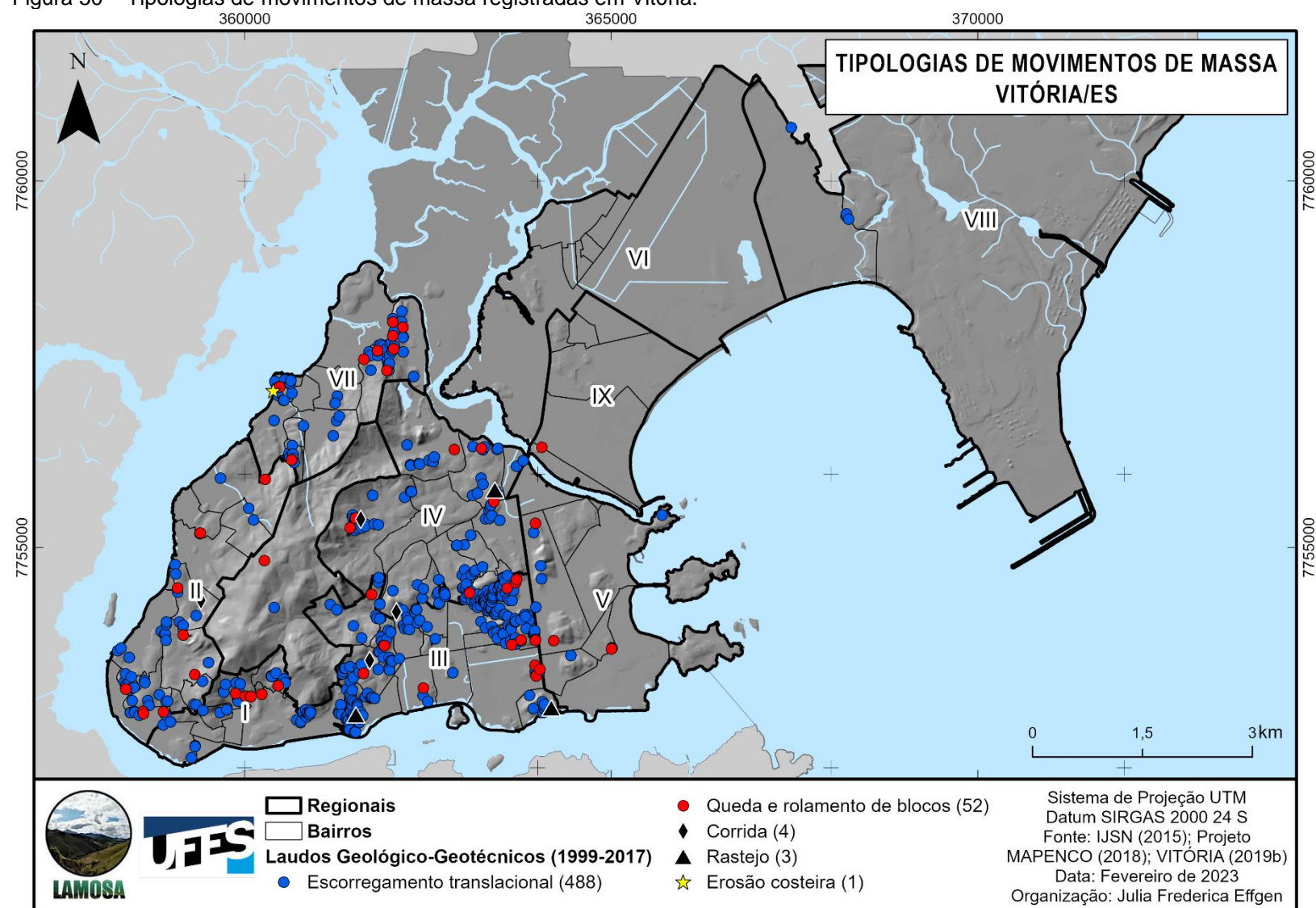
Os resultados descritos acima concordam com os encontrados por Salaroli (2003) em análise de inventário de Vitória, usando informações coletadas com o Projeto MAPENCO, Corpo de Bombeiros e Defesa Civil. A predominância de escorregamentos translacionais sobre as outras tipologias também foi identificada na análise de inventário realizada por Amaral (1996) na cidade do Rio de Janeiro.

A Figura 50 traz a distribuição dos laudos registrados de ocorrência de movimentos de massa de Vitória. Os escorregamentos translacionais e quedas de blocos são fortemente associados ao Maciço Central de Vitória e às colinas costeiras, sendo que apenas 5 eventos ocorreram na porção continental do município: quatro escorregamentos, localizados no contato da planície aluvial com os tabuleiros costeiros, e uma queda de blocos associada a um afloramento rochoso na planície aluvial.

Os eventos de corridas estão associados às encostas do Maciço Central de Vitória, sendo três na face leste e uma na face oeste, em áreas urbanas. Os rastejos, por sua vez, se localizam em vertentes ocupadas ao redor do Maciço Central e colinas costeiras, voltadas à leste e sudeste.

Das 548 ocorrências registradas, apenas uma apresenta fatalidades (020/1999), no qual um escorregamento translacional ocorrido durante a noite, no bairro Centro, vitimou duas crianças. Outros três laudos de escorregamentos translacionais, registrados no Centro (1) e Gurigica (2), relatam histórico de fatalidades em eventos passados.

Figura 50 – Tipologias de movimentos de massa registradas em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

Em comparação com outros locais, os eventos de movimentos de massa em Vitória são diminutos, já que não provocam mortes ou danos generalizados evidentes na paisagem, como os registrados no Megadesastre de 2011 da Região Serrana do Rio de Janeiro (DOURADO; ARRAES; SILVA, 2012). No entanto, os movimentos de massa, mesmo quando pequenos, tem ação disruptiva no cotidiano de uma população, causando interrupções na normalidade de atividades comerciais, alterando temporariamente vias urbanas e causando danos às moradias (BOWMAN, 2015).

A Tabela 12 tem a contagem dos laudos de ocorrências (divididos por tipologias) registrados em cada regional administrativa. As regionais com mais ocorrências são III – Jucutuquara (com 225 registros), IV – Maruípe (111), VII – São Pedro (73) e II – Santo Antônio (70). Essas regionais estão todas ao redor do Maciço Central de Vitória, sendo que Jucutuquara e Maruípe estão na face leste e São Pedro e Santo Antônio estão na face oeste. O caso de erosão costeira foi registrado na Regional VII - São Pedro e retirado da tabela para facilitar a leitura.

Tabela 12 – Laudos de movimentos de massa registrados por regionais de Vitória.

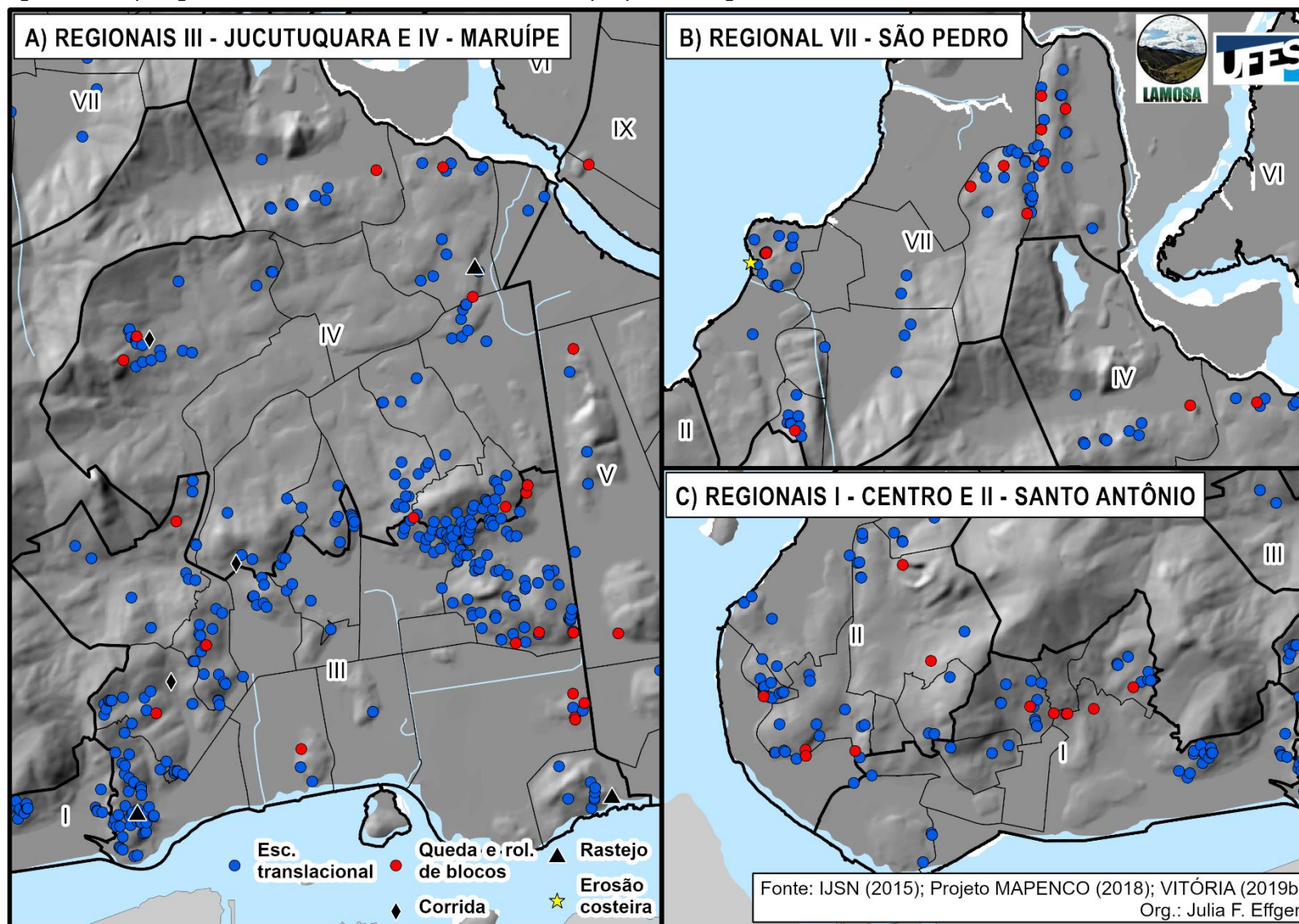
REGIONAL ADMINISTRATIVA	CORRIDA	ESCORREGAMENTO TRANSLACIONAL	QUEDA E ROLAMENTO DE BLOCO	RASTEJO	TOTAL
I – Centro		45	6		51
II – Sto. Antônio	1	58	11		70
III – Jucutuquara	1	207	15	2	225
IV – Maruípe	2	102	6	1	111
V – P. do Canto		8	3		11
VI – Goiabeiras					0
VII – São Pedro		63	9		73
VIII – J. Camburi		4			4
IX – J. da Penha			1		1
Maciço Central		1	1		2
Total	4	488	52	3	548*

*Um caso de recalque/erosão costeira foi registrado em VII - São Pedro.

Fonte: organizado pela autora.

Dois movimentos de massa foram registrados fora de bairros e regionais: um escorregamento translacional e uma queda de blocos ocorridos na área do Parque Estadual da Fonte Grande, no Maciço Central de Vitória.

Figura 51 – Tipologias de movimentos de massa, com destaque para as regiões mais afetadas em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

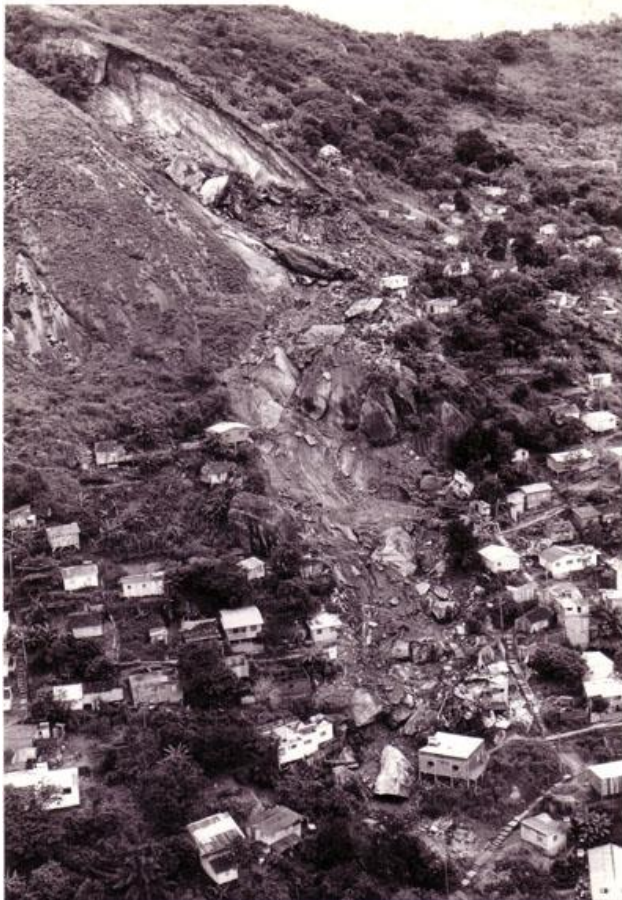
As regionais com as menores quantidades de laudos registrados são as de Jardim Camburi (4 casos) e Jardim da Penha (1), sendo que Goiabeiras não tem registros. Essas regionais estão associadas a terrenos planos, formados por depósitos sedimentares, com alguns afloramentos rochosos (caso de Jardim da Penha) e contato com tabuleiros costeiros (caso de Jardim Camburi).

O painel a) na Figura 51 destaca onde estão os movimentos de massa registrados nas regionais III – Jucutuquara e IV – Maruípe. Os maiores agrupamentos na regional III – Jucutuquara são de escorregamentos translacionais e se localizam nos bairros Forte São João, Romão e Cruzamento, nas encostas das faces sul e leste do Maciço Central de Vitória. Nas vertentes das colinas costeiras, os escorregamentos translacionais também se sobressaem, com agrupamentos nos bairros de Consolação e Gurigica, próximos à regional IV – Maruípe e V – Praia do Canto. A área plana da regional III é formada por aterros e, portanto, não tem registros de movimentos de massa.

Na regional IV – Maruípe, se destacam as ocorrências nos bairros próximos à regional III – Jucutuquara, como São Benedito e Bonfim, em uma colina costeira conhecida como Morro de São Benedito. Na encosta leste-nordeste do Maciço Central, há um agrupamento de ocorrências (incluindo uma corrida) no bairro Tabuazeiro, na área conhecida como Morro do Macaco.

Esta região de Tabuazeiro foi onde ocorreu o mais famoso caso de movimento de massa em Vitória, conhecido como tragédia do Morro do Macaco (Figura 52), na qual a queda de um bloco rochoso de 150 toneladas causou um movimento de massa com volume estimado em 7200m^3 , em janeiro de 1985. Quarenta pessoas morreram (dentre eles, muitas crianças e idosos), 150 ficaram feridas e 600 famílias ficaram desabrigadas (GOULART, 2005; NUNES; BARCELOS, 2019).

Figura 52 – Vista aérea do Morro do Macaco, após o movimento de massa de 1985.



Fonte: Nogueira (1985).

O painel b) da Figura 51 destaca a regional VII – São Pedro, ao norte da ilha de Vitória, onde as ocorrências se concentram nos bairros de Conquista e Resistência, associadas ao limite norte do Maciço Central, e Ilha das Caieiras. As encostas nessas áreas são formadas predominantemente por afloramentos rochosos, solos residuais e depósitos de tálus.

As ocorrências das regionais I – Centro e II – Santo Antônio são destacadas no painel c) da Figura 51. Os movimentos de massa na regional Santo Antônio se concentram na face oeste do Maciço Central, com destaque para os bairros de Ariovaldo Favalessa e Caratoíra. Nessas duas áreas predominam as unidades geotécnicas de solos residuais e depósitos de tálus. Na regional Centro, diversos escorregamentos se concentram nas faces voltadas ao sul, nas encostas do Maciço Central. Os bairros mais afetados são Centro, Morro do Moscoso e Fonte Grande.

O Anexo A têm a contagem das ocorrências, por tipologias, discretizadas pelos bairros e regionais administrativas. Os bairros e regionais administrativas sem ocorrências, como os bairros da regional VI – Goiabeiras, foram suprimidos.

7.1.2 Fatores causais preparatórios e gatilhos

A Tabela 13 traz a contagem individual de fatores causais preparatórios dos laudos geológico-geotécnicos de ocorrência de movimentos de massa em Vitória, conforme a proposta de Popescu (1994). Os percentuais foram calculados em relação ao total de laudos de ocorrência analisados ($n = 548$).

Tabela 13 – Contagem de fatores causais preparatórios descritos nos laudos de ocorrências (percentagens calculadas em relação ao total de laudos, $n = 548$).

FATORES CAUSAIS PREPARATÓRIOS		#	%
4.5	Manutenção defeituosa do sistema de drenagem	531	96,90%
1.4	Material intemperizado	450	82,12%
4.1	Escavação da encosta ou na sua base	449	81,93%
4.2	Sobrecarga da encosta ou no seu topo	383	69,89%
1.9	Contraste de permeabilidade e seus efeitos subsuperficiais	332	60,58%
4.9	Criação de aterros de material solto	183	33,39%
1.6	Junção de material fissurado	135	24,64%
4.6	Vazamento de água de serviços de esgoto e/ou drenagem	41	7,48%
4.7	Remoção de vegetação (desmatamento)	18	3,28%
4.8	Mineração e extração de rochas (crateras abertas ou galerias subterrâneas)	7	1,28%
4.10	Vibração artificial (incluindo trânsito, bate-estacas, maquinário pesado)	3	0,55%
1.8	Descontinuidades de massas orientadas contrariamente (incluindo falhas, inconformidades, dobras cisalhadas (flexural shears), contatos sedimentares)	2	0,36%
2.5	Erosão por ondas na base da encosta	1	0,18%
1.5	Material cisalhado	1	0,18%
1.1	Material frágil plástico	1	0,18%

Fonte: elaborado pela autora.

Os fatores “4.5 – manutenção defeituosa do sistema de drenagem” e “1.4 – material intemperizado” são os mais recorrentes, com 96,90% e 82,12% dos laudos apresentando esses fatores, respectivamente. Completando os cinco fatores preparatórios mais recorrentes, estão: “4.1 – escavação da encosta ou na sua base”, com 81,93% dos laudos registrados; “4.2 – sobrecarga da encosta ou no seu topo”, com 69,89%; e “1.9 – contraste de permeabilidade e seus efeitos subsuperficiais”, com 60,58%. Os fatores menos prevalentes são os de erosão por ondas na base da

encosta, material cisalhado e material frágil plástico, os quais são relatados no registro de recalque associado à erosão costeira.

A ação antrópica é um fator condicionante preparatório bastante presente nos laudos geológico-geotécnicos de Vitória – dos 15 itens da Tabela 13, oito são do grupo de processos antrópicos.

A antropização do ambiente, seja por cortes indevidos de taludes, construções em locais indevidos, impermeabilização do solo, aterramento incorreto, mineração, remoção de vegetação, lançamento de águas de forma desregrada etc., é extensamente apontada na literatura consultada como uma das principais condicionantes para a ocorrência de movimentos de massa (BIGARELLA *et al.*, 2003; BOZZOLAN *et al.*, 2020; GOULART, 2005; GUERRA, 2011; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; MEIS; SILVA, 1968; SELBY, 1993). Nas cidades brasileiras, as favelas e áreas socialmente vulneráveis ganham destaque por serem palcos recorrentes de eventos danosos (AMARAL, 1996; GUERRA, 1995; JONES, 1973; PARIZZI *et al.*, 2010, 2011; SMYTH; ROYLE, 2000).

O intemperismo dos materiais formadores das encostas é apontado na literatura como um dos principais condicionantes de ocorrência de movimentos de massa. No Brasil, a combinação de vertentes de alta declividade e clima tropical úmido formam um cenário altamente propenso a ocorrência de movimentos de massa, uma vez que a alteração do material originário da vertente pode dar origem a solos menos resistentes a cisalhamento (com ângulo de atrito interno e coesão menores que o material parental) e com diferentes comportamentos hidromecânicos entre camadas, por exemplo (BIGARELLA *et al.*, 2003; GUIDICINI; NIEBLE, 1983; MEIS; SILVA, 1968; SELBY, 1993). A influência de processos intempéricos na ocorrência de movimentos de massa já foi relatada em diversos estudos feitos no Brasil (CRUZ, 1990; DIAS *et al.*, 2018; FERNANDES *et al.*, 2004; JONES, 1973; PARIZZI *et al.*, 2011; VIEIRA; FERNANDES, 2004) e no mundo (CASCINI *et al.*, 2015; DU *et al.*, 2020; PRADHAN; KIM, 2015).

Além disso, a existência de fraturas e falhas ajudam na infiltração de água para o interior de maciços rochosos, contribuindo para o intemperismo químico e posterior instabilização dos mesmos (AMARAL, 1996; BIGARELLA *et al.*, 2003; FERNANDES; AMARAL, 2011; GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

A diferença de permeabilidade entre os materiais do terreno (fator 1.9, na Tabela 13) atua como uma barreira entre as camadas, fazendo com que a água infiltrada escoe entre elas, lubrificando os contatos (solo-solo, solo-rocha ou rocha-rocha). Esse efeito lubrificante aumenta a instabilidade das encostas durante e depois de um evento pluviométrico, ao fazer com que as poro-pressões aumentem rapidamente.

Effgen e colaboradores (2020), por exemplo, identificaram escorregamentos translacionais ocorridos em contatos solo-solo na bacia de drenagem de Fradinhos, em Vitória. Em análises texturais feitas em perfil de Cambissolo próximo a um desses escorregamentos, a concentração de argila aumenta sensivelmente entre 24-40 cm de profundidade, o que favorece a instabilidade da encosta, por impedir a livre infiltração de água durante eventos pluviométricos.

Associando as tipologias de movimentos de massa registradas e os grupos fatores causais preparatórios, o grupo 4, dos fatores antrópicos, prevalece em relação aos outros (Tabela 14). Todas as tipologias têm mais registros de fatores antrópicos do que os de condições do terreno (Grupo 1), enquanto o evento de recalque; erosão costeira foi o único com registro de processos geomorfológicos (Grupo 2, erosão por ondas na base da encosta).

Tabela 14 – Fatores causais preparatórios, de acordo com a tipologia registrada nos laudos.

TIPOLOGIAS DE MOVIMENTOS DE MASSA	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 4
Corrida ($n = 4$)	2		4
Escorregamento translacional ($n = 488$)	427		483
Queda e rolamento de blocos ($n = 52$)	40		45
Rastejo ($n = 3$)	2		3
Erosão costeira ($n = 1$)	1	1	1
TOTAL	472	1	536

Fonte: organizado pela autora.

Os testes qui-quadrado revelam que existe associação entre as ocorrências de movimentos de massa em Vitória e os fatores causais preparatórios (Tabela 15). A associação mais forte, isto é, os maiores valores de χ^2 e ϕ , foi observada entre os fatores causais preparatórios antrópicos.

Tabela 15 – Testes qui-quadrado entre os grupos de fatores causais preparatórios e a ocorrência de movimentos de massa, com valor crítico, valores p, coeficiente ϕ e se a hipótese nula (de independência entre as variáveis) é aceita.

FATORES CAUSAIS PREPARATÓRIOS	χ^2	VALOR CRÍTICO	VALOR P	ϕ	HIPÓTESE NULA (INDEPENDÊNCIA)
P1	9,941	9,49	0,041	0,135	Rejeita, existe associação
P2	548		0,000	1	
P4	34,119		0,000	0,250	

Fonte: organizado pela autora.

A associação da ocorrência de movimentos de massa com o grupo 2 é perfeita ($\phi = 1$), pois só há um evento registrado com esse fator. As outras associações são fracas, demonstrando que a presença de um fator condicionante preparatório específico não é determinante para a ocorrência de um movimento de massa. No entanto, os fatores causais preparatórios relacionados à ação antrópica são mais preponderantes, com $\phi = 0,250$.

Os teste qui-quadrado, quando calculados para cada fator condicionante preparatório, apontam que dos 15 fatores apresentados na Tabela 13, dez tem associação com a ocorrência de movimentos de massa em Vitória, conforme a Tabela 16.

Tabela 16 – Testes qui-quadrado entre os fatores causais preparatórios e a ocorrência de movimentos de massa, com valor crítico, valores p, coeficiente ϕ e se a hipótese nula é aceita.

FATORES CAUSAIS PREPARATÓRIOS	χ^2	VALOR CRÍTICO	VALOR p	ϕ	HIPÓTESE NULA (INDEPENDÊNCIA)
1.1	548	9,49	0	1	Rejeita, existe associação
1.4	31,802		0	0,241	
1.5	0,123		0,998		Aceita, são independentes
1.6	18,088		0,001	0,182	Rejeita, existe associação
1.8	0,247		0,993		Aceita, são independentes
1.9	26,837		0	0,221	
2.5	548		0	1	
4.1	28,933		0	0,23	Rejeita, existe associação
4.2	34,375		0	0,25	
4.5	76,285		0	0,373	
4.6	4,979		0,289		Aceita, são independentes
4.7	1,35		0,853		
4.8	18,771		0,001	0,185	Rejeita, existe associação
4.9	17,541		0,002	0,179	
4.10	0,371		0,985		Aceita, são independentes

Fonte: organizado pela autora.

A hipótese nula, de independência entre os fatores causais preparatórios e a ocorrência de movimentos de massa, foi aceita para as condicionantes de material cisalhado (1.5), descontinuidades de massas orientadas contrariamente (1.8),

vazamentos de água de serviços de esgoto e/ou drenagem (4.6), desmatamento (4.7) e vibração artificial (4.10).

O fator 4.5 (defeitos no sistema de drenagem) teve a maior associação dentre os fatores preparatórios e a ocorrência de movimentos de massa, com força moderada ($\phi = 0,37$), enquanto todos os outros tem força fraca de associação, com valor de ϕ variando entre 0,18 e 0,25. Os fatores relacionados ao evento de recalque por erosão costeira (material frágil plástico, 1.1, e erosão por ondas, 2.5) são os únicos com associação perfeita.

Esses resultados indicam que, para Vitória, a ocorrência de movimentos de massas é diretamente relacionada à combinação da ação antrópica com o substrato geológico-geotécnico.

Salaroli (2003), em análise de inventário de movimentos de massa realizada para o período de 1984-2001, associou a ocorrência de escorregamentos de solo em Vitória a encostas de declividade média, à ocupação caracterizada como de média a alta e taludes de corte.

No Brasil, a ação antrópica como fator condicionante preparatório importante para a ocorrência de movimentos de massa já foi relatado em Santos/SP (NOGUEIRA, 2002), Juiz de Fora/MG (MENON JÚNIOR; ZAIDAN, 2016b), Salvador/BA e Recife/PE (SANTOS *et al.*, 2018), Rio de Janeiro/RJ (AMARAL, 1996), Niterói/RJ (SMYTH; ROYLE, 2000) e Vitória/ES (BORTOLOTTI *et al.*, 2015), entre outros estudos.

O Plano de Contingência de Vitória (2020b) aponta, dentre os fatores contribuintes para a ocorrência de desastres no município (incluindo movimentos de massa), o planejamento urbano deficiente, o crescimento urbano rápido e desorganizado, a ocupação das encostas e áreas de preservação/proteção ambiental, com influência de processos históricos, como os ciclos políticos, econômicos e sociais do Espírito Santo no século XX e a subsequente ocupação das encostas de Vitória.

O planejamento urbano atual de Vitória é dado pelo PDU (VITÓRIA, 2018), apresentado anteriormente na seção 5.2.6. A Tabela 17 traz as tipologias de movimentos de massa registrados em Vitória, considerando os zoneamentos urbanos vigentes.

Tabela 17 – Tipologias de movimentos de massa registradas por zoneamentos urbanos do PDU de Vitória (2018).

ZONEAMENTO	CORRIDA	ESCORREGAMENTO TRANSLACIONAL	QUEDA E ROLAMENTO DE BLOCOS	RASTEJO	TOTAL
ZEIS	2	293	29	1	326
ZPA		66	6	1	73
ZAR		47	8	1	56
ZOL	2	52	1		55
ZOP		17	2		19
ZOC		8	5		13
ZOR		5	1		6
TOTAL	4	488	52	3	548*

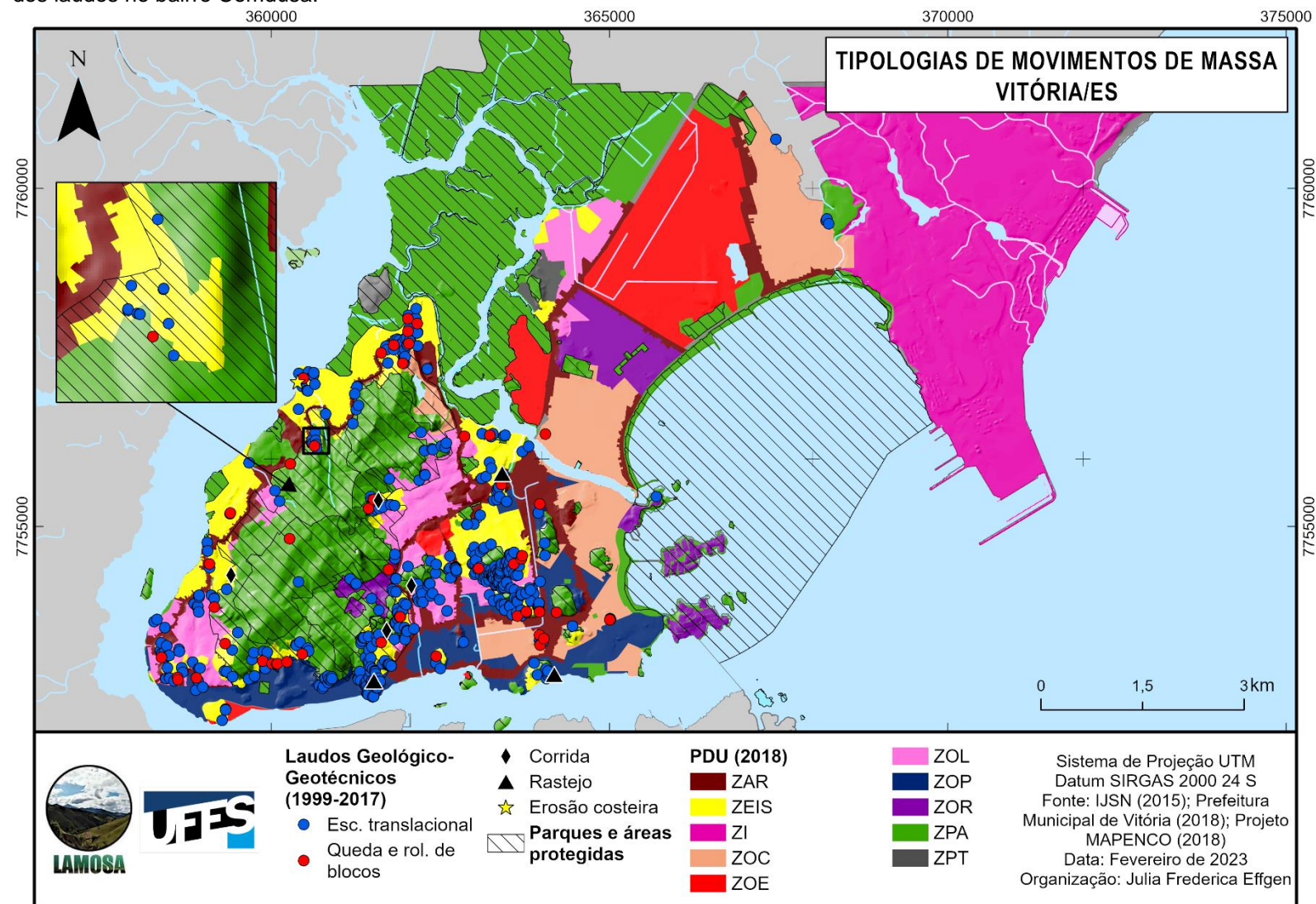
*O caso de erosão costeira ocorreu em área de ZEIS.

Fonte: organizado pela autora.

As ZPA (Zonas de Proteção Ambiental), as quais tem como objetivo preservar, conservar, restaurar e recuperar áreas importantes para o equilíbrio ambiental e bem-estar da população, tem 73 (13,32% do total) registros de movimentos de massa. As ZPA são, predominantemente, áreas florestadas (nas encostas do Maciço Central e de colinas costeiras), restingas, parques e manguezais.

As encostas do Maciço Central de Vitória são o principal foco de movimentos de massa no município, com 211 ocorrências registradas na Área de Proteção Ambiental do Maciço Central, a qual abrange a área de 5,57 km² e engloba outros dez parques e áreas protegidas – região central, hachurada, na Figura 53. Nessas áreas, as funções preponderantes das ZPAs são de proteger os recursos hídricos (como as cabeceiras de drenagem), preservar as áreas florestadas e a estabilidade do solo, além de abrigar atividades de educação ambiental, pesquisas científicas, turísticas e recreativas (VITÓRIA, 2018).

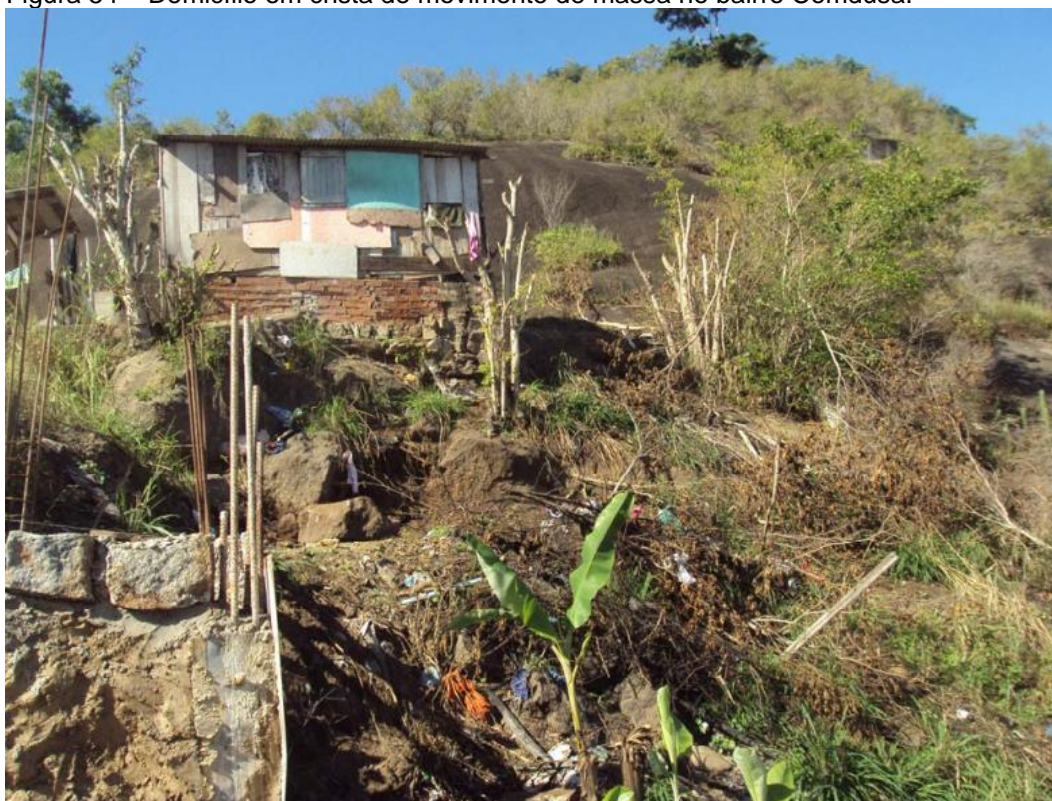
Figura 53 – Tipologias de movimentos de massa registradas em Vitória, em relação ao zoneamento do PDU e aos Parques e Áreas Protegidas. O destaque é dos laudos no bairro Comdusa.



Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 54 ilustra, como exemplo, o movimento de massa de queda e rolamento de blocos (associado a escorregamento de solo e lixo) registrado na ZPA destacada na Figura 53. É notável a fina camada de solo coluvial disponível (espessura máxima de 1,5 m, conforme o laudo), o que favorece o rápido aumento de poro-pressão em eventos pluviométricos e evidencia a diferença de permeabilidade entre as camadas de solo-rocha. Além disso, a moradia foi construída (aparentemente) diretamente no Maciço Central, em área de alta declividade, com lançamento de lixo no local, presença de bananeiras e vegetação rasteira. O muro, em primeiro plano na fotografia, segundo o laudo 033/2010, estava sendo construído com os blocos rochosos retirados do próprio local pelo morador (PROJETO MAPENCO, 2018).

Figura 54 – Domicílio em crista de movimento de massa no bairro Comdusa.



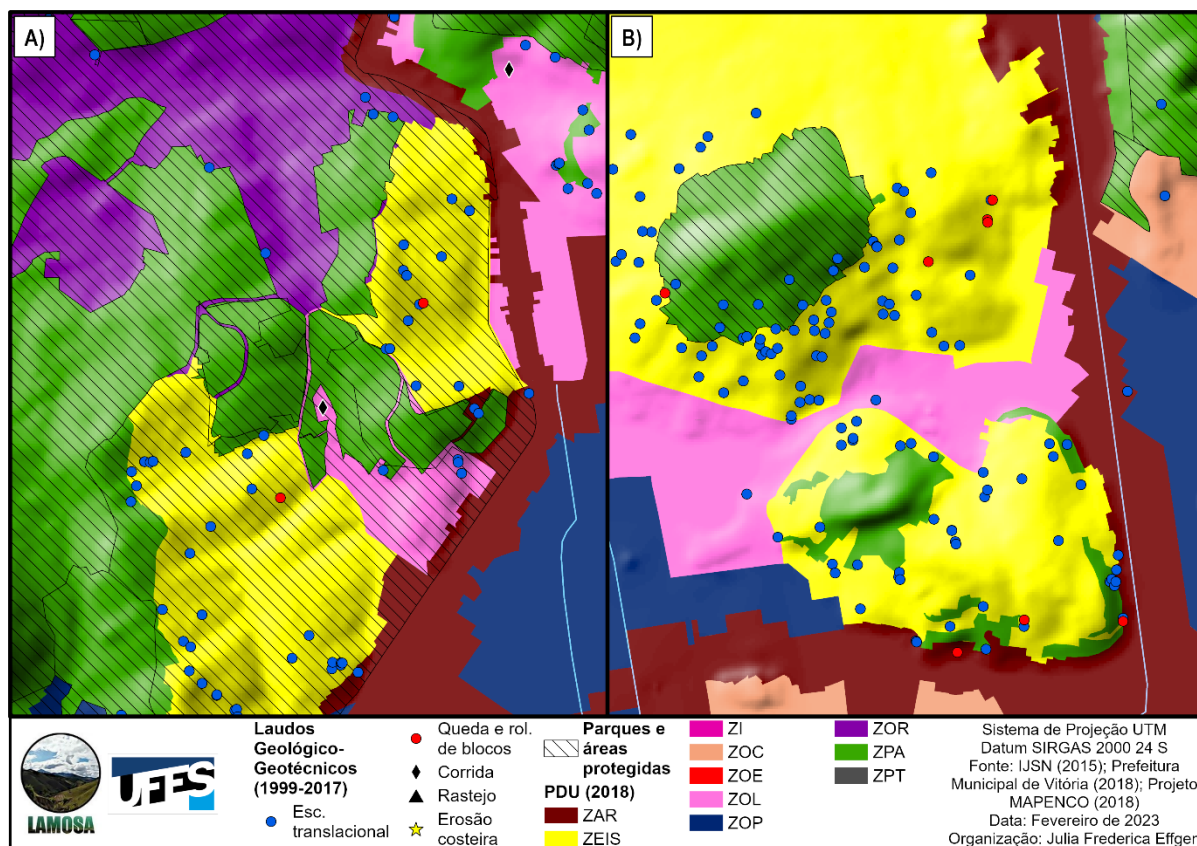
Fonte: Laudo 033/2010 (PROJETO MAPENCO, 2018).

As ZEIS (Zonas Especiais de Interesse Social) são o zoneamento mais afetado, com 326 eventos de movimentos de massa registrados (59,49% do total). As ZEIS têm entre seus objetivos a promoção da “*regularização urbanística e fundiária dos assentamentos ocupados pela população de baixa renda*” e a eliminação dos riscos derivados da ocupação de áreas inadequadas (ou o reassentamento da população

local) (VITÓRIA, 2018, p. 22). Considerando que as ZEIS são áreas com diversas carências, como a ausência de infraestrutura de saneamento básico, de ligação à rede de eletricidade geral, de pavimentação das vias de acesso, dentre outras, a alta incidência de movimentos de massa pode ser explicada pela combinação de diversos fatores causais preparatórios de fundo antrópico em um único local – como cortes e aterros inadequados em encostas, lançamento de lixo, defeitos e vazamentos em redes de esgoto e de drenagem.

Em estudo realizado na bacia de drenagem de Fradinhos, Effgen, Couto e Marchioro (2018), também verificaram a predominância de movimentos de massa (escorregamentos translacionais, no caso) nas ZEIS e ZPA. Além disso, de 21 casos analisados, 13 foram registrados em áreas urbanas, em contraste com os outros 8 distribuídos em áreas de matas (7) ou pastagens (1).

Figura 55 – Exemplos de proximidade das ocorrências registradas nas ZARs, ZOLs e ZORs com as ZPAs e ZEIS.



Fonte: organizado pela autora.

Os outros zoneamentos com registros de movimentos de massa, como as zonas arteriais (56 eventos) e as de ocupação limitada (55), controlada (13) e restrita (6), em grande medida, se situam no entorno das ZPA e ZEIS. Esse comportamento pode ser observado na Figura 55, para os bairros do Romão, Cruzamento e Fradinhos (painel a) e Gurigica, Consolação e São Benedito (painel b). Os zoneamentos de ocupação, de maneira geral, têm usos variados (mistos, residenciais ou comerciais), com algum nível de controle para não interferir na paisagem urbana e não exceder a capacidade das redes de drenagem, transporte e esgoto (VITÓRIA, 2018).

Os zoneamentos ZI (Zona Industrial), ZOE (Zona de Ocupação Específica) e ZPT (Zona do Parque Tecnológico) não tem registros de movimentos de massa. Essas áreas são as do parque industrial de Camburi, do Aeroporto de Vitória, os *campi* da UFES de Maruípe e Goiabeiras e uma área de desenvolvimento tecnológico em Goiabeiras. Essas áreas, com exceção do *campus* de Maruípe e do parque industrial, ficam em áreas planas do município de Vitória.

Em relação aos fatores causais gatilhos, a precipitação é o principal gatilho de movimentos de massa em Vitória (Tabela 18), tendo iniciado 478 eventos (87,23%) do total de laudos registrados entre 1999 e 2017. Dos 548 laudos analisados, 66 (12%) não tinham indicativo claro de qual foi o fator condicionante gatilho da ocorrência.

Tabela 18 – Gatilhos de movimentos de massa registrados em Vitória entre 1999 e 2017 (porcentagens calculadas em relação ao total de laudos, $n = 548$).

CONTAGEM INDIVIDUAL DOS FATORES CAUSAIS GATILHOS		#	%
3.3	Precipitação alta e prolongada	368	67,15%
3.1	Precipitação intensa e curta	110	20,07%
4.5	Manutenção defeituosa do sistema de drenagem	21	3,83%
4.1	Escavação da encosta ou na sua base	20	3,65%
4.6	Vazamento de água de serviços de esgoto e/ou drenagem	7	1,28%
1.4	Material intemperizado	5	0,91%
4.2	Sobrecarga da encosta ou no seu topo	3	0,55%
1.7	Descontinuidades de massas orientadas contrariamente (incluindo acamamentos, xistosidades, clivagens)	1	0,18%
2.9	Sobrecarga por deposição de material no topo da encosta	1	0,18%
4.7	Remoção de vegetação (desmatamento)	1	0,18%
4.9	Criação de aterros de material solto	1	0,18%
4.10	Vibração artificial (incluindo trânsito, bate-estacas, maquinário pesado)	1	0,18%
	incêndio criminoso	1	0,18%

Fonte: organizado pela autora.

Os outros fatores causais gatilhos somam pouco mais de 11%, incluindo um evento de incêndio criminoso. Dos cinco primeiros fatores gatilhos mais recorrentes, além da precipitação, tem-se a manutenção defeituosa de sistemas de drenagem (21 casos), escavação de encostas ou de suas bases (20) e vazamentos de água (7).

A relação entre a ocorrência de precipitação e movimentos de massa no Brasil foi tema de diversos estudos, seja de caráter preditivo ou descritivo, como tentativas de correlação entre intensidade e frequência de precipitação e eventos de movimentos de massa (BERTOLINO *et al.*, 2012; BORTOLOTTI, 2012; GUIDICINI; IWASA, 1977; PARIZZI *et al.*, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2013; SALAROLI, 2003; SOUZA; AZEVEDO; ARAÚJO, 2012; TATIZANA *et al.*, 1987), estabelecimento de limiares críticos para emissão de alertas para Defesa Civil e população (AUGUSTO FILHO; SILVA JÚNIOR; EIRAS, 2020; EHRLICH *et al.*, 2021), descrição de eventos catastróficos (COELHO NETTO *et al.*, 2013; DOURADO; ARRAES; SILVA, 2012; SILVA *et al.*, 2014), dentre outros.

A Tabela 19 apresenta a contagem das tipologias de movimentos de massa e os grupos de fatores causais gatilhos, segundo a proposta de Popescu (1994). É notável que seis eventos de quedas e rolamento de blocos ocorreram em função de fatores de condições do terreno (como grau de intemperismo e presença de xistosidades), enquanto um evento de escorregamento translacional ocorreu após a sobrecarga da encosta causada por deposição de material (ou seja, um outro processo geomorfológico a montante provocou o rompimento da condição de estabilidade da encosta).

Tabela 19 – Frequência das tipologias de movimentos de massa registradas e os grupos dos fatores causais gatilhos.

TIPOLOGIAS DE MOVIMENTOS DE MASSA	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
Corrida (n = 4)			4	
Escorregamento translacional (n = 488)		1	413	38
Queda e rolamento de blocos (n = 52)	6		30	9
Rastejo (n = 3)			2	
Erosão costeira (n = 1)			1	1
TOTAL	6	1	450	48

Fonte: organizado pela autora.

O grupo 3, ligado aos processos físicos, é preponderante, com 450 ocorrências causadas por precipitação, seja intensa e curta ou alta e prolongada. A tipologia mais

recorrente é a de escorregamentos translacionais, seguida das quedas e rolamento de blocos. O segundo grupo mais frequente de fatores causais gatilhos são os de processos antrópicos, com 48 eventos registrados, incluindo o de erosão costeira.

A Tabela 20 traz os testes de associação entre os fatores causais gatilhos agrupados e os movimentos de massa registrados. Dos grupos, apenas o de processos geomorfológicos (G2) tem a hipótese nula aceita, ou seja, as ocorrências de movimentos de massa são estatisticamente independentes de gatilhos geomorfológicos.

Tabela 20 – Testes de associação entre as ocorrências de movimentos de massa e os grupos de fatores causais gatilhos, com valores de qui-quadrado calculados e críticos, valores p, coeficiente ϕ e se a hipótese nula (de independência entre as variáveis) é aceita.

FATORES CAUSAIS GATILHOS	χ^2	VALOR CRÍTICO	VALOR P	ϕ	HIPÓTESE NULA (INDEPENDÊNCIA)
G1	57,864	9,49	0,000	0,325	Rejeita, existe associação
G2	0,123		0,998		Aceita, são independentes
G3	24,801		0,000	0,213	Rejeita, existe associação
G4	16,421		0,003	0,173	

Fonte: organizado pela autora.

Os outros grupos tiveram o teste de independência rejeitados, ou seja, os fatores causais gatilhos relacionados a condições dos materiais (G1, $\phi = 0,325$), processos físicos (G3, $\phi = 0,213$) e antrópicos (G4, $\phi = 0,173$) tem associação com as ocorrências de movimentos de massa, com força variando entre moderada a fraca.

Comparando com os testes de associação dos fatores causais preparatórios (Tabela 15), os processos antrópicos e as características dos materiais (nessa ordem) atuam na diminuição da estabilidade das encostas, levando a uma condição marginal de estabilidade (como no exemplo da Figura 12). O rompimento dessa condição de estabilidade ocorre com a ação dos fatores causais gatilhos, notadamente os de condições dos materiais e processos físicos – como processos intempéricos e precipitação – e, em menor grau, as atividades antrópicas.

A Tabela 21 traz os testes de associação entre cada um dos fatores causais gatilhos arrolados nos laudos de ocorrências de movimentos de massa. Os dois fatores gatilhos relacionados à condição dos materiais são associados à movimentos de massa, sendo que a força de associação dos processos intempéricos ($\phi = 0,296$) é

maior que a associação com descontinuidades derivadas de xistosidades e acamamentos ($\phi = 0,132$).

Tabela 21 – Testes de associação entre os fatores causais gatilhos e ocorrências de movimentos de massa, com valores qui-quadrado calculados e críticos, valores p, coeficiente phi e se a hipótese nula (independência das variáveis) é aceita.

FATORES CAUSAIS GATILHOS	χ^2	VALOR CRÍTICO	VALOR P	ϕ	HIPÓTESE NULA (INDEPENDÊNCIA)
1.4	48,131	9,49	0,000	0,296	Rejeita, existe associação
1.7	9,556		0,049	0,132	
2.9	0,123		0,998		Aceita, são independentes
3.1	2,848		0,584		
3.3	21,643		0,000	0,199	Rejeita, existe associação
4.1	2,911		0,573		Aceita, são independentes
4.2	0,371		0,985		
4.5	26,064		0,000	0,218	Rejeita, existe associação
4.6	0,284		0,991		Aceita, são independentes
4.7	0,111		0,999		
4.9	0,123		0,998		
4.10	0,123		0,998		
incêndio criminoso	9,556		0,049	0,132	Rejeita, existe associação

Fonte: organizado pela autora.

Os fatores causais gatilhos do grupo de processos físicos têm uma associação e uma independência verificadas. O fator 3.1, de precipitação intensa e curta, tem independência estatística das ocorrências de movimentos de massa, enquanto as precipitações altas e prolongadas (3.3) têm associação de força fraca ($\phi = 0,199$).

Eventos de precipitação intensa e curtas são problemáticos para a estabilidade das encostas (ÁVILA *et al.*, 2021; BOZZOLAN *et al.*, 2020), porém os eventos prolongados, como o ocorrido no Espírito Santo em 2013 (SILVA *et al.*, 2014), levam a saturação continuada dos solos, diminuindo sua estabilidade a longo prazo. Desse modo, pequenos volumes de chuva depois de um longo período continuado de precipitação podem causar o rompimento das encostas. Salinas-Jasso *et al.* (2020), por exemplo, consideram o fim de um evento de tempestade quando não há precipitação por 72 h seguidas.

Dentre os fatores antrópicos, apenas o de manutenção defeituosa dos sistemas de drenagem e o incêndio criminoso tiveram associações estatísticas verificadas, com força fraca (coeficientes *phi* de 0,218 e 0,132, respectivamente).

Um exemplo do papel da manutenção defeituosa dos sistemas de drenagem na deflagração de movimentos de massa em Vitória é o laudo 027/2011, no qual um escorregamento translacional foi registrado no bairro Itararé. Moradores relataram vazamentos em tubulações a montante do escorregamento (Figura 56), que afetou uma encosta de geometria alterada por cortes na base, construções na crista e solo bastante alterado.

Figura 56 – Escorregamento translacional causado por rompimento de tubulações a montante da encosta.



Fonte: Laudo 027/2011 (PROJETO MAPENCO, 2018).

7.1.3 Teste de hipótese de agrupamento espacial

A hipótese de agrupamento das ocorrências de movimentos de massa foi testada considerando todas as ocorrências e as tipologias mais recorrentes, conforme exposto na Tabela 22.

Todos os testes apontaram agrupamento espacial significativo ($p=0,000$), ou seja, em Vitória, os movimentos de massa em geral, os escorregamentos translacionais e as

quedas e rolamentos de blocos são agrupados espacialmente. Os altos escores z negativos em todos os testes indicam que a forte tendência a aglomeração dos laudos registrados é significativa, porém as quedas e rolamentos de blocos são menos agrupados que os escorregamentos translacionais. O menor agrupamento detectado para quedas e rolamentos de blocos se deve, possivelmente, a menor quantidade de eventos relatados, quando comparados aos escorregamentos translacionais. Além disso, os eventos de quedas e rolamentos de blocos são dependentes da presença de faces livres de afloramentos rochosos e/ou blocos exumados.

Os índices R para ocorrências de movimentos de massa e escorregamentos translacionais são próximos (0,305 e 0,303), o que pode ser resultado da prevalência dos escorregamentos translacionais nos laudos registrados.

Tabela 22 – Teste de agrupamento espacial por análise de vizinho mais próximo das ocorrências de movimentos de massa e as tipologias mais recorrentes.

	OCORRÊNCIAS	ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS	QUEDAS E ROLAMENTOS DE BLOCOS
n	548	488	52
Distância média observada (R_o)	56,19 m	59,24 m	296,71 m
Distância média esperada (R_e)	184,41 m	195,42 m	598,66 m
Índice de vizinho mais próximo (R)	0,305	0,303	0,496
Escore z	-31,140	-29,451	-6,958

*Todos os testes retornaram valores $p=0,000$.

7.2 SUSCETIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS

A tipologia de escorregamentos translacionais representa 89,05% das ocorrências registradas em Vitória (Tabela 11), portanto o cálculo de suscetibilidades foi realizado apenas para esta tipologia.

7.2.1 Seleção das variáveis

A seleção das variáveis a serem utilizadas é necessária para evitar a redundância de informações e melhorar a performance computacional no cálculo dos modelos.

Para as variáveis contínuas (Figura 57), a correlação de *Spearman* foi utilizada pois suas distribuições são assimétricas (como demonstrado nos histogramas da Figura 58).

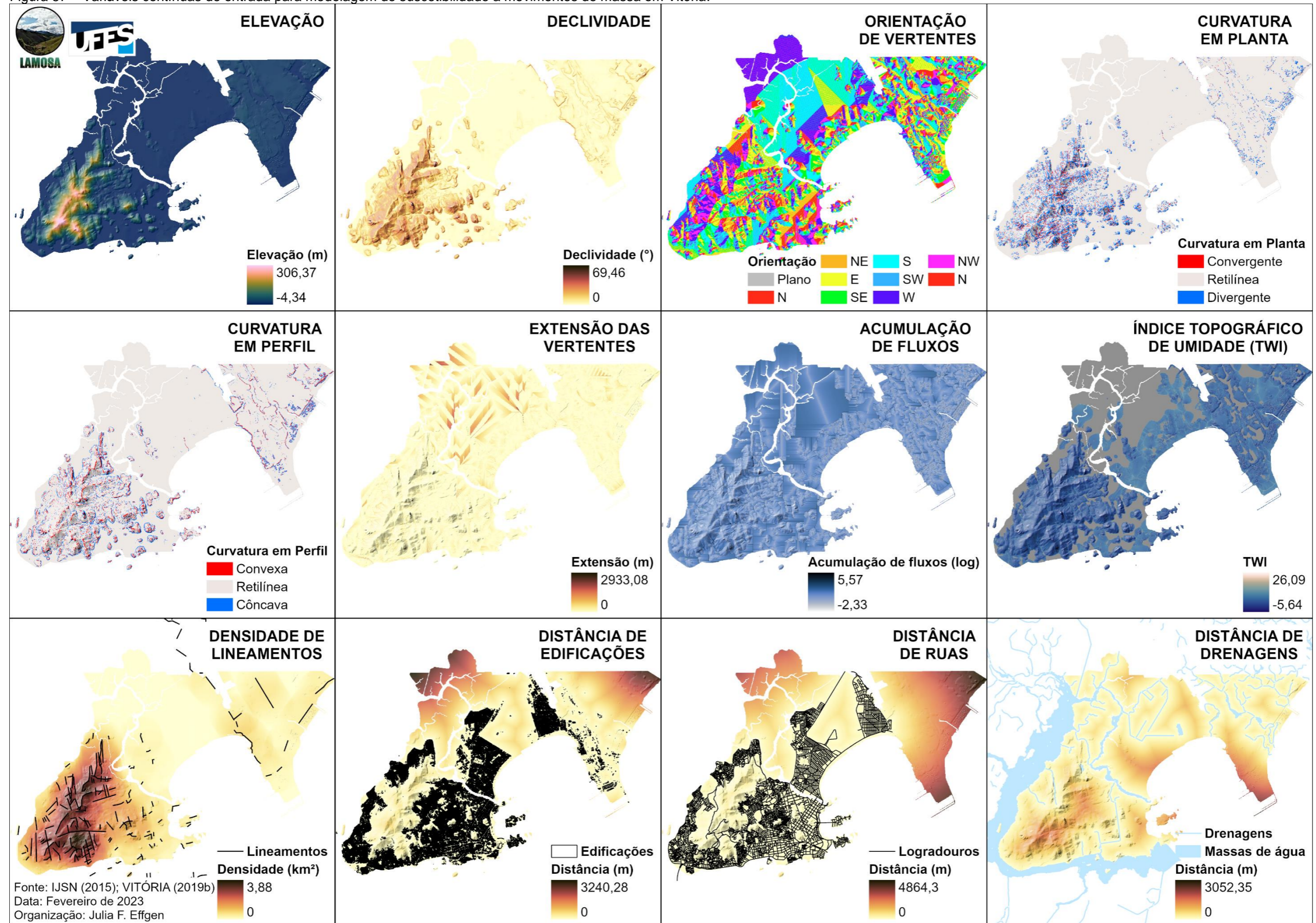
O Maciço Central de Vitória concentra as maiores elevações (com altitude máxima de 306,37 m registrada na Fonte Grande) e declividades. A região compreendida pelo manguezal da Ilha do Lameirão e depósitos sedimentares de Camburi e Goiabeiras é predominantemente plana, com elevações negativas registradas em algumas praias diminutas nas proximidades do Parque Industrial.

As edificações e ruas acompanham a malha urbanizada de Vitória, estando ausentes nas áreas protegidas de manguezal e topos de morros, no interior do Parque Industrial, na zona Aeroportuária e no *campus* da Universidade Federal em Goiabeiras.

As variáveis de comportamento hidrológico são as de extensão das vertentes, acumulação de fluxos, índice topográfico de umidade e distância de drenagens, sendo esta última construída a partir dos planos de informação de drenagens e massas de água, enquanto as outras duas são derivadas do MDE. As concentrações de fluxos e de umidade se encontram nas vertentes do Maciço Central, associadas às curvaturas convergentes, à certa distância das drenagens e massas de água mapeadas, caracterizando efemeridade dos escoamentos. As maiores extensões são registradas nas áreas de manguezal, o que, em análise associada à orientação de encostas, declividade e acumulação de fluxos, permite inferir que a existe uma rampa suave em direção ao rio Santa Maria da Vitória (a norte-noroeste).

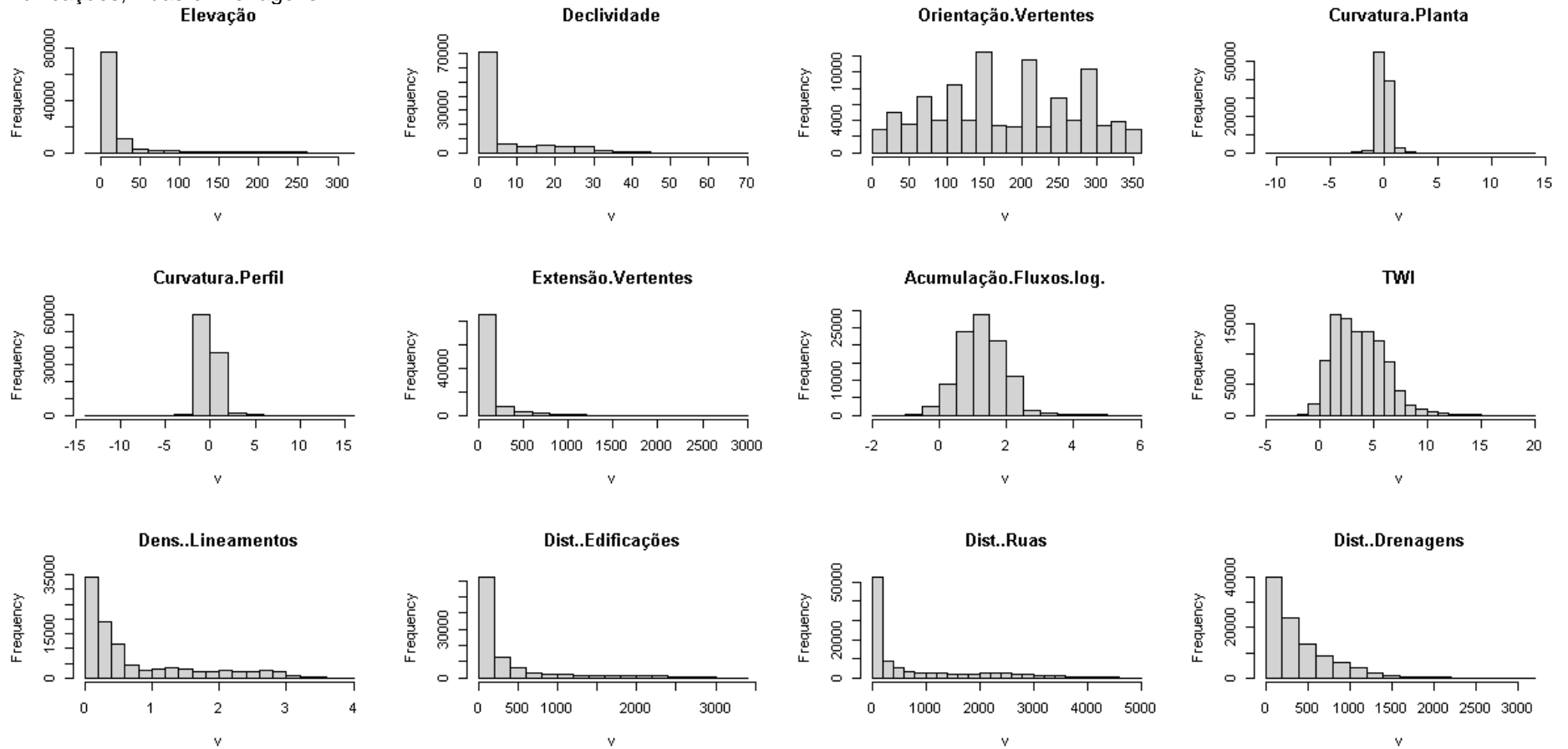
A Tabela 23 traz a matriz de correlações de *Spearman* das variáveis contínuas em análise. Considerando $n = 12$ e nível de significância de 5%, o valor mínimo absoluto para que r_s seja significativo é 0,587 (BARBETTA, 2006b, c). Quando os valores de r_s são significativos, a hipótese alternativa (as variáveis são correlacionadas) é aceita e a hipótese nula (as variáveis são não-correlacionadas) é rejeitada.

Figura 57 – Variáveis contínuas de entrada para modelagem de suscetibilidade a movimentos de massa em Vitória.



Fonte: organizado pela autora.

Figura 58 – Histogramas dos planos de informação Elevação, Declividade, Orientação de Vertentes, Curvatura de Vertentes em Planta, Curvatura de Vertentes em Perfil, Extensão de Vertentes, Acumulação de Fluxos (em log), Índice Topográfico de Umidade (TWI), Densidade de Lineamentos e Distâncias de Edificações, Ruas e Drenagens.



Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 23 – Matriz de correlações de Spearman dos planos de informação Elevação, Declividade, Orientação de Vertentes, Curvatura de Vertentes em Planta, Curvatura de Vertentes em Perfil, Extensão de Vertentes, Acumulação de Fluxos (em log), Índice Topográfico de Umidade (TWI), Densidade de Lineamentos e Distâncias de Edificações, Ruas e Drenagens.

PLANOS DE INFORMAÇÃO	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)
1) Elevação	1											
2) Declividade	<i>0,703*</i>	1										
3) Orient. Vertentes	-0,004	-0,026	1									
4) Curv. Planta	0,158	0,175	-0,001	1								
5) Curv. Perfil	-0,121	0,013	-0,009	-0,198	1							
6) Ext. Vertentes	-0,058	-0,083	0,038	-0,317	0,145	1						
7) Acum. Fluxos (log)	-0,399	-0,488	0,035	-0,408	0,151	0,387	1					
8) TWI	<i>-0,603*</i>	<i>-0,814*</i>	0,003	-0,408	0,113	0,325	<i>0,597*</i>	1				
9) Dens. Lineamentos	0,424	0,570	-0,095	0,066	0,021	-0,049	-0,177	-0,535	1			
10) Dist. Edificações	0,073	-0,166	0,075	-0,030	-0,033	0,047	0,058	0,080	-0,420	1		
11) Dist. Ruas	0,093	-0,120	0,018	-0,012	-0,024	-0,007	-0,027	0,115	-0,428	<i>0,767*</i>	1	
12) Dist. Drenagens	0,264	0,294	-0,006	0,030	0,021	0,011	-0,114	-0,119	0,237	-0,284	-0,201	1

Significância (α) = 5%. *Valores em itálico são significativos ($p < 0,05$).

Fonte: elaborado pela autora.

A variável Elevação tem correlação forte e significativa com Declividade (positiva, 0,703) e Índice Topográfico de Umidade (TWI, de sinal negativo, com valor -0,603). O Índice Topográfico de Umidade (TWI), por sua vez, tem correlações fortes e significativas com Declividade (-0,814) e Acumulação de fluxos (0,597). As distâncias de ruas e edificações apresentam correlação positiva significativa (0,767).

Portanto, as variáveis Elevação, TWI e Distância de Ruas foram retiradas das modelagens de suscetibilidade a movimentos de massa, por serem correlacionadas.

A variável Densidade de Lineamentos não apresentou significância na correlação com as variáveis Declividade (0,570) e TWI (-0,535) e não foi retirada da modelagem.

A Tabela 24 traz os valores de coeficientes V de *Cramér* das variáveis categóricas de entrada da modelagem de suscetibilidade a movimentos de massa.

Tabela 24 – Coeficientes V de *Cramér* entre as variáveis categóricas unidades geológicas, geomorfológicas, de solos e geotécnicas.

	1)	2)	3)	4)
1) UNIDADES GEOLÓGICAS	-			
2) UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	0,813	-		
3) UNIDADES DE SOLOS	0,938	0,651	-	
4) UNIDADES GEOTÉCNICAS	0,730	0,527	0,673	-

Significância (α) = 5%.

Observação: todos os valores p (*p-values*) foram inferiores a 0,001.

Fonte: elaborado pela autora.

As maiores associações foram encontradas entre as unidades geológicas e de solos (*V de Cramér* = 0,938) e unidades geológicas e geomorfológicas (*V de Cramér* = 0,813). As menores associações, por sua vez, foram encontradas entre as unidades geomorfológicas e geotécnicas (*V de Cramér* = 0,527) e as unidades geomorfológicas e de solos (*V de Cramér* = 0,651).

Em função da escala e por apresentarem as menores associações com outras variáveis, apenas a variável de unidades geotécnicas foi mantida.

A Tabela 25 traz os valores de qui-quadrado do teste de independência entre as variáveis de entrada do modelo de suscetibilidade e a ocorrência de escorregamentos translacionais. Segundo Lee *et al.* (2018, p. 289), “valores altos de qui-quadrado

implicam que o preditor tem melhor performance na identificação de movimentos de massa”.

A ocorrência de escorregamentos translacionais em Vitória é associada à todas as variáveis selecionadas para entrada no modelo de suscetibilidades. Os maiores valores de χ^2 foram encontrados nas variáveis Distância de Drenagens, Distância de Edificações e Uso e Cobertura da Terra. As variáveis Unidades Geotécnicas e Densidade de Lineamentos (relacionadas às características estruturais, geológicas e de origem dos materiais) têm melhor performance na identificação dos escorregamentos que as variáveis morfométricas.

Tabela 25 – Valores de qui-quadrado para teste de independência entre as variáveis de entrada e a ocorrência de escorregamentos translacionais.

VARIÁVEL	χ^2	Graus de liberdade	Valor crítico (χ^2)	Valor p
Unidade geotécnica	340,64	3	7,81	0,000
Uso e cobertura da terra	1556,41	4	9,49	0,000
Declividade	232,06	7	14,07	0,000
Orientação de vertentes	102,92	8	15,51	0,000
Curvatura em planta	179,76	2	5,99	0,000
Curvatura em perfil	198,44	2	5,99	0,000
Extensão de vertente	51,79	7	14,07	0,000
Acumulação de fluxos	278,60	3	7,81	0,000
Densidade de lineamento	331,97	6	12,59	0,000
Distância de edificações	1569,28	9	16,92	0,000
Distância de drenagens	3932,85	10	18,31	0,000

Significância (α) = 5%.

Fonte: elaborado pela autora

As variáveis morfométricas de curvaturas, inclinação e orientação das vertentes têm associação significativa com os escorregamentos translacionais, mas em menor grau que as outras. As associações verificadas concordam com a análise dos fatores causais preparatórios, já que as variáveis que representam ação antrópica (distância de edificações e uso e cobertura da terra) e as de condições dos materiais das encostas (unidades geotécnicas e densidade de lineamentos), por exemplo, se destacam. Portanto, em Vitória, o uso e cobertura da terra e as características do terreno são mais preponderantes, segundo o teste qui-quadrado, para as ocorrências de escorregamentos translacionais que as variáveis morfométricas.

7.2.2 Modelo de suscetibilidade a escorregamentos translacionais

Os resultados obtidos com o método do Valor Informativo para escorregamentos translacionais estão na Tabela 26. Os valores positivos indicam que a presença de um determinado fator favorece a ocorrência de um escorregamento, enquanto os negativos indicam que a presença de determinado fator classe inibe a ocorrência de um escorregamento.

Tabela 26 – Valores informativos de escorregamentos translacionais (VI_{ET}) calculados a partir do subconjunto de treinamento (ET_{trein} , $n = 244$). Valores em itálicos são os mais altos e mais baixos de cada fator.

FATORES	CLASSES	% ÁREA	ET_{trein}	VI_{ET}
Unidades geotécnicas	Depósitos Fluviomarinhos	14,12%		-4,000
	Sedimentos Arenosos Praiais	13,40%		-4,000
	Aterro	22,07%	1	-4,000
	Afloramento Rochosos	9,17%	41	0,592
	Solo Residual	31,56%	52	-0,406
	Depósito de Tálus	8,90%	150	1,919
Uso e cobertura da terra	Brejo	1,32%		-1,502
	Macega	2,47%	4	-0,425
	Área Edificada	40,26%	217	0,779
	Massa D'Água	1,12%		-1,502
	Cultura	0,06%		-1,502
	Mata	18,14%	10	-1,502
	Outros	16,52%	12	-1,225
	Afloramento Rochoso	1,81%	1	-1,500
	Restinga	0,43%		-1,502
	Manguezal	15,32%		-1,502
	Mineração	0,05%		-1,502
	Pastagem	1,93%		-1,502
	Solo Exposto	0,07%		-1,502
Declividade	0-5°	70,87%	6	-3,375
	5,01-10°	6,22%	5	-1,124
	10,01-15°	4,79%	10	-0,171
	15,01-20°	4,85%	27	0,810
	20,01-25°	4,80%	50	1,437
	25,01-30°	4,03%	74	2,005
	30,01-35°	1,88%	47	2,316
	> 35°	1,18%	24	2,107
Orientação das vertentes	Norte	8,38%	26	0,227
	Nordeste	9,33%	22	-0,048
	Leste	13,88%	44	0,248
	Sudeste	12,00%	30	0,011
	Sul	20,04%	30	-0,502
	Sudoeste	10,23%	42	0,506
	Oeste	15,78%	19	-0,720
	Noroeste	9,40%	30	0,255
Curvatura - plana	Convergente	2,55%	33	1,654
	Planar	88,71%	146	-0,408
	Divergente	8,72%	64	1,087

FATORES	CLASSES	% ÁREA	ET_{trein}	VI_{ET}
Curvatura - perfil	Côncava	3,85%	24	0,923
	Retilínea	90,77%	148	-0,417
	Convexa	5,36%	71	1,678
Extensão de vertentes	0 - 10	24,21%	32	-0,627
	10,1 - 20	10,85%	21	-0,246
	20,1 - 30	10,64%	24	-0,092
	30,1 - 40	7,73%	24	0,228
	40,1 - 50	5,45%	21	0,442
	50,1 - 75	8,72%	34	0,455
	75,1 - 100	6,51%	32	0,686
	> 100 m	25,88%	55	-0,152
Acumulação de fluxos (log)	-2,334 - 0,518	12,22%	16	-0,636
	0,519 - 1,107	29,23%	125	0,547
	1,108 - 1,697	30,86%	88	0,142
	1,698 - 2,813	23,75%	12	-1,589
Densidade de lineamentos	2,814 - 5,573	1,83%		-1,589
	0,1 - 0,5	60,26%	10	-2,702
	0,6 - 1	11,57%	24	-0,176
	1,1 - 1,5	8,12%	93	1,533
	1,6 - 2	6,08%	28	0,622
	2,1 - 2,5	6,00%	67	1,507
	2,6 - 3	6,10%	20	0,281
Distância de edificações	3,1 - 3,5	1,64%	1	-1,399
	3,6 - 4	0,21%		-2,702
	0,1 - 5	23,52%	136	0,849
	5,1 - 10	5,73%	58	1,410
	10,1 - 15	4,14%	33	1,171
	15,1 - 20	2,38%	7	0,172
	20,1 - 25	2,20%	3	-0,594
	25,1 - 30	1,47%	1	-1,288
	30,1 - 35	1,26%	3	-0,040
	35,1 - 40	1,31%		-4,750
	40,1 - 45	1,20%	1	-1,087
	45,1 - 50	1,11%		-4,750
Distância de drenagens	50,1 - 75	4,28%		-4,750
	75,1 - 100	3,34%		-4,750
	> 100 m	46,71%	1	-4,750
	0,1 - 5	2,47%		-1,029
	5,1 - 10	0,83%		-1,029
	10,1 - 15	0,97%	1	-0,879
	15,1 - 20	0,86%		-1,029
	20,1 - 25	1,13%	1	-1,029
	25,1 - 30	0,89%	2	-0,097
	30,1 - 35	0,90%	2	-0,107
	35,1 - 40	1,06%	4	0,418
	40,1 - 45	1,09%		-1,029
45,1 - 50	1,10%	1	-0,999	
50,1 - 75	5,22%	6	-0,766	
75,1 - 100	5,09%	5	-0,923	
> 100 m	77,01%	221	0,148	

Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 59 traz a modelagem de suscetibilidade a escorregamentos translacionais de Vitória, calculada a partir da soma dos valores informativos (VI_{ET}) da Tabela 26. A

frequência e extensão das classes de suscetibilidade estão na Tabela 27. A área modelada não é igual à 74,5 km² pois alguns planos de informações de entrada têm vazios (“NoData”), como os de unidades geotécnicas e acúmulo de fluxos.

Tabela 27 – Frequência e extensão das classes de suscetibilidade a escorregamentos translacionais em Vitória.

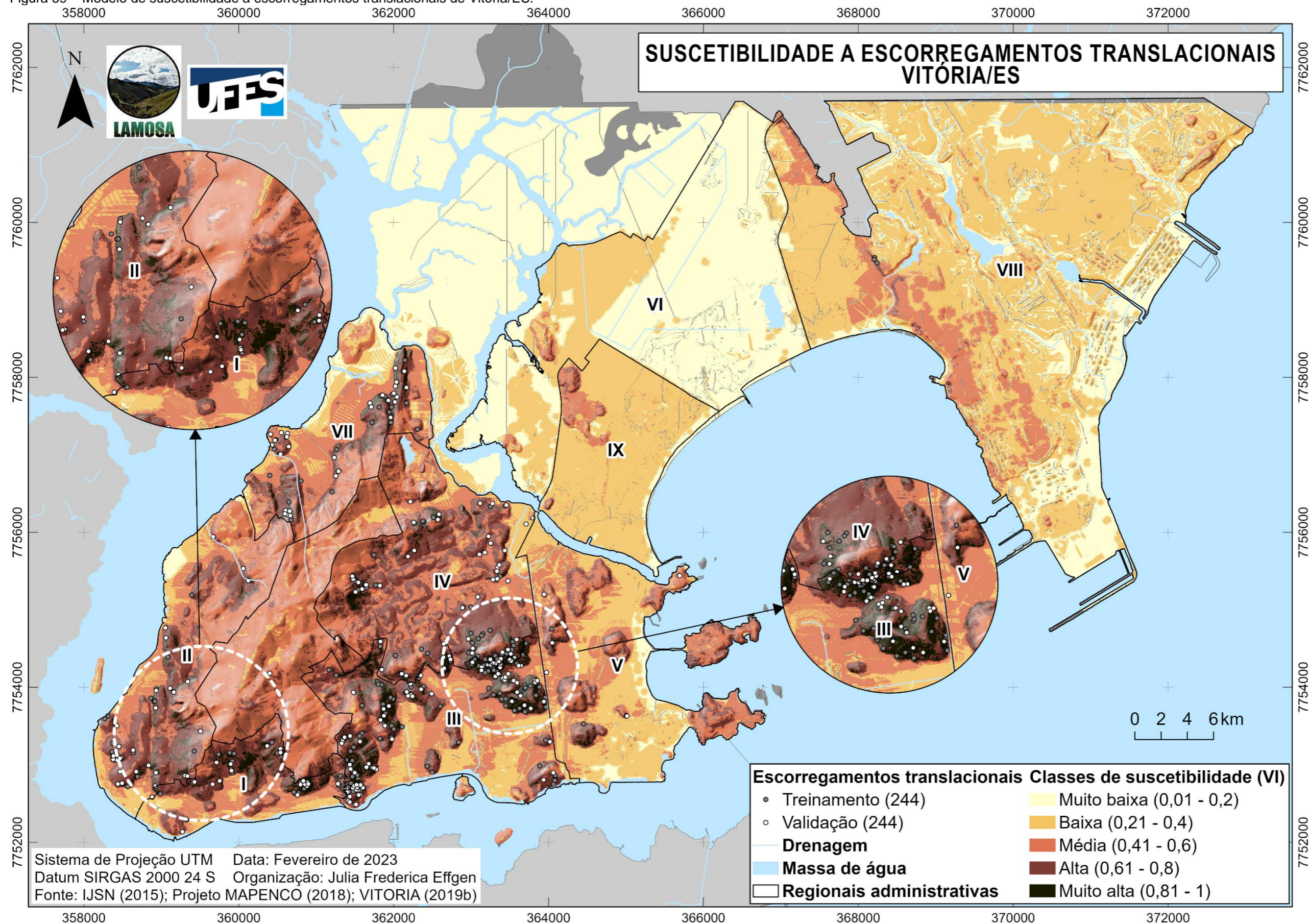
CLASSES DE SUSCETIBILIDADES A ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS	ÁREA (KM²)	%
Muito baixa (0,01 – 0,2)	20,09	28,73
Baixa (0,21 – 0,4)	23,87	34,14
Média (0,41 – 0,6)	15,97	22,84
Alta (0,61 – 0,8)	8,20	11,73
Muito alta (0,81 – 1)	1,80	2,57
TOTAL	69,91	100

Fonte: elaborado pela autora.

As classes de menor suscetibilidade a escorregamentos translacionais são predominantes em Vitória, somando 62,87% da área modelada, mas concentradas na porção continental do município. As áreas de suscetibilidade muito baixa (28,73%) estão associadas às unidades geotécnicas de depósitos fluviomarinhas e sedimentos praias, de baixa declividade, curvaturas retilíneas e com uso e cobertura não urbana (como brejos, macegas, manguezais e matas). As áreas de baixa suscetibilidade são prevalentes no município, com 34,14% da área modelada, e estão presentes nas porções baixas e planas, com aterros, sedimentos praias e fluviomarinhas, de uso e cobertura majoritariamente urbanos.

As principais classes/características que inibem a ocorrência de escorregamentos translacionais em Vitória (conforme exposto na Tabela 26) são: unidade geotécnica de aterro; coberturas de matas; declividade entre 0-5°; curvaturas em planta e perfil retilíneas; nas bases das vertentes (onde existe acumulação de fluxos alta, porém no terço inferior das encostas, em direção ao fundo de vale); baixa densidade de lineamentos; com mais de 100 m de distância de edificações.

Figura 59 – Modelo de suscetibilidade a escorregamentos translacionais de Vitória/ES.



Fonte: elaborado pela autora.

A classe de suscetibilidade média ocupa pouco mais de 1/5 da área modelada de Vitória, sendo uma transição entre as porções planas e baixas e as vertentes mais íngremes do município. Na porção continental, a média suscetibilidade está associada à Formação Barreiras e colinas costeiras isoladas, enquanto na porção insular, as zonas de média suscetibilidade estão associadas às encostas de média declividade do Maciço Central e de colinas costeiras, em topos de morros e em áreas urbanas, de matas e pastagens.

As classes mais suscetíveis ocupam 10 km² (ou 14,3%) da área modelada e se associam às altas declividades, áreas urbanas, zonas convergentes e nas encostas do Maciço Central de Vitória e das colinas costeiras insulares.

A unidade geotécnica que mais favorece a ocorrência de escorregamentos translacionais é a de depósito de tálus, seguida por afloramentos rochosos e solos residuais. Essas unidades são, majoritariamente, associadas ao Maciço Central, às colinas costeiras e ilhas de Vitória (Figura 40). A propensão destes tipos de unidades geotécnicas a ocorrência de movimentos de massa já foi descrita antes, devido às estruturas herdadas do embasamento rochoso e diferenças de permeabilidade entre camadas (AMARAL, 1996; FERNANDES; AMARAL, 2011; SELBY, 1993; SIDLE; OCHIAI, 2006d).

A maior densidade de lineamentos está associada ao Maciço Central e às colinas costeiras de Vitória (Figura 57). As classes de densidades que mais favorecem a ocorrência de escorregamentos translacionais são as de 1,1–1,5 e 2,1–2,5 lineamentos/km², com valores informativos de 1,533 e 1,507, respectivamente.

Em relação ao uso e cobertura da terra, a classe que, destacadamente, contribui para a ocorrência de escorregamentos translacionais é a de área edificada, enquanto todas as outras classes inibem em algum grau a ocorrência desses fenômenos (as matas têm o maior potencial inibitório, com VI de -1,502).

A vegetação tem papel crucial na estabilização do solo ao diminuir a ação climática nas encostas, interceptando e evaporando parte da precipitação pluvial e diminuindo a incidência de raios solares diretamente no terreno, e aumentando a coesão do solo através do sistema radicular (GUIDICINI; NIEBLE, 1983; SIDLE; OCHIAI, 2006d).

Ainda na temática de ocupação urbana, a proximidade das edificações também favorece a ocorrência de escorregamentos translacionais, com as classes de 5,1–10

m, 10,1–15 m e 0,1–5m tendo os maiores valores informativos (1,410, 1,171 e 0,849, respectivamente).

A influência do uso e cobertura da terra na ocorrência de movimentos de massas já foi discutido por Sidle e Ochiai (2006c, d), por exemplo. As interferências causadas pela ação humana que favorecem a ocorrência de movimentos de massa vão desde alterações na geometria das vertentes (como cortes na base e aterros no topo), a má distribuição de cargas (sobrecargas causadas por construções ou depósitos de materiais), modificações no comportamento hidráulico das encostas através de impermeabilização do solo (asfaltamento) e/ou vazamentos de água e esgoto, retirada da vegetação (cessando imediatamente o efeito estabilizador da vegetação e deixando a estrutura do solo com canais preferenciais para passagem de água onde antes estavam as raízes) e vibrações causadas por maquinários (AMARAL, 1996; GUERRA, 2011; GUIDICINI; NIEBLE, 1983).

Dentre os fatores topográficos, a declividade se destaca com uma grande amplitude entre os valores mínimos e máximos de valor informativo. A classe de declividade de 0–5° tem valor informativo de -3,375, enquanto a classe de 30,01–35° tem VI de 2,316. As zonas planas são de baixa suscetibilidade por não gerarem energia potencial gravitacional, necessária para a ocorrência de movimentos de massa. Nas áreas mais íngremes, o valor informativo diminui à medida que a declividade diminui, com exceção da classe de declividades maiores que 35° (VI = 2,107). O papel das declividades na iniciação de escorregamentos, incluindo a menor disponibilidade de material para escorregar nas declividades extremas (aqui, as maiores que 35°), já foi abordado por Fernandes e outros (2001, 2004), Guidicini e Nieble (1983), Montgomery e Dietrich (1994), Selby (1993) e Sidle e Ochiai (2006d), dentre outros.

As zonas de convergência de fluxo têm o maior valor informativo, assim como as encostas de perfil convexo. As concavidades são as principais áreas de iniciação de instabilidades de encostas, devido a capacidade de concentrar fluxos e permitir a saturação das camadas de solo presentes nelas (COELHO NETTO *et al.*, 2007; FERNANDES *et al.*, 2001, 2004; FERNANDES; AMARAL, 2011; MONTGOMERY; DIETRICH, 1994; SELBY, 1993; SIDLE; OCHIAI, 2006d). As encostas de perfil convexo, em Vitória, ficam predominantemente nas colinas costeiras e no Maciço Central, nos topos de morro, em afloramentos rochosos e nas bases das vertentes,

onde ocorrem depósitos de materiais (sejam eles coluvionares e/ou aterros antrópicos).

O valor informativo dos acúmulos de fluxos aponta que as áreas próximas às cabeceiras de drenagem, nos terços médios (0,519–1,107) e médio-inferior (1,108–1,697) das encostas, são as mais suscetíveis a escorregamentos, enquanto as porções inferiores e superiores (1,698–2,813 e -2,334–0,518, respectivamente) são as menos suscetíveis.

Em relação às orientações das vertentes, o valor informativo mais alto foi registrado nas encostas faceando a direção sudoeste, enquanto o menor foi registrado nas encostas voltadas para oeste. O valor informativo alto nas encostas de sudoeste pode ser explicado pelas direções dos ventos (associados a chuvas) das frentes frias que atuam em Vitória (MARCHIORO, 2012).

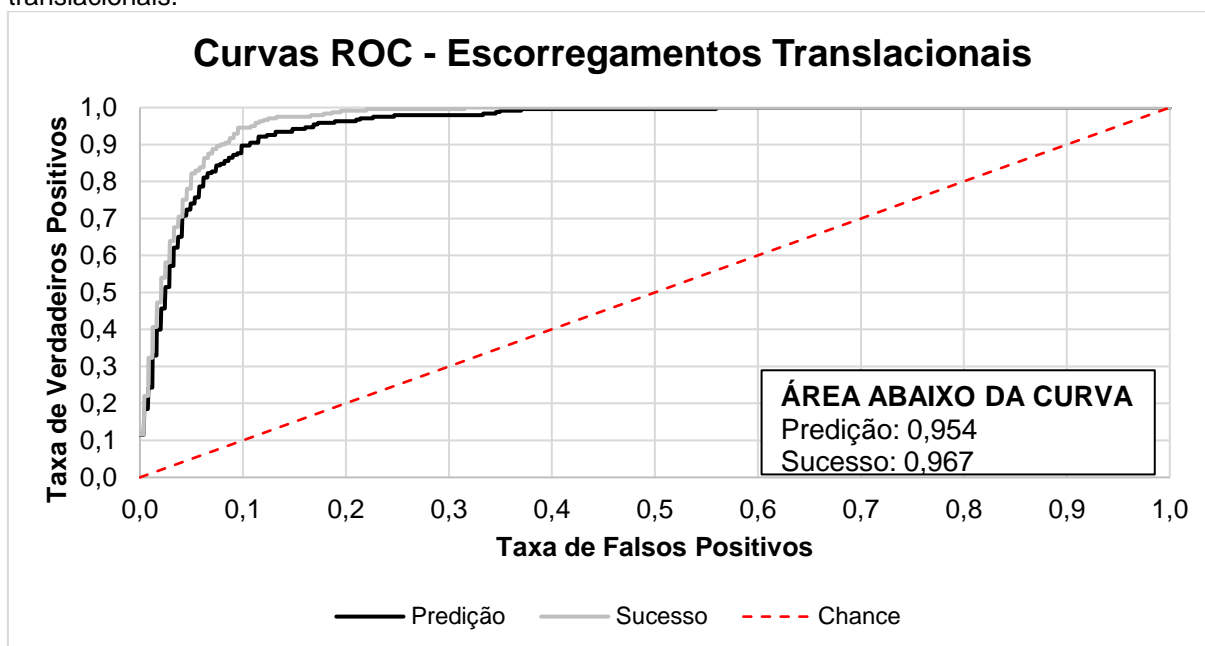
A modelagem de suscetibilidade a escorregamentos translacionais aqui apresentada é compatível com a modelagem de suscetibilidade a movimentos de massa realizada por Bortolotti e outros (2015), a qual tem as propensões associadas ao Maciço Central e às colinas costeiras.

O resultado deste trabalho também se mostra compatível com a modelagem realizada na bacia de drenagem de Fradinhos por Effgen, Couto e Marchioro (2018), através do método determinístico de base matemática SHALSTAB.

Ademais, os locais apontados como suscetíveis a ocorrências de movimentos de massa no Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) de Vitória (2006), como Fradinhos, Cruzamento, Romão, Forte São João, Fonte Grande, Piedade, Santa Martha, entre outros, foram modelados como de média, alta ou muito alta suscetibilidade.

O sucesso e a capacidade preditiva do modelo de suscetibilidade a escorregamentos translacionais estão representados graficamente na Figura 60. As áreas abaixo da curva apontam que o modelo tem classificação excelente, conforme Guzzetti (2006).

Figura 60 – Curvas ROC de predição e sucesso da modelagem de suscetibilidade de escorregamentos translacionais.



Fonte: elaborado pela autora.

7.3 PERIGO DE ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS

Entre 1999 e 2017, foram registrados 488 escorregamentos translacionais em Vitória. Em média, ocorreram 27 movimentos de massa desta tipologia por ano no município.

Dos 80 bairros da capital capixaba, 23 não têm registros de escorregamentos translacionais. Em sua maioria, são bairros nas áreas planas do município, como os localizados nas regionais V – Praia do Canto, VI – Goiabeiras e IX – Jardim da Penha.

Tabela 28 – Probabilidades de ao menos um escorregamento translacional ocorrer nos bairros de Vitória, com tempos de retorno entre 1 e 50 anos, em ordem decrescente de ocorrências.

BAIRROS	OCORRÊNCIAS 1999-2017 (n)	FREQUÊNCIA DE EVENTOS POR ANO (n/18)	TEMPOS DE RETORNO									
			1	2	3	5	10	15	20	25	50	
Gurigica	56	3,11	0,96	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forte São João	46	2,56	0,92	0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
São Benedito	27	1,50	0,78	0,95	0,99	1	1	1	1	1	1	1
Consolação	25	1,39	0,75	0,94	0,98	1	1	1	1	1	1	1
Romão	21	1,17	0,69	0,90	0,97	1	1	1	1	1	1	1
Centro	20	1,11	0,67	0,89	0,96	1	1	1	1	1	1	1
Tabuazeiro	19	1,06	0,65	0,88	0,96	0,99	1	1	1	1	1	1
Cruzamento	17	0,94	0,61	0,85	0,94	0,99	1	1	1	1	1	1
Conquista	16	0,89	0,59	0,83	0,93	0,99	1	1	1	1	1	1
Ariovaldo Favalessa	15	0,83	0,57	0,81	0,92	0,98	1	1	1	1	1	1
Ilha das Caieiras	14	0,78	0,54	0,79	0,90	0,98	1	1	1	1	1	1
Resistência	14	0,78	0,54	0,79	0,90	0,98	1	1	1	1	1	1
Caratoíra	13	0,72	0,51	0,76	0,89	0,97	1	1	1	1	1	1
Bonfim	11	0,61	0,46	0,71	0,84	0,95	1	1	1	1	1	1
Comdusa	11	0,61	0,46	0,71	0,84	0,95	1	1	1	1	1	1
De Lourdes	11	0,61	0,46	0,71	0,84	0,95	1	1	1	1	1	1
Santa Martha	10	0,56	0,43	0,67	0,81	0,94	1	1	1	1	1	1
Do Moscoso	9	0,50	0,39	0,63	0,78	0,92	0,99	1	1	1	1	1
Fradinhos	9	0,50	0,39	0,63	0,78	0,92	0,99	1	1	1	1	1
Fonte Grande	8	0,44	0,36	0,59	0,74	0,89	0,99	1	1	1	1	1
Itararé	8	0,44	0,36	0,59	0,74	0,89	0,99	1	1	1	1	1
Jesus de Nazareth	8	0,44	0,36	0,59	0,74	0,89	0,99	1	1	1	1	1
Joana D'Arc	8	0,44	0,36	0,59	0,74	0,89	0,99	1	1	1	1	1
Jucutuquara	8	0,44	0,36	0,59	0,74	0,89	0,99	1	1	1	1	1
Santa Tereza	8	0,44	0,36	0,59	0,74	0,89	0,99	1	1	1	1	1
Bela Vista	6	0,33	0,28	0,49	0,63	0,81	0,96	0,99	1	1	1	1
Santos Dumont	6	0,33	0,28	0,49	0,63	0,81	0,96	0,99	1	1	1	1
Da Penha	5	0,28	0,24	0,43	0,57	0,75	0,94	0,98	1	1	1	1
Santo Antônio	5	0,28	0,24	0,43	0,57	0,75	0,94	0,98	1	1	1	1
Santa Cecília	4	0,22	0,20	0,36	0,49	0,67	0,89	0,96	0,99	1	1	1
Santa Lúcia	4	0,22	0,20	0,36	0,49	0,67	0,89	0,96	0,99	1	1	1

Do Cabral	3	0,17	0,15	0,28	0,39	0,57	0,81	0,92	0,96	0,98	1
Ilha do Príncipe	3	0,17	0,15	0,28	0,39	0,57	0,81	0,92	0,96	0,98	1
Jardim Camburi	3	0,17	0,15	0,28	0,39	0,57	0,81	0,92	0,96	0,98	1
Santa Clara	3	0,17	0,15	0,28	0,39	0,57	0,81	0,92	0,96	0,98	1
São José	3	0,17	0,15	0,28	0,39	0,57	0,81	0,92	0,96	0,98	1
Universitário	3	0,17	0,15	0,28	0,39	0,57	0,81	0,92	0,96	0,98	1
Andorinhas	2	0,11	0,11	0,20	0,28	0,43	0,67	0,81	0,89	0,94	1
Bento Ferreira	2	0,11	0,11	0,20	0,28	0,43	0,67	0,81	0,89	0,94	1
Ilha de Santa Maria	2	0,11	0,11	0,20	0,28	0,43	0,67	0,81	0,89	0,94	1
Mário Cypreste	2	0,11	0,11	0,20	0,28	0,43	0,67	0,81	0,89	0,94	1
Maruípe	2	0,11	0,11	0,20	0,28	0,43	0,67	0,81	0,89	0,94	1
Redenção	2	0,11	0,11	0,20	0,28	0,43	0,67	0,81	0,89	0,94	1
Santa Helena	2	0,11	0,11	0,20	0,28	0,43	0,67	0,81	0,89	0,94	1
Estrelinha	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Grande Vitória	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Inhanguetá	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Monte Belo	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Nazareth	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Nova Palestina	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Parque Industrial	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Piedade	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Praia do Canto	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Praia do Suá	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Santos Reis	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
São Pedro	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Vila Rubim	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94
Maciço Central	1	0,06	0,05	0,11	0,15	0,24	0,43	0,57	0,67	0,75	0,94

*Maciço Central não é um bairro, mas o polígono foi adicionado para viabilizar o mapeamento.

Fonte: elaborado pela autora.

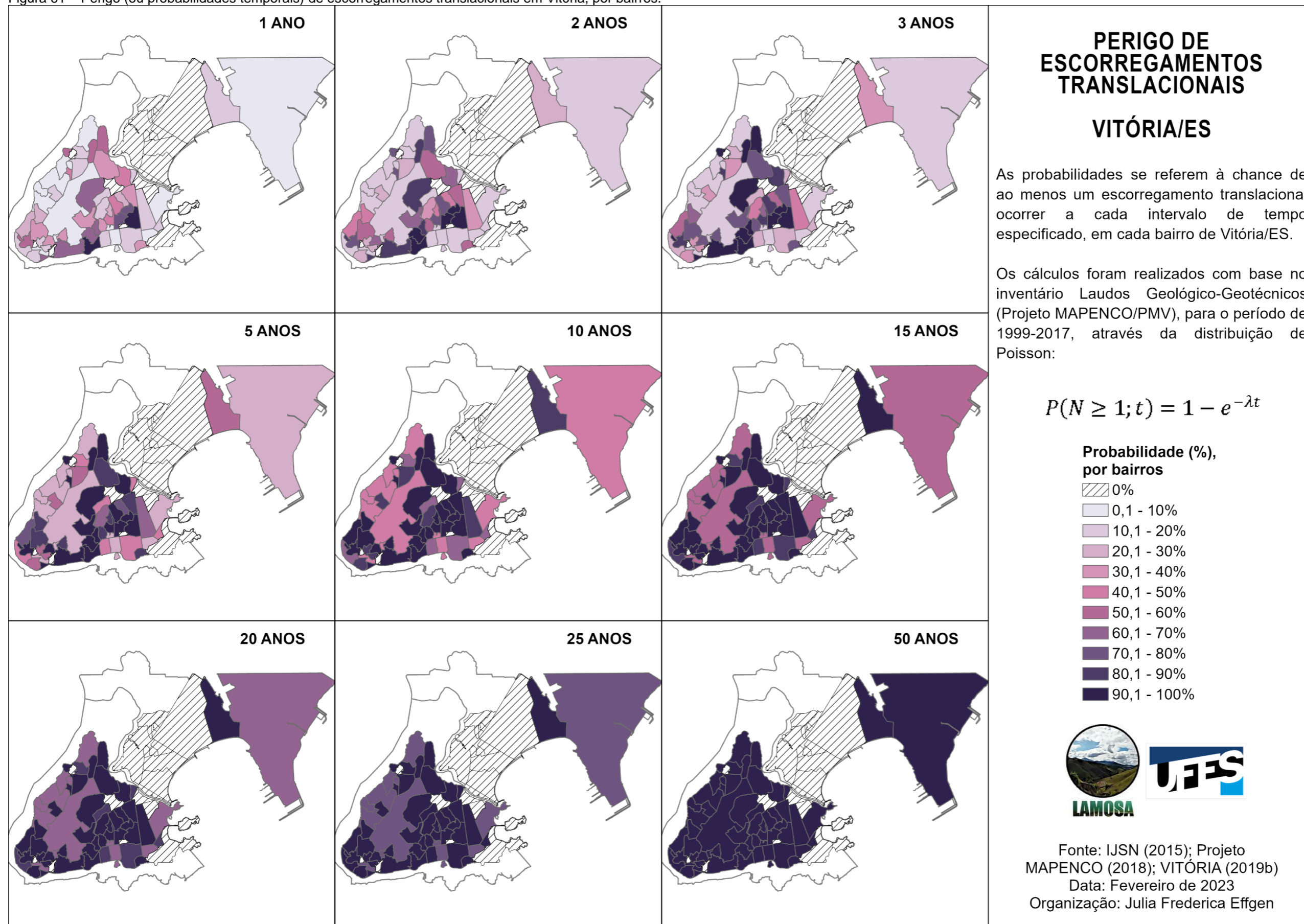
Apenas sete bairros têm, em média, mais de um registro de escorregamento translacional (como mostrado na Tabela 28): Gurigica (3,11 eventos/ano), Forte São João (2,56), São Benedito (1,50), Consolação (1,39), Romão (1,17), Centro (1,11) e Tabuazeiro (1,06). Desses bairros, apenas Gurigica, Consolação e São Benedito não ficam nas encostas do Maciço Central de Vitória – esses bairros são localizados entre duas colinas costeiras adjacentes, entre as regionais III – Jucutuquara e IV – Maruípe (em destaque na Figura 59).

A Figura 61 traz as probabilidades de ao menos um escorregamento ocorrer em cada bairro de Vitória, em diferentes períodos, com base em ocorrências pretéritas. As probabilidades são as da Tabela 28. Em 50 anos, todos os bairros têm mais de 94% de chances de sofrer ao menos um escorregamento translacional.

Gurigica e Forte São João têm 96 e 92% de chance de registrar ao menos um escorregamento translacional em um ano, respectivamente. Ainda no período de retorno de um ano, 11 bairros têm entre 78 e 51% de chance de ter um escorregamento, enquanto 14 têm 5%.

À medida que o tempo de retorno aumenta, a probabilidade de um escorregamento translacional ocorrer aumenta. Em dois anos, Gurigica e Forte São João, por exemplo, passam ter 100 e 99% de chance de ter um escorregamento translacional. Outros oito bairros têm mais de 80% de probabilidade, enquanto 21 têm chance de 20% ou menos.

Figura 61 – Perigo (ou probabilidades temporais) de escorregamentos translacionais em Vitória, por bairros.



Fonte: elaborado pela autora.

7.4 VULNERABILIDADE SOCIAL DE VITÓRIA

A construção do índice de vulnerabilidade social (SoVI) para Vitória, através da Análise de Componentes Principais, resultou em dez fatores que explicam 73,5% da variância das informações demográficas. A Tabela 29 lista as componentes, com suas cardinalidades, nomes, percentuais da variância explicada, as variáveis dominantes e suas cargas fatoriais. A espacialização dos fatores está na Figura 62.

O primeiro fator componente, denominado “Educação, estrutura de moradia e organização familiar”, tem cardinalidade positiva (isto é, contribui para aumentar a vulnerabilidade social), nove variáveis principais e explica 25,35% da variância. Espacialmente, como pode ser observado na Figura 62, as áreas com os valores mais altos neste fator se concentram nas regionais VII – São Pedro e III – Jucutuquara, nas porções noroeste e sudeste, respectivamente. Das nove variáveis principais, apenas duas tem correlação negativa – mulheres na força de trabalho, -0,714, e mediana de aluguéis, -0,572 – apontando para a ausência das mulheres no mercado de trabalho e valores de aluguéis pagos mais baixos. As outras sete variáveis apontam que as moradias tendem a ter paredes externas de baixa qualidade, população recipiente de auxílios de programas sociais como o Bolsa Família ou do Programa de Erradicação do Trabalho Infantil, analfabeta, sem Ensino Médio completo, com alguma deficiência permanente, morando em residências multifamiliares e com trabalhos no Setor Primário.

O segundo fator componente recebeu o nome de “Ocupações e a dependência social” e explica 15,43% da variância total, com oito variáveis principais e cardinalidade absoluta. Apenas a variável de razão de dependência (proporção da população com menos de 5 e mais de 65 anos de idade) tem correlação negativa, indicando que a população é composta por pessoas jovens e adultas. Ainda na questão de dependência social, as variáveis com correlação mais altas são as de população com alguma dificuldade e deficiência permanente, aposentados e pensionistas. Sobre as ocupações, se destacam os trabalhadores sem carteira assinada e trabalhadores no Serviço Público e Setor Extrativista. Os valores mais altos se concentram nas regionais VIII – Jardim Camburi e IX – Jardim da Penha (Figura 62).

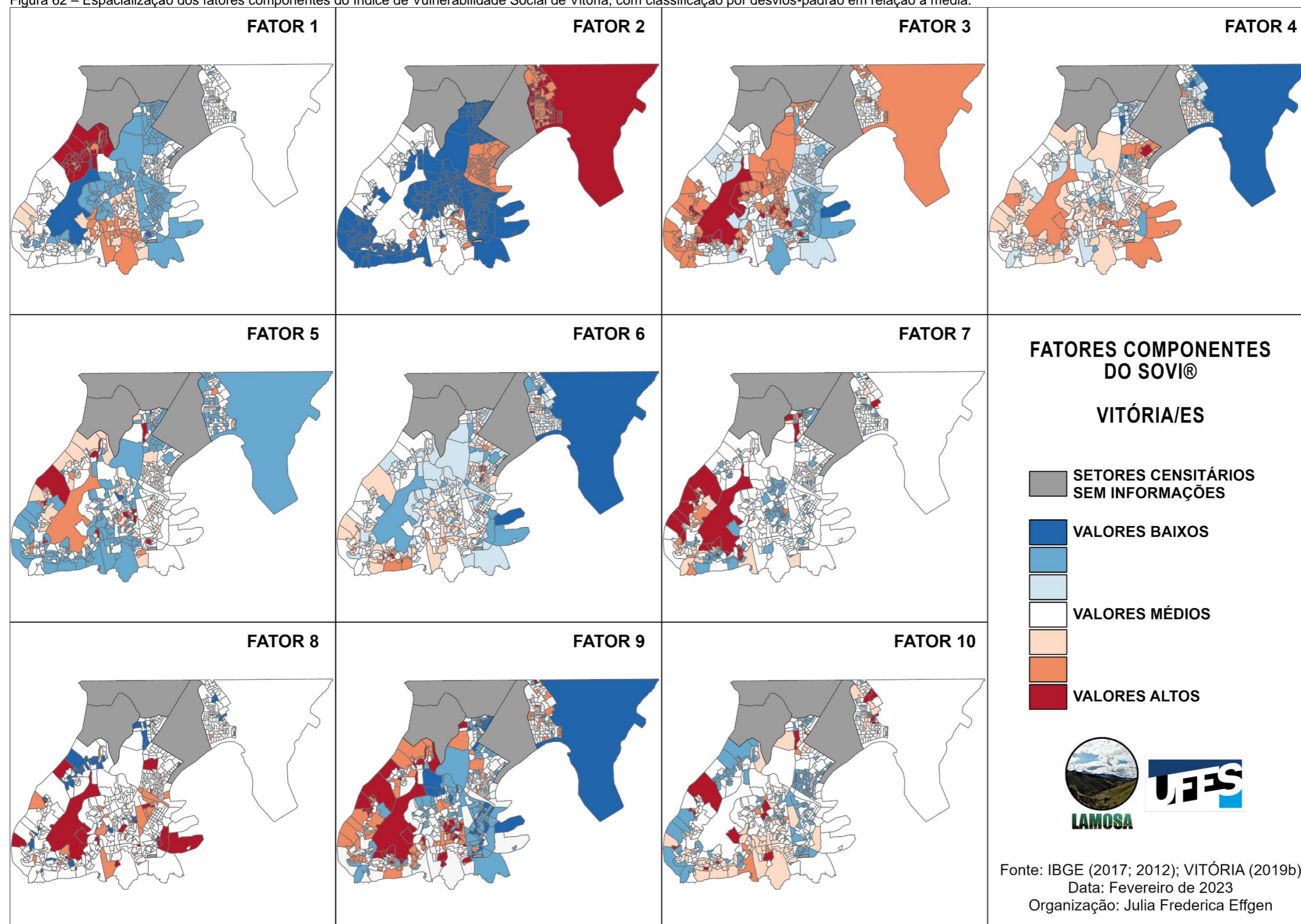
Tabela 29 – Fatores componentes do Índice de Vulnerabilidade Social de Vitória, com suas cardinalidades, percentuais de variância explicada, variáveis dominantes e suas cargas fatoriais.

FATOR COMPONENTE	CARDINALIDADE	NOME	% DA VARIÂNCIA EXPLICADA	VARIÁVEIS DOMINANTES	CARGA FATORIAL	
1	+	Educação, estrutura de moradia e organização familiar	25,35	V43	Baixa qualidade das paredes externas	0,934
				V35	Recipientes de Bolsa Família ou PETI	0,899
				V33	População Analfabeta	0,893
				V32	Ensino Médio Incompleto	0,890
				V07	Residências multifamiliares	0,821
				V11	Mulheres na força de trabalho	-0,714
				V21	Ocupações no Setor Primário	0,667
				V37	População com deficiência permanente	0,664
				V29	Mediana de aluguéis	-0,572
				2	=	Ocupações e dependência social
V34	Aposentados e Pensionistas	0,932				
V27	Trabalhadores sem carteira assinada	0,923				
V26	Ocupações no Serviço Público	0,890				
V22	Ocupações no Setor Extrativista	0,876				
V44	População Estrangeira	0,835				
V37	População com deficiência permanente	0,627				
V19	Razão de dependência	-0,505				
3	+	Cor ou raça (preta e parda), renda, idade (jovens)	7,06	V09	Renda per capita	-0,769
				V16	População parda	0,724
				V14	População negra	0,689
				V18	Mediana de idade	-0,648
				V29	Mediana de aluguéis	-0,642
				V08	Média de residentes por moradia	0,563
4	-	Propriedades	5,95	V30	População em moradias próprias	0,894
				V28	População em moradias alugadas	-0,876
5	+	Pobreza extrema	3,98	V04	Domicílios com renda mensal per capita entre 1/8 e 1/4 SM	0,791
				V02	Domicílios sem renda mensal per capita	0,758
				V03	Domicílios com renda mensal per capita inferior a 1/8 SM	0,523
6	+	Gênero (mulheres)	3,81	V12	Razão de rendimentos mensais entre mulheres e homens	0,836
				V10	População feminina	0,703
				V31	Moradias chefiadas por mulheres	0,658
7	+	Renda	3,50	V06	Domicílios com renda mensal per capita entre 1/2 e 1 SM	0,802

FATOR COMPONENTE	CARDINALIDADE	NOME	% DA VARIÂNCIA EXPLICADA	VARIÁVEIS DOMINANTES		CARGA FATORIAL
				V05	Domicílios com renda mensal per capita 1/4 e 1/2 SM	0,757
				V41	Moradias sem coleta de lixo	0,813
8	+	Estrutura de moradias (saneamento básico)	3,05	V39	Moradias sem esgotamento sanitário	0,784
				V15	População amarela	0,683
				V17	População indígena	0,581
9	+	Cor ou raça (amarela e indígena) e energia elétrica	2,73	V42	Moradias sem energia elétrica	0,505
10	=	Renda de domicílios improvisados	2,63	V01	Renda mensal de domicílios improvisados	0,705
VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA				73,49		

Fonte: elaborado pela autora.

Figura 62 – Espacialização dos fatores componentes do Índice de Vulnerabilidade Social de Vitória, com classificação por desvios-padrão em relação à média.



Fonte: elaborado pela autora.

O fator 3, “Cor ou raça (preta ou parda), renda, idade (jovens)”, tem cardinalidade positiva e representa 7,06% da variância total. Das seis variáveis principais, três tem correlação negativa (renda per capita, mediana de idade e mediana de aluguéis) e três tem correlação positiva (populações parda e negra e média de residentes por moradia). A combinação dessas variáveis indica a presença de população de cores (ou raças) parda e negra, mais moradores por moradia, baixa renda per capita, população jovem adulta e baixo valor pago em aluguéis. Esse fator tem seus valores mais baixos (logo, contribuem para menor vulnerabilidade), predominantemente, nas regionais V – Praia do Canto e IX – Jardim da Penha (a leste, rentes ao litoral, na Figura 62).

O fator 4, denominado “Propriedades”, se refere às condições de moradia da população em relação à posse. A variância desse fator é de 5,95% do total, com somente dois fatores prevalentes: populações em moradia própria (com correlação positiva) e populações em moradias alugadas (correlação negativa). A cardinalidade é negativa, uma vez que a população em moradia alugada tem maior vulnerabilidade social.

O fator 5 foi nomeado “Pobreza Extrema”, representando 3,98% da variância total do modelo, cardinalidade positiva e três variáveis principais – todas sobre rendimentos per capita mensal, com correlações positivas. As variáveis versam sobre domicílios com rendimentos per capita mensal entre 1/8 e 1/4 de salário-mínimo (R\$ 63,75 e R\$ 127,50), menor que 1/8 salário-mínimo e sem rendimento mensal per capita. Segundo o último Censo Demográfico (de 2010), 28,7% da população de Vitória tem rendimento per capita mensal menor que metade de um salário-mínimo (ou seja, R\$ 255) (IBGE, 2022b). Na Figura 62, os setores censitários com os valores mais altos desse fator se concentram, predominantemente, ao redor do Maciço Central, em colinas costeiras e perto de manguezais.

O fator 6, denominado “Gênero (mulheres)”, explica 3,81% da variância total, tem cardinalidade positiva e três variáveis principais com relação à população feminina com correlação positiva: razão de rendimentos mensais entre mulheres e homens, a proporção de mulheres na população e a proporção de moradias chefiadas por mulheres. Esse fator, especialmente, tem seus valores mais altos dispersos, com certa concentração nas regionais I – Centro, VIII – Jardim Camburi e IX – Jardim da Penha (Figura 62).

O fator 7 foi nomeado “Renda Baixa”, tem cardinalidade positiva, duas variáveis principais e explica 3,50% da variância do modelo de vulnerabilidade. Essa componente versa sobre domicílios com rendimento per capita mensal entre 1/2 e 1 e entre 1/4 e 1/2 de um salário-mínimo (respectivamente, R\$ 255-510 e R\$ 127,50-255). Assim como o fator 5, espacialmente, o fator 7 concentra seus valores mais altos ao redor do Maciço Central (nas regionais I – Centro e II – Santo Antônio) e próximas ao manguezal de Maria Ortiz (na regional VI – Goiabeiras), como exposto na Figura 62.

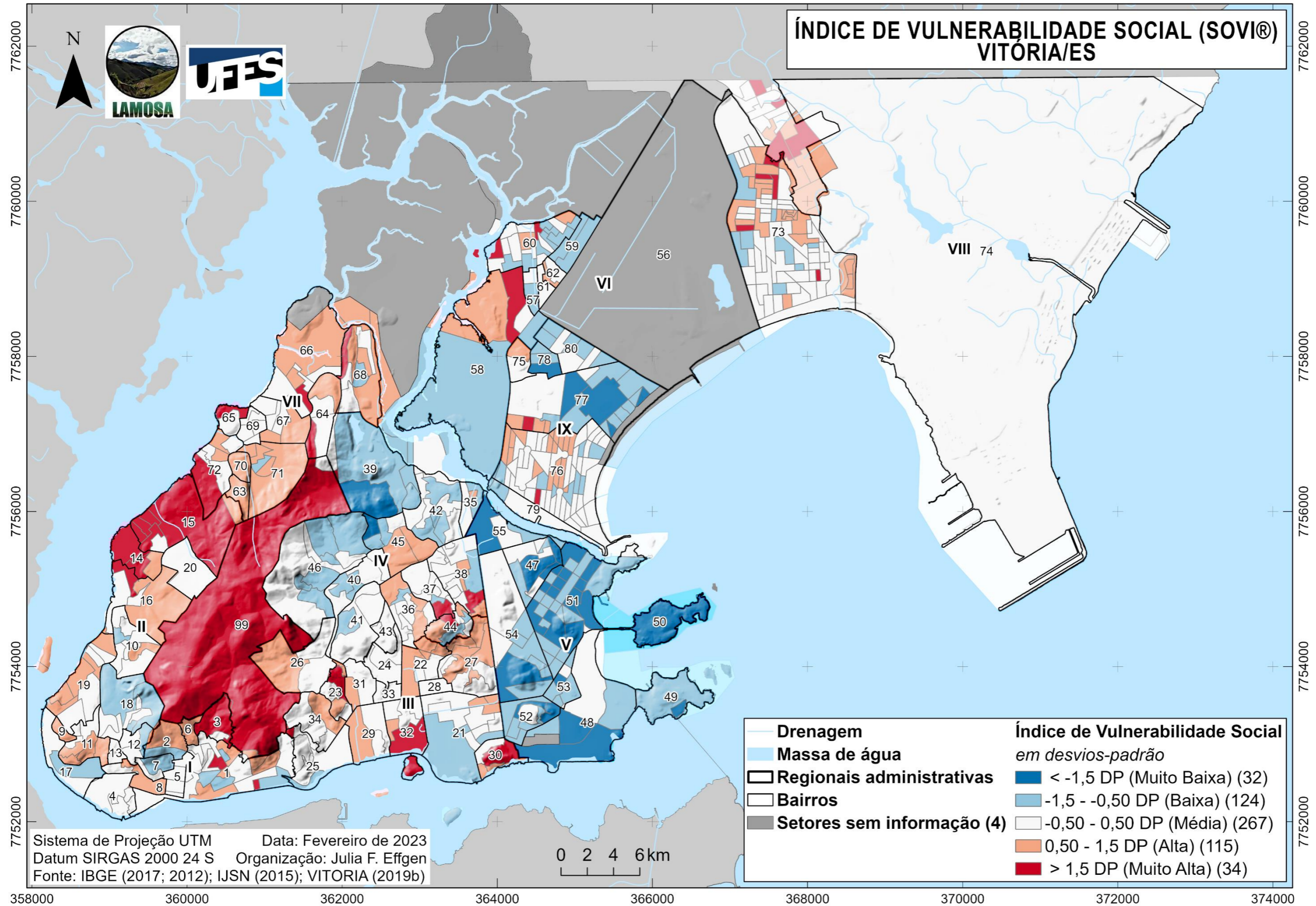
O fator 8 foi nomeado “Estrutura de moradias (saneamento básico)”, tem duas variáveis principais, cardinalidade positiva e explica 3,05% da vulnerabilidade social. As variáveis tratam de moradias sem coleta de lixo e esgotamento sanitário ligado à rede geral. Vitória tem 98,1% de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2022b). As áreas com valores mais altos deste fator são as que tem moradias sem ligação à rede de esgoto e/ou sem coleta de lixo (ou seja, são moradias onde o lixo é enterrado, queimado ou despejado em áreas impróprias), sem aparente distinção espacial.

O fator 9 foi chamado “Cor ou raça (amarela e indígena) e energia elétrica” e tem três variáveis principais (todas com correlação positiva), cardinalidade positiva, explicando 2,73% da variância total. Os valores altos, novamente, estão ao redor do Maciço Central, em colinas costeiras e em manguezais (Figura 62).

O último fator tem apenas uma variável (renda média mensal de domicílios improvisados), cardinalidade absoluta e foi denominado, portanto, “Domicílios improvisados”. Esse fator é um indicativo da presença de domicílios improvisados nos setores censitários, que segundo o IBGE (2010) são os que estão em locais não destinados exclusivamente à moradia ou inadequados à habitação, como lojas, fábricas, *trailers*, barracas, tendas, prédios em construção, grutas, etc. Assim como os outros fatores relacionados à renda, os valores altos aparecem ao redor do Maciço Central, em colinas costeiras e em manguezais (Figura 62).

O Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) de Vitória, exposto na Figura 63, demonstra que as áreas menos vulneráveis estão concentradas nos bairros à leste do Maciço Central, rentes ao litoral, enquanto os locais mais vulneráveis estão associados ao Maciço Central, manguezais e às colinas costeiras.

Figura 63 – Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) de Vitória.
358000 360000 362000 364000 366000 368000 370000 372000 374000



Fonte: elaborado pela autora.

Os 32 setores censitários menos vulneráveis socialmente (com menos de -1,5 desvios-padrão da média) representam 5,59% dos setores do município e se localizam, em grande parte, nas regionais V – Praia do Canto e IX – Jardim da Penha. A exceção são dois setores localizados na regional IV – Maruípe.

A regional V – Praia do Canto tem, segundo o Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (VITÓRIA, 2020b), uma das melhores infraestruturas do município e é um polo de atividades comerciais e de serviços. Essa regional abriga, por exemplo, a Assembleia Legislativa do Espírito Santo, o Shopping Vitória (um dos maiores e mais antigos do estado), a sede estadual da Petrobras, o Palácio do Café (sede do escritório estadual do IBGE e antigo local de negociação de café), pontos turísticos como o Projeto Tamar, a Praça do Papa, o Triângulo das Bermudas (área de bares, boates e restaurantes), hotéis e lojas de luxo. A vulnerabilidade social da regional Praia do Canto varia entre média e muito baixa – sendo que o setor menos vulnerável do município é o da Ilha do Frade (bairro 50 na Figura 63), que tem a maior renda per capita da capital (R\$ 9722).

Os outros setores censitários classificados como menos socialmente vulneráveis ficam em Joana D'Arc, São Cristóvão, Mata da Praia e Morada de Camburi (bairros 39, 45, 77 e 78, nas regionais IV – Maruípe e IX – Jardim da Penha, respectivamente), em áreas que começaram a ser ocupadas nas décadas de 1960 e 1970 (VITÓRIA, 2016).

A distribuição espacial das áreas socialmente vulneráveis de Vitória é compatível a verificada em estudo de vulnerabilidade socioambiental realizado por Carreço e Castiglioni (2018). Os autores utilizaram os bairros como recorte espacial de análise e variáveis relacionadas ao meio físico (declividade), de segurança pública (crimes contra pessoas e patrimônios) e equipamentos de educação, além de variáveis do Censo Demográfico.

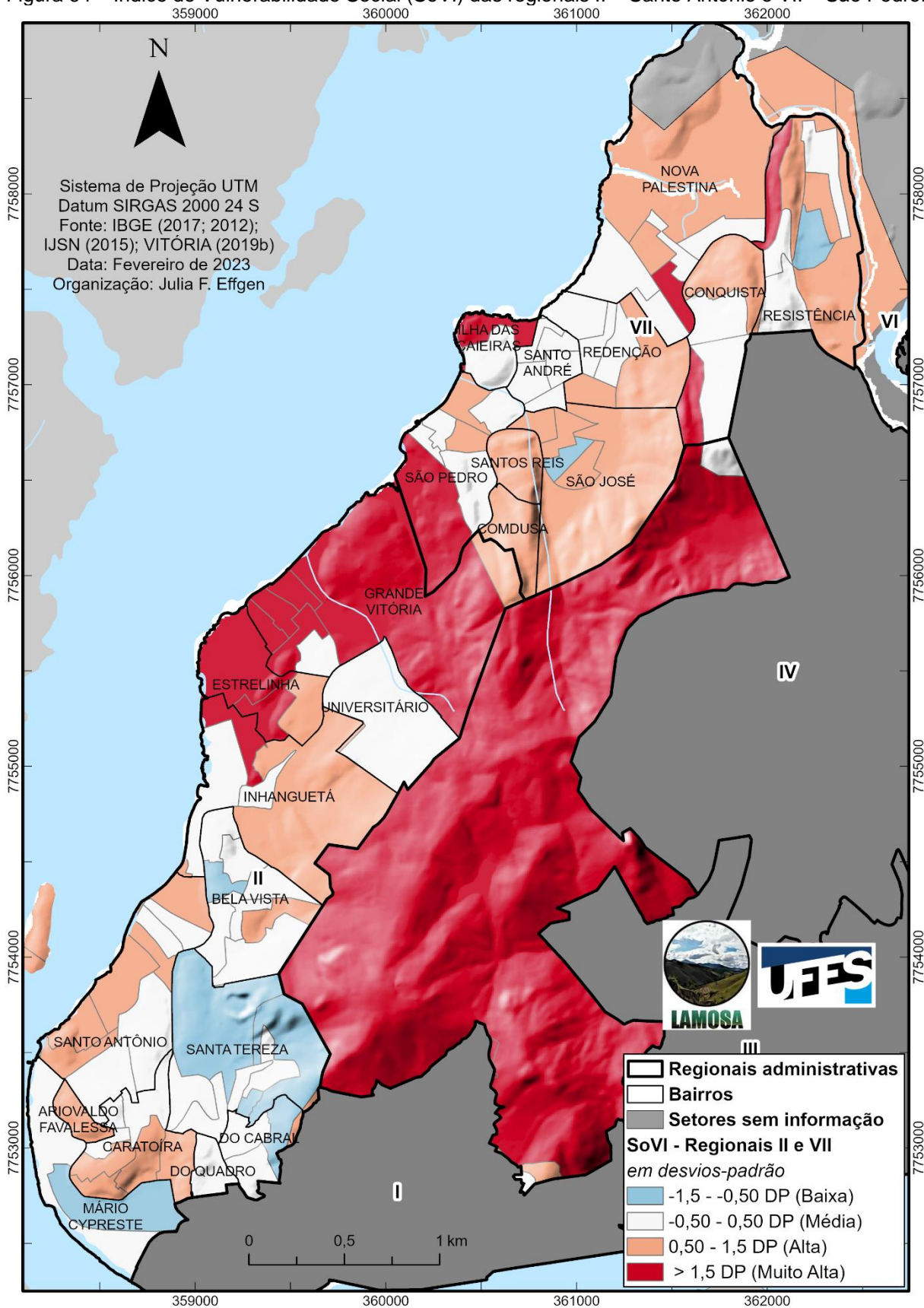
As áreas de mais alta vulnerabilidade social da regional I – Centro se concentram nos bairros localizados no entorno das vertentes do Maciço Central, como Vila Rubim, do Moscoso, Piedade, Fonte Grande e Centro (números 8, 2, 6, 3 e 1 na Figura 63). A ocupação e formação da cidade de Vitória se iniciou nessa regional (VITÓRIA, 2020b), que conta com a presença de diversos prédios e monumentos históricos, como a

Catedral Metropolitana, o Palácio Anchieta (sede do Governo Estadual), a Igreja de Nossa Senhora do Rosário, a Praça Costa Pereira e o Teatro Carlos Gomes.

A regional II – Santo Antônio foi onde começou o processo de colonização de Vitória (2020b), no bairro homônimo. As áreas de baixa e média vulnerabilidade social (em azul claro e branco, na Figura 64) estão associadas, predominantemente, aos bairros Mário Cypreste, do Cabral, Santa Tereza, Bela Vista e Universitário. Esses bairros são de ocupação urbana mais antiga, com a formação do bairro Santa Tereza entre as décadas de 1940-1950 (VITÓRIA, 2016). Os setores censitários de vulnerabilidade social alta estão distribuídos nos bairros Caratoíra, Ariovaldo Favalessa, Santo Antônio, Bela Vista e Inhanguetá, enquanto as áreas de vulnerabilidade social mais alta se concentram nas proximidades da regional VII – São Pedro, com destaque para os bairros Estrelinha e Grande Vitória. Os fatores componentes que contribuem para o aumento da vulnerabilidade social dessa regional são os que versam sobre a cor ou raça e a renda da população local (fatores 3 e 7).

A regional VII – São Pedro está localizada na porção noroeste do município, entre o Maciço Central e o manguezal de Vitória. Apenas dois setores censitários foram classificados com baixa vulnerabilidade social (um em São José e um em Resistência; Figura 64). Os setores censitários com valores próximos à média do SoVI estão presentes em todos os bairros da regional, com exceção do bairro Santos Reis, Comdusa e São José. As áreas de vulnerabilidade social alta e muito alta refletem a condição de região mais carente do município, que começou a ser ocupada no final da década de 1970 e teve expansão populacional durante a década de 1980, ligada ao antigo depósito de lixo municipal (SILVA, 2019; VITÓRIA, 2020b). O documentário “Lugar de Toda Pobreza”, de Amylton de Almeida (1983), ilustra essa ocupação de São Pedro, onde cerca de 500 famílias disputavam o lixo da capital capixaba (inclusive hospitalar), para vender plásticos e papéis para reciclagem e resgatar sobras de alimentos e roupas para uso e consumo próprios, em condições de extrema insalubridade. Os componentes que contribuem para o aumento da vulnerabilidade social nessa regional são os relativos à educação da população, estrutura de moradias e organização familiar (fator 1), pobreza extrema (fator 5), cor ou raça (amarela e indígena) e energia elétrica (fator 9), os quais se relacionam ao histórico local de baixa infraestrutura e precariedade na ocupação.

Figura 64 – Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) das regionais II – Santo Antônio e VII – São Pedro.



Fonte: elaborado pela autora.

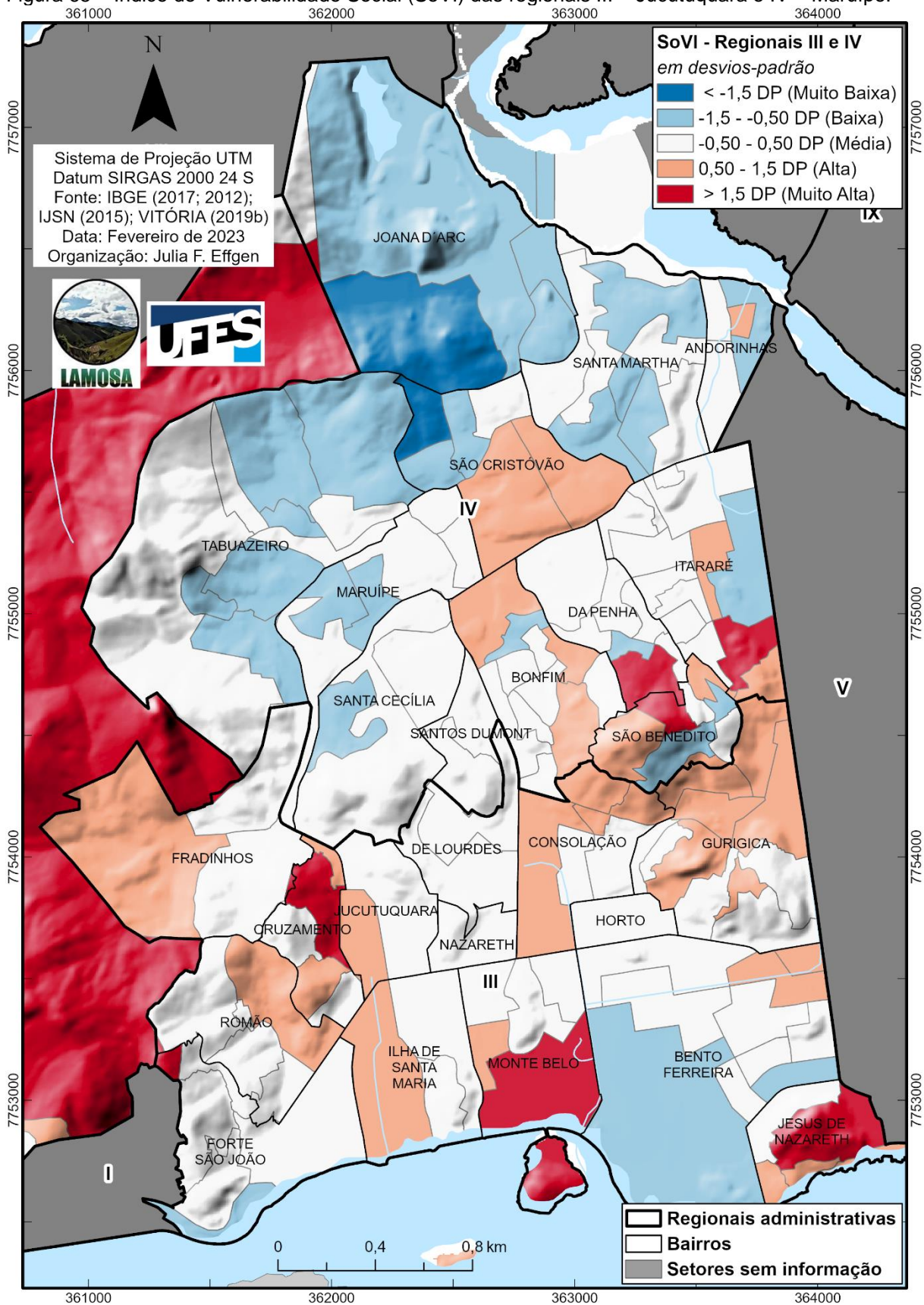
Os aterros feitos nas regionais II – Santo Antônio (1975 e 1989) e VII – São Pedro (1979 e 1993), deram origem a bairros como Mário Cypreste e aumentaram a oferta de áreas para ocupação em bairros como Santo Antônio, Inhanguetá, Grande Vitória, São Pedro, Santo André, Redenção, Nova Palestina e Resistência (COELHO, 2017; SÁ; BOURGUIGNON, 2016), contribuindo para a melhoria de qualidade de vida nessas regionais.

A Figura 65 ilustra a distribuição do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) nas regionais III – Jucutuquara e IV – Maruípe, onde os setores censitários de maior vulnerabilidade social estão associados ao Maciço Central (como nos bairros Romão, Cruzamento e Fradinhos), às colinas costeiras (Monte Belo, Jesus de Nazareth, Gurigica e São Benedito) e às zonas de aterros em manguezais (Bento Ferreira, Jucutuquara e Ilha de Santa Maria).

A regional IV – Maruípe teve sua ocupação urbana iniciada a partir da década de 1930, com o loteamento Vila Maruhype, e intensificada em 1940 (VITÓRIA, 2020b). As áreas de maior vulnerabilidade social estão, de forma isolada, nos bairros São Cristóvão e Andorinhas e, agrupadas, no entorno do morro de São Benedito, onde estão os bairros Bonfim, da Penha, Itararé e São Benedito. O restante da regional tem índices de vulnerabilidade social variando entre os valores médios e muito baixos (Figura 65). Quando analisadas por componentes, as maiores contribuições à vulnerabilidade social (tanto aumentando quanto diminuindo) são dadas pelos fatores relativos à educação, estrutura das moradias, organização familiar, à cor ou raça (preta, parda, indígena e amarela), renda (mensal per capita e mensal de domicílios improvisados), idade e ligação à rede geral de energia.

A regional III – Jucutuquara é a regional com a maior extensão de aterros do município (VITÓRIA, 2020b), com bairros inteiramente formados por aterros (como o Horto, com 99,46% de área aterrada) e outros com mais de 50% de sua extensão aterrada (COELHO, 2017). Esses aterros foram realizados em 1925, no âmbito do Projeto do Novo Arrabalde, que permitiu a ocupação da área entre as atuais regionais III – Jucutuquara, IV – Maruípe e parte da V – Praia do Canto, e em 1941, numa faixa que se estende do Forte São João até Bento Ferreira (SÁ; BOURGUIGNON, 2016). As zonas aterradas da regional III – Jucutuquara eram manguezais e terrenos alagadiços associados à foz do córrego Jucutuquara, o qual nasce em Fradinhos e deságua na Baía de Vitória, no bairro de Ilha Santa Maria, e outros córregos menores.

Figura 65 – Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) das regionais III – Jucutuquara e IV – Maruípe.



Fonte: elaborado pela autora.

As áreas planas, em grande parte aterradas, têm classificação de vulnerabilidade social variando de baixa a muito alta (Figura 65). As áreas de mais alta vulnerabilidade social se localizam nas encostas do Maciço Central (em Fradinhos, Cruzamento, Romão e no topo do Forte São João) e das colinas costeiras, nos bairros Gurigica, Consolação, Jesus de Nazareth e Monte Belo.

Os componentes que contribuem para a alta vulnerabilidade social são os relacionados à estrutura das moradias, educação e organização das famílias (componente 1), condição de propriedade das moradias (componente 4) e a renda dos domicílios improvisados (componente 10). Por outro lado, fatores ligados à renda, cor ou raça, ocupações e dependência social, estrutura de moradias (2, 3, 5, 7, 8 e 9) diminuem o índice de vulnerabilidade social na regional III – Jucutuquara ou o aproximam da média.

Os três primeiros fatores componentes do Índice de Vulnerabilidade Social de Vitória, quando somados, correspondem a 47,85% da variância total explicada (isto é, quase 2/3 da variância total explicada pelo modelo). As variáveis versam, principalmente, sobre a estrutura familiar e de moradias (presença de residências multifamiliares e moradias com paredes de baixa qualidade construtiva, com alta média de residentes por moradia), condições de ocupação (trabalhadores nos setores Primário, Extrativista e Serviço Público), renda (per capita mensal, mediana de valores pagos em aluguéis e população beneficiária de programas sociais), educação (presença de população analfabeta e com ensino médio incompleto), idade (população jovem e adulta) e cor ou raça da população (parda e negra).

No Brasil, outros índices de vulnerabilidade social foram construídos utilizando o método desenvolvido por Cutter, Boruff e Shirley (2003). A convergência dos temas cor ou raça, renda, infraestrutura das moradias e do entorno e educação é prevalente em diversos estudos.

Na bacia do rio Maranguapinho, localizado na Região Metropolitana de Fortaleza (CE), Almeida (2012) identificou quatro fatores componentes, ligados à baixa escolaridade, baixa qualidade de infraestrutura e habitação e idade da população (presença de idosos e jovens).

Em Nova Friburgo (RJ), foram identificados seis fatores componentes, com destaque para variáveis ligadas a qualidade e densidade do ambiente construído, zonas

urbanas/rurais, educação, raça e status socioeconômicos. Os autores encontraram uma correlação fraca entre o índice de vulnerabilidade social e as fatalidades ocorridas no Megadesastre de 2011, em função da grande magnitude e distribuição espacial dos eventos de movimentos de massa, que atingiram todos os estratos sociais (CARDOZO; MONTEIRO, 2019).

Para a cidade de São Paulo (SP), dois índices de vulnerabilidade social distintos foram calculados: um utilizando como recorte espacial os setores censitários (GOTO; SUAREZ; YE, 2022) e outro realizado para bacias hidrográficas (RONCANCIO; NARDOCCI, 2016).

O estudo feito para bacias hidrográficas identificou cinco componentes de vulnerabilidade social, com variáveis ligadas à urbanização, presença de aglomerados subnormais, infraestrutura das moradias, educação e cor ou raça da população (calculada como a proporção das minorias raciais em relação a população branca) (RONCANCIO; NARDOCCI, 2016). Por sua vez, o estudo feito com base nos setores censitários identificou sete fatores componentes, com variáveis relacionadas à cor ou raça (parda e negra), renda, infraestrutura de moradias e educação (GOTO; SUAREZ; YE, 2022).

Hummell, Cutter e Emrich (2016) calcularam o índice de vulnerabilidade social para o Brasil, usando os municípios como recorte espacial. Os autores identificaram dez fatores componentes, sendo que os principais têm variáveis relacionadas à pobreza, cor ou raça, educação e infraestrutura.

Gomes e Mello (2021), em estudo relacionando indicadores de precariedade (como o não abastecimento de água e coleta de esgoto, ausência de banheiros nas moradias e ameaça de solapamentos, movimentos de massa ou inundações) e cor ou raça (diferenciando população negra, somatório das populações de cor parda e preta, e não-negra) em três favelas de São Bernardo do Campo (SP), encontraram correlação positiva entre altos índices de precariedade e a população negra nas áreas estudadas. Os autores argumentam que o Brasil, como um todo, traz em suas cidades heranças do período escravagista na forma de racismo ambiental, uma vez que

“[...] os negros compõem uma parcela significativa dos pobres no Brasil e as soluções para carências habitacionais, de transporte, educação, lazer, entre outras, pouco foram pensadas para esta classe (e aparentam continuar dessa forma), quanto mais para grupos raciais. [...]” (GOMES; MELLO, 2021, p. 50).

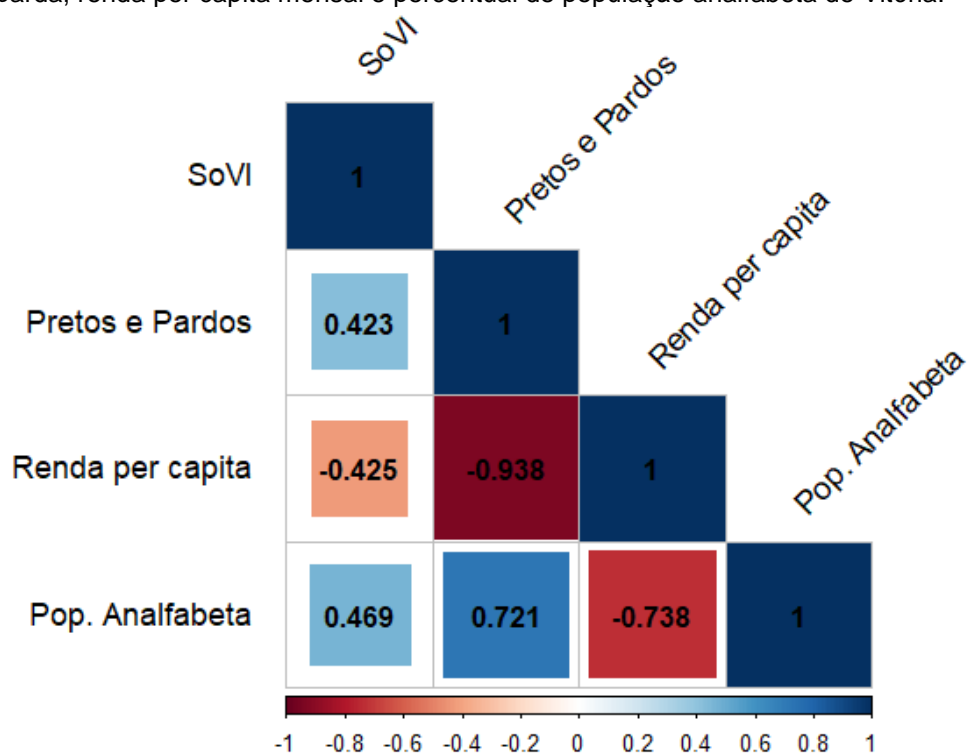
O racismo ambiental é definido por Seguel (2013, apud Filgueira, 2021, p. 189) como

“[...] uma forma de discriminação causada por governos e políticas do setor privado, práticas, ações ou inações, que intencionalmente ou não, agridem o ambiente, a saúde, a biodiversidade, a economia local, a qualidade de vida e a segurança em comunidades, trabalhadores, grupos e indivíduos baseados em raça, classe, cor, gênero, casta, etnicidade e/ou sua origem nacional”.

Em Vitória, os maiores índices de vulnerabilidade social foram observados nas áreas onde, historicamente, a população empobrecida ocupou, como as encostas do Maciço Central, colinas costeiras e em manguezais, em diferentes épocas desde 1920 (VITÓRIA, 2020b).

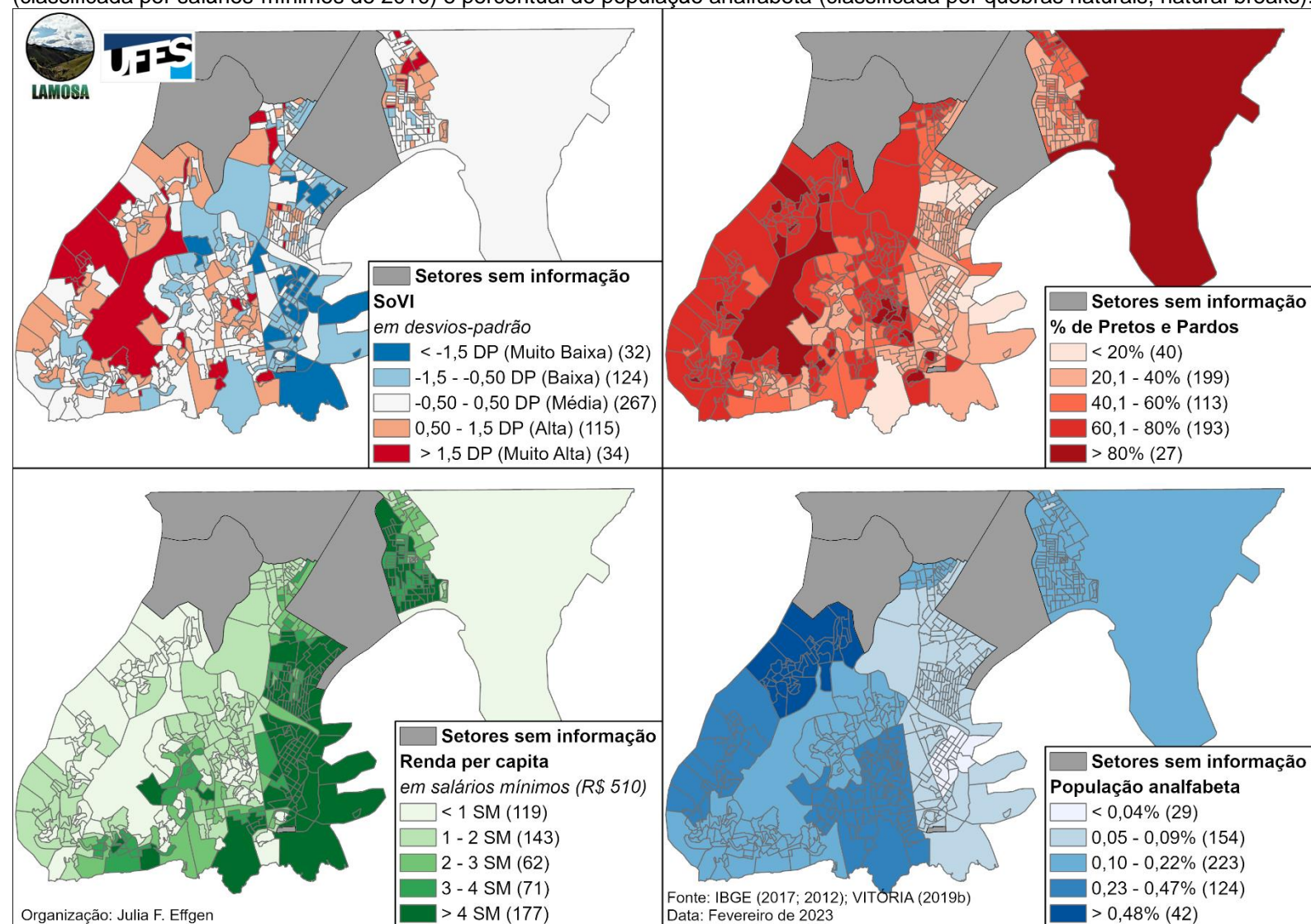
A Figura 66 traz os coeficientes de correlação de *Spearman* entre o Índice de Vulnerabilidade Social, os percentuais da população preta e parda e analfabeta e a renda per capita mensal de Vitória. A Figura 67 traz a distribuição espacial dos fatores.

Figura 66 – Coeficientes de correlação de *Spearman* entre o SoVI, percentual de população preta e parda, renda per capita mensal e percentual de população analfabeta de Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 67 – Comparação do Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) de Vitória, percentual de população de cor ou raça preta ou parda, renda per capita mensal (classificada por salários-mínimos de 2010) e percentual de população analfabeta (classificada por quebras naturais, natural breaks).



Fonte: elaborado pela autora.

O SoVI apresenta correlação positiva moderada com as populações preta e parda (+0,423) e analfabetas (+0,469), ou seja, a vulnerabilidade social, em Vitória, aumenta moderadamente conforme a população se torna mais escura e menos instruída. Quando comparado com a renda per capita mensal, o SoVI apresenta correlação de força moderada negativa (-0,425), apontando para a maior vulnerabilidade social em populações empobrecidas.

A renda per capita mensal tem correlação negativa muito forte com o percentual de população preta e parda de Vitória (-0,938). A renda per capita mensal mais alta se concentra nas regionais litorâneas a leste (Praia do Canto, Jardim da Penha e Jardim Camburi), como pode ser observado na Figura 67. Essas mesmas regionais administrativas têm, em geral, os menores percentuais de populações de cores preta e parda. Inversamente, os setores com menores rendas per capita mensais abrigam os maiores percentuais de população preta e parda.

A correlação entre o analfabetismo e a população preta e parda é forte e positiva (+0,721), enquanto a correlação entre analfabetismo e a renda per capita mensal é forte e negativa (-0,738). Pode-se inferir que a população preta e parda é menos atendida por serviços escolares, seja por dificuldade de acesso ou de permanência, com efeito direto na sua renda.

7.4.1 Teste de hipótese de agrupamento espacial

Em Vitória, o Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI) apresenta forte agrupamento espacial. A autocorrelação espacial, medida pelo índice global de Moran (*Global Moran's I*) foi de +0,448 ($p=0,000$). O valor-z de 18,283 indica que existe menos de 1% de chance de o agrupamento verificado ter sido resultado de aleatoriedade.

O indicador local de autocorrelação espacial (LISA), apresentado na Figura 68, mostra onde existem agrupamentos de vulnerabilidade social alta e baixa no município de Vitória. A maioria dos setores censitários não apresenta autocorrelação espacial significativa, com destaque para as regionais I – Centro e IV – Marúpe e partes das regionais II – Santo Antônio, VIII – Jardim Camburi e IX – Jardim da Penha, refletindo

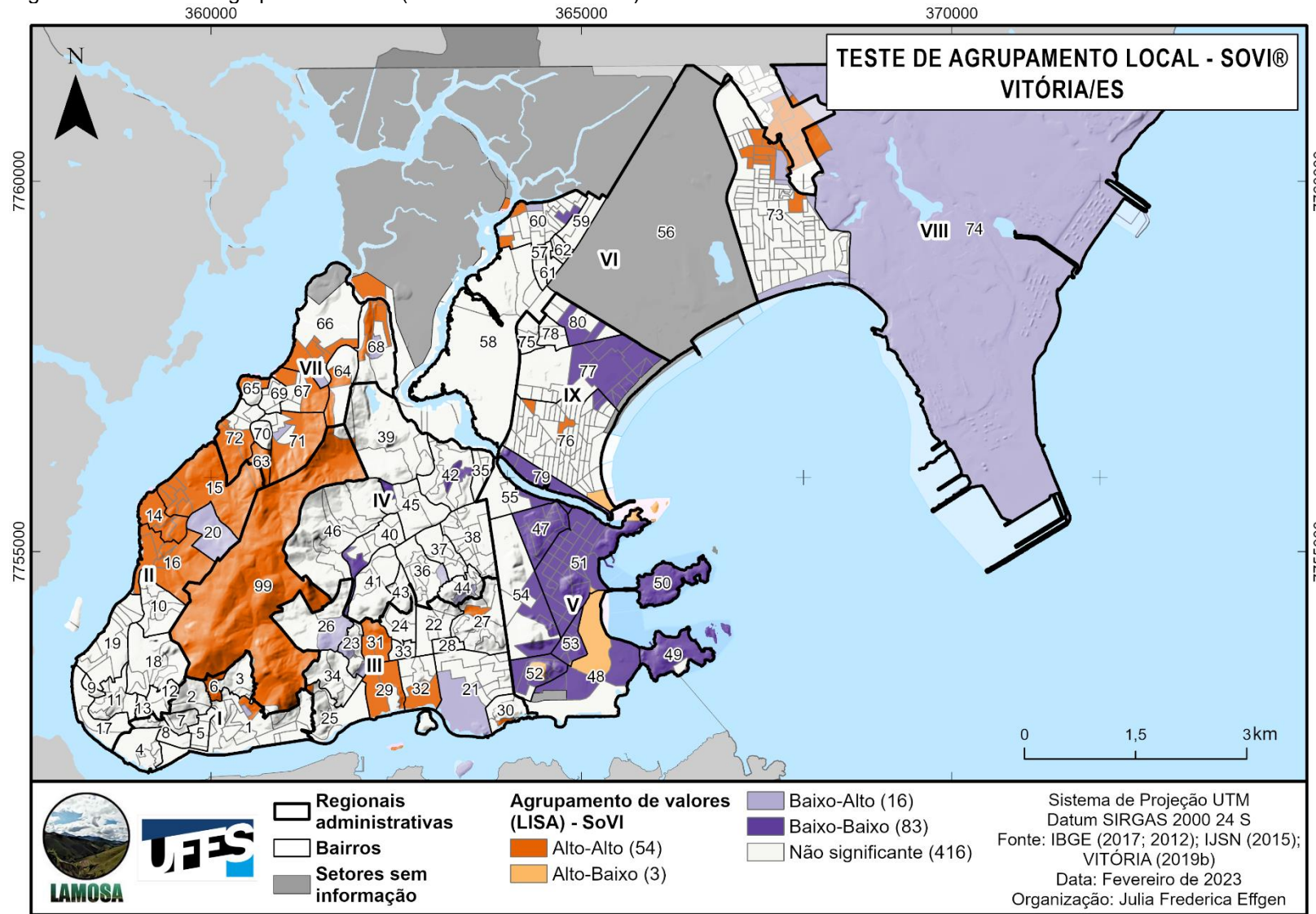
a variação de vulnerabilidade social entre os setores censitários verificada na espacialização do SoVI (Figura 63).

Os maiores agrupamento de zonas de baixa vulnerabilidade social (na Figura 68, em roxo escuro, Baixo-Baixo) estão na regional V – Praia do Canto, zona nobre do município, e em uma faixa entre os bairros Jardim da Penha, Mata da Praia e República, na regional IX – Jardim da Penha (números 76, 77 e 80). O agrupamento da regional V – Praia do Canto se estende desde a Praia do Suá (número 52, no sul da regional) até Pontal de Camburi (número 78, na regional IX – Jardim da Penha).

O agrupamento de valores altos de vulnerabilidade social (em laranja, na Figura 68) ocorre na face noroeste do Maciço Central, entre as regionais II – Santo Antônio e VII – São Pedro, e em manchas nas regionais III – Jucutuquara e VIII – Jardim Camburi.

As áreas de agrupamento do tipo Alto-Baixo e Baixo-Alto são de transição entre setores censitários com índices de vulnerabilidade social divergentes. A classe Alto-Baixo identifica os setores onde o índice de vulnerabilidade social é menor que os setores do entorno, como os presentes nos bairros Enseada do Suá (número 48), Praia do Suá (número 52) e Jardim da Penha (número 76). Por outro lado, a classe Baixo-Alto identifica setores com índice de vulnerabilidade social maior que os índices encontrados no entorno, como nos bairros Universitário (número 20), Bento Ferreira (número 21), Fradinhos (número 26) e Resistência (número 68), entre outros.

Figura 68 – Teste de agrupamento local (Anselin Local Moran's I) do Índice de Vulnerabilidade Social de Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

7.5 RISCO DE ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS

A Figura 69 ilustra as áreas de risco de escorregamento translacionais de Vitória, seguindo a classificação apresentada no Quadro 10. A modelagem de risco foi realizada apenas para a extensão emersa e urbanizada do município, onde existe sobreposição das informações de suscetibilidade, perigo e vulnerabilidade social.

A área não-modelada corresponde a 19,80 km² (26,55% da extensão emersa), compreendendo a Área de Preservação Permanente Ilha do Campinho, nas proximidades de Joana D'Arc (bairro assinalado como 39 na Figura 69), a Estação Ecológica Ilha do Lameirão, ao norte do município (VITÓRIA, 2021), e o Aeroporto de Vitória (bairro número 56 na Figura 69).

As classes de risco de Vitória, definidas através de quebras naturais, se dividem conforme a Tabela 30. O menor valor de risco é 0, presente nas áreas de risco baixo ou inexistente sem ocorrências registradas de escorregamentos translacionais, enquanto o valor máximo é 0,488, localizada em Gurigica, bairro que tem a maior quantidade de registros da cidade (com 56 eventos).

Tabela 30 – Valores limiares das classes de risco de escorregamentos translacionais em Vitória, definidas através do método de quebras naturais (*natural breaks (Jenks)*).

CLASSES DE RISCO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Baixo ou inexistente (R1)	0,00	0,04
Médio (R2)	0,041	0,115
Alto (R3)	0,116	0,228
Muito alto (R4)	0,229	0,488

Fonte: elaborado pela autora.

A Tabela 31 traz as áreas e percentuais das classes de risco de escorregamentos translacionais das regionais administrativas de Vitória, com seus residentes e domicílios.

Tabela 31 – Extensões das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios de cada regional administrativa de Vitória.

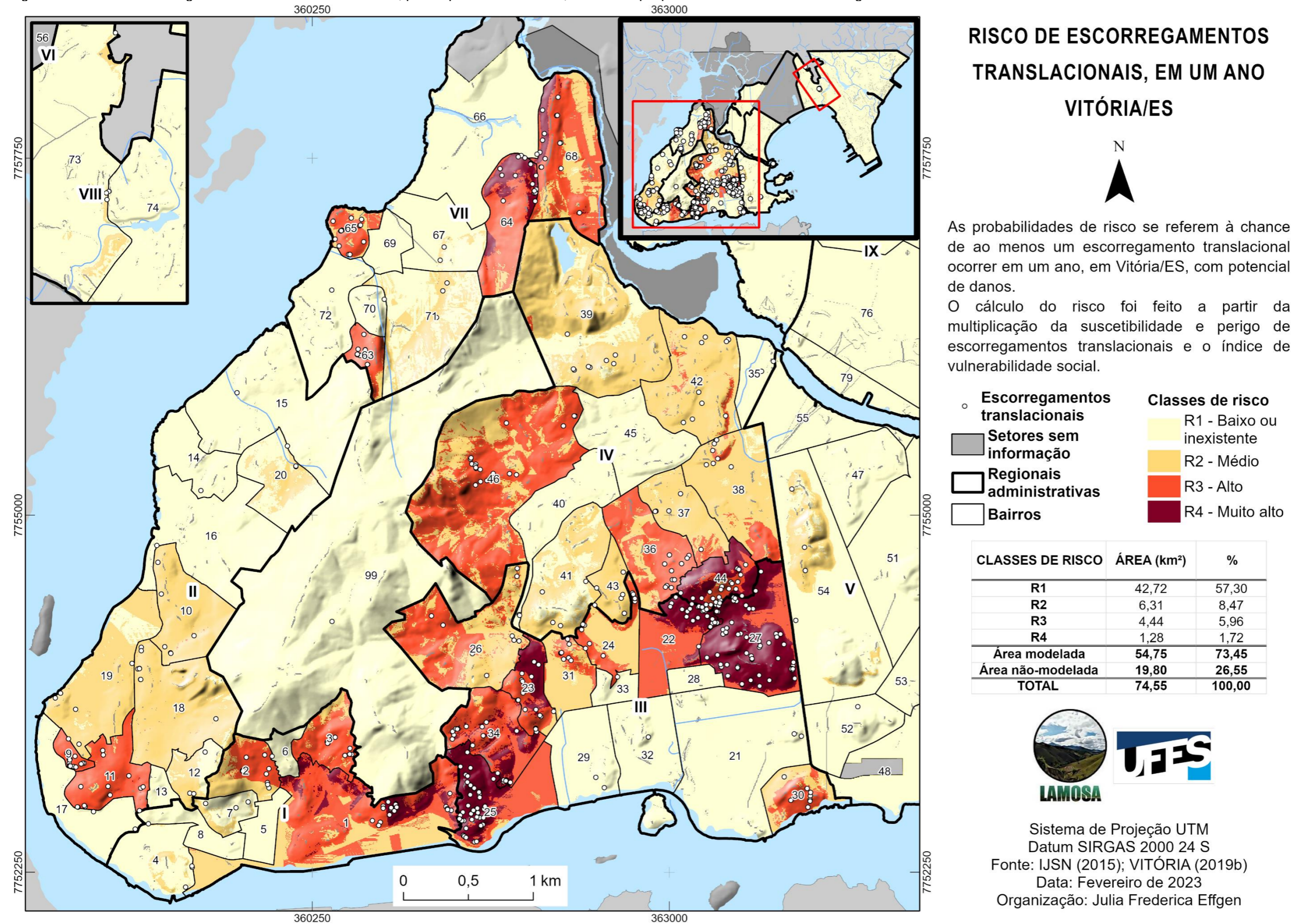
REGIONAIS ADMINISTRATIVAS	RESIDENTES	DOMICÍLIOS	R1, em km ² (%)	R2, em km ² (%)	R3, em km ² (%)	R4, em km ² (%)
I – CENTRO	19.611	6.952	0,68 33,18	0,50 24,45	0,73 35,73	0,14 6,65
II – SANTO ANTÔNIO	35.261	10.796	2,53 57,90	1,54 35,16	0,30 6,94	0,0005 0,01
III – JUCUTUQUARA	34.141	10.796	1,81 38,26	0,74 15,59	1,30 27,62	0,88 18,53
IV – MARUÍPE	54.402	17.009	1,30 23,17	2,81 50,00	1,38 24,49	0,1314 2,34
V – PRAIA DO CANTO	34.236	12.133	4,88 95,96	0,21 4,04	0 0	0 0
VI – GOIABEIRAS	20.316	6.582	3,25 100	0 0	0 0	0 0
VII – SÃO PEDRO	33.746	9.954	2,03 60,62	0,45 13,40	0,73 21,86	0,1382 4,13
VIII – JARDIM CAMBURI	39.169	14.456	19,01 99,59	0,08 0,41	0 0	0 0
IX – JARDIM DA PENHA	48.161	17.207	3,45 100	0 0	0 0	0 0
MACIÇO CENTRAL	132	29	3,78 100	0 0	0 0	0 0
TOTAL	319.175	105.914	42,72 57,30	6,31 8,47	4,44 5,96	1,28 1,72

Fonte: elaborado pela autora; com dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2022a).

As regionais administrativas da porção continental (VI – Goiabeiras, VIII – Jardim Camburi e IX – Jardim da Penha), conforme expostos na Figura 69 e na Tabela 31, têm classificação, majoritariamente, de risco baixo ou inexistente. A classe de risco baixo ou inexistente é caracterizada pela probabilidade baixa ou nula de que um escorregamento translacional aconteça e cause danos ou destruição no período de um ano. São, portanto, áreas de baixa suscetibilidade e recorrência. As regionais VI – Goiabeiras e IX – Jardim da Penha, por exemplo, não tem registros de escorregamentos translacionais.

As regionais supracitadas se caracterizam pela baixa suscetibilidade a escorregamentos translacionais (Figura 59), com áreas pontuais de média suscetibilidade associadas à afloramentos rochosos e a Formação Barreiras, e apenas quatro eventos registrados na regional VIII – Jardim Camburi.

Figura 69 – Risco de escorregamentos translacionais em Vitória, para o período de um ano, com destaque para áreas de risco médio na regional VIII – Jardim Camburi.



Fonte: elaborado pela autora.

No bairro Jardim Camburi (número 73 na Figura 69), localizado na região homônima, existe duas pequenas faixas de risco médio no contato da Formação Barreiras com a planície costeira, uma próxima ao Parque Industrial (bairro número 74) e outra próxima ao bairro de Fátima, na Serra. O risco médio representa 3,08% da extensão do bairro Jardim Camburi e 0,41% da extensão da regional.

A vulnerabilidade social nas regionais continentais é predominantemente média, com poucos setores censitários de muito alta ou baixa vulnerabilidade (Figura 63). Como pode ser observado na Figura 67, as regionais VIII – Jardim Camburi e IX – Jardim da Penha apresentam renda per capita maior e menores percentuais de população preta e parda quando comparadas à regional VI – Goiabeiras. Essas regionais somam 107.646 habitantes e 38.245 domicílios, sendo que Jardim da Penha tem o maior contingente populacional (Tabela 31).

Na porção insular de Vitória, a regional V – Praia do Canto tem 95,96% de sua extensão classificada como de risco baixo ou inexistente (R1). As áreas de risco médio (equivalentes a 4,04% da extensão da regional) estão associadas aos Morro da Gamela e do Itapenambi, afloramentos rochosos localizados entre duas das principais avenidas de Vitória (Nossa Senhora da Penha, chamada de Reta da Penha, e Leitão da Silva), ambos protegidos (VITÓRIA, 2021) no bairro Santa Lúcia (número 54 na Figura 69). As áreas de risco baixo ou inexistente e médio se dividem, no bairro Santa Lúcia, em 80% e 20%, respectivamente.

A suscetibilidade a escorregamentos translacionais nos morros citados varia entre baixa e muito alta, sendo que as classes mais altas estão associadas às concavidades e aos depósitos de tálus nas bordas do afloramento rochoso. No bairro de Santa Lúcia, onde ficam esses morros, apenas quatro eventos de escorregamentos translacionais foram registrados no período entre 1999-2017, caracterizando baixa recorrência. A vulnerabilidade social local no bairro varia de muito baixa e baixa nas proximidades do morro do Itapenambi, enquanto o setor censitário do Morro da Gamela tem vulnerabilidade social média.

Em termos de rendimento nominal médio mensal (para as pessoas com mais de 10 anos de idade e com rendimento), a regional V – Praia do Canto se destaca com os maiores valores da capital (Tabela 32), corroborando a alta renda per capita exibida na Figura 67. O menor rendimento médio dessa regional, registrado no bairro Praia

do Suá (assinalado com o número 52 na Figura 69), é superior à média de rendimentos das outras regionais, com exceção de IX – Jardim da Penha. O valor máximo de rendimento nominal médio mensal foi registrado no bairro Ilha do Frade (número 50 na Figura 63), o qual é 16,75 vezes maior que o valor máximo de rendimento nominal médio mensal registrado na regional VII – São Pedro (bairro Conquista, número 64 na Figura 63).

Tabela 32 – Rendimento nominal médio mensal das pessoas de mais de 10 anos de idade, com rendimento (em reais), por regionais administrativas de Vitória.

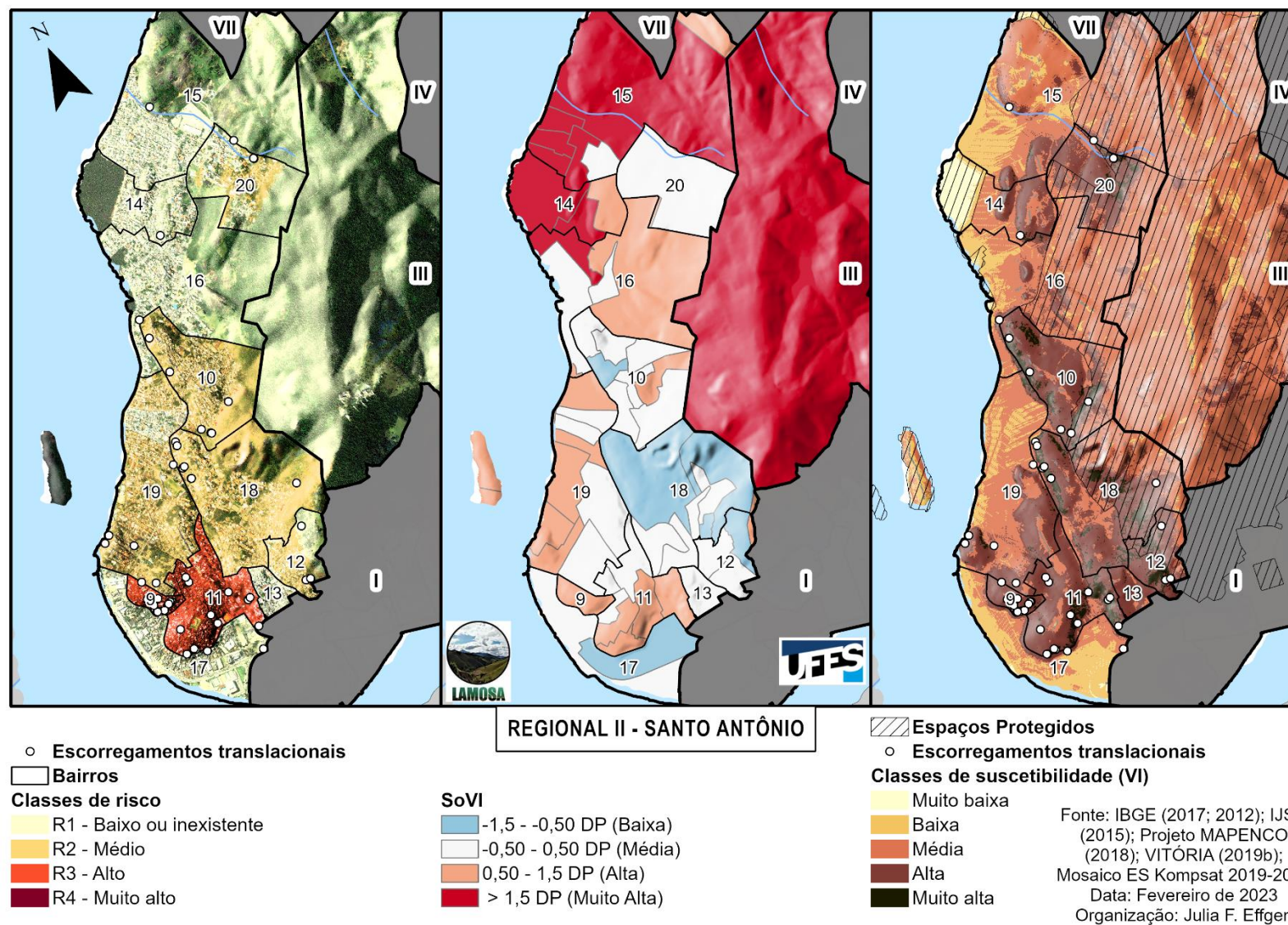
REGIONAIS ADMINISTRATIVAS	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
I – CENTRO	935,63	1.550,18	2.392,80
II – SANTO ANTÔNIO	852,29	1.056,23	1.576,66
III – JUCUTUQUARA	810,90	1.682,82	3.591,90
IV – MARUÍPE	789,63	1.284,65	2.527,24
V – PRAIA DO CANTO	1.975,13	5.962,35	14.836,74
VI – GOIABEIRAS	1.127,67	1.710,84	2.362,45
VII – SÃO PEDRO	706,92	791,03	885,73
VIII – JARDIM CAMBURI	638,33	1.852,46	3.066,59
IX – JARDIM DA PENHA	1.438,33	3.156,54	5.988,45

Fonte: Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2022a).

A classificação de risco baixo ou inexistente da região do Maciço Central é explicada pela baixa recorrência de eventos de escorregamentos translacionais, com apenas um registro no período analisado, e pelo zoneamento e uso dado à região. O Maciço Central e áreas adjacentes formam uma Área de Proteção Ambiental de 5,57 km² que abrange outros espaços protegidos, como o Parque Estadual Fonte Grande (na porção central), o Refúgio da Vida Silvestre Municipal André Ruschi (a leste) e o Parque Natural Municipal Vale do Mulembá (a norte). O setor censitário associado ao Maciço Central tem 132 residentes em 29 domicílios, com vulnerabilidade social classificada como muito alta (Figura 63).

A regional II – Santo Antônio tem 57,90% de sua extensão em classificação de risco baixo ou inexistente (R1), enquanto a classe de risco médio (R2) ocupa 35,16% e a classe de risco alto (R3) representa 6,94% da regional. Uma pequena fração da regional tem risco muito alto, representando 0,01% da extensão total (Tabela 33 e Figura 70).

Figura 70 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional II – Santo Antônio, em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 33 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional II – Santo Antônio.

BAIRROS	RESIDENTES	DOMICÍLIOS	R1, em km ² (%)	R2, em km ² (%)	R3, em km ² (%)	R4, em km ² (%)
ARIOVALDO FAVALESSA	787	241	0 0	0 0	0,05 100	0 0
BELA VISTA	4.371	1.317	0,0001 0,02	0,35 99,75	0,0008 0,23	0 0
CARATOÍRA	5.149	1.556	0 0	0,01 2,67	0,26 97,16	0,0005 0,17
DO CABRAL	1.623	507	0,06 44,74	0,07 55,26	0 0	0 0
DO QUADRO	1.041	314	0,05 100	0 0	0 0	0 0
ESTRELINHA	2.381	709	0,26 100	0 0	0 0	0 0
GRANDE VITÓRIA	4.402	1.339	0,93 99,96	0,0004 0,04	0 0	0 0
INHANGUETÁ	4.154	1.230	0,63 100	0 0	0 0	0 0
MÁRIO CYPRESTE	1.145	385	0,32 100	0 0	0 0	0 0
SANTA TEREZA	3.343	1.034	0,01 2,33	0,55 97,47	0 0,21	0 0
SANTO ANTÔNIO	5.947	1.881	0,06 12,38	0,46 87,62	0 0	0 0
UNIVERSITÁRIO	918	283	0,20 67,96	0,10 32,00	0 0	0 0
TOTAL	35.261	10.796	2,53 57,90	1,54 35,16	0,30 6,94	0,0005 0,01

Fonte: elaborado pela autora; com dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2022a).

Dos doze bairros da regional Santo Antônio, cinco são predominantemente classificados com risco baixo ou inexistente, com mais de 99% da extensão com esta classificação, conforme Tabela 33. Somados, esses bairros têm 13.123 moradores em 3.977 domicílios. Os bairros do Quadro, Estrelinha, Grande Vitória, Inhanguetá e Mário Cypreste (respectivamente, 13, 14, 15, 16 e 17 na Figura 70), apresentam suscetibilidade a escorregamentos translacionais variando entre os extremos (de muito baixa a muito alta) e vulnerabilidade social variando de baixa a muito alta, mas apresentam baixa recorrência de escorregamentos translacionais.

Alguns bairros da regional II – Santo Antônio apresentam predominância das classes de risco médio e alto, como mostrado na Tabela 33, com mais de 95% de suas extensões em uma dessas classes. As exceções são os bairros do Cabral, Santo Antônio e Universitário (numerados 12, 19 e 20 na Figura 70).

O bairro do Cabral tem 44,74% de sua área em risco baixo ou inexistente e 55,26% em risco médio, com a diferença espacial entre as classes vinculada à vulnerabilidade social. O risco baixo se localiza no topo do bairro, onde a vulnerabilidade social baixa se combina às suscetibilidades média e alta, enquanto na área de risco médio, a vulnerabilidade social é média e as suscetibilidades são alta e muito alta.

O bairro Santo Antônio tem apenas 12,38% de sua área classificada com risco baixo ou inexistente, em uma seção do bairro onde a suscetibilidade varia de baixa a média e a vulnerabilidade social é média. As zonas de risco médio correspondem a 87,62% da extensão de Santo Antônio, onde a combinação de vulnerabilidade social entre alta e média e a suscetibilidade varia de alta a muito alta.

O bairro Universitário, por sua vez, tem 67,96% de sua extensão classificada com risco baixo ou inexistente e 32% com risco médio (os 0,03% restantes se restringem ao limite do bairro Grande Vitória). O bairro Universitário é compreendido por um único setor censitário, que tem classificação de vulnerabilidade social média, onde vivem 918 habitantes em 283 domicílios. O risco médio se associa, majoritariamente, às porções onde a suscetibilidade a escorregamentos translacionais é alta ou muito alta, enquanto o risco baixo ou inexistente se associa à suscetibilidade média.

Os bairros Bela Vista e Santa Tereza (números 10 e 18 na Figura 70) têm predominância das classes de risco médio, com 99,75% e 97,47% das extensões, respectivamente. Em Santa Tereza, o risco baixo ou inexistente (2,33% da área do bairro) se concentra nas porções mais altas, onde a suscetibilidade é média e a vulnerabilidade social é baixa, enquanto o risco alto (0,21%) aparece em áreas de suscetibilidade mais alta e vulnerabilidade social média. Em Bela Vista, o risco alto (0,23% do bairro) aparece nas áreas de suscetibilidade mais alta e vulnerabilidade social entre média e alta, enquanto o risco baixo ou inexistente (0,02%) aparenta continuidade com a faixa dessa classe de risco do bairro Santo Antônio.

O bairro Ariovaldo Favalessa (número 9 na Figura 70) é o menor bairro da capital capixaba (0,045 km²) e tem 787 residentes em 241 moradias. Ariovaldo Favalessa é o único bairro de Vitória totalmente classificado com risco alto. A combinação de alta vulnerabilidade, suscetibilidade e recorrência (15 registros em 19 anos) torna alta a possibilidade de ocorrer um escorregamento translacional que cause danos e/ou prejuízos aos moradores no período de um ano.

Caratoíra (número 11 na Figura 70) é o segundo bairro mais populoso da regional Santo Antônio, com 5.149 residentes em 1.156 domicílios. O bairro tem 2,67% de sua extensão classificada como de risco médio, 97,16% de risco alto e 0,17% de risco muito alto. O risco médio está associado apenas aos topos de morros, onde a suscetibilidade a escorregamentos translacionais é média. O risco muito alto aparece junto às suscetibilidades mais altas e em áreas de vulnerabilidade social alta.

O risco mais elevado em Ariovaldo Favalessa e Caratoíra se devem, em grande medida, ao perigo alto de escorregamentos translacionais (Tabela 28), com as chances de um evento ocorrer em um ano estimadas em 57% e 51%.

Figura 71 – Vista a montante de escorregamento translacional registrado em Caratoíra.



Fonte: Laudo 122/2014 (PROJETO MAPENCO, 2018).

A Figura 71, por exemplo, mostra moradias afetadas por eventos de escorregamento translacional em Caratoíra. A encosta fica no contato das unidades geotécnicas de depósito de tálus e afloramento rochoso, com tendência a convergência de fluxos, presença de árvores, arbustos e bananeiras, e de suscetibilidade muito alta. Segundo

o laudo geológico-geotécnico 122/2014, as residências a montante lançavam águas servidas, esgoto, lixo e entulho na encosta, contribuindo para a saturação da camada de solo presente no local, a qual é descrita como “*rica em blocos, muito porosa e pouco compacta*” (PROJETO MAPENCO, 2018). O material escorregado, descrito como uma mistura de solo, rochas e lixo, destruiu uma moradia (à direita, na Figura 71) e deixou outra (à esquerda) ameaçada de soterramento em caso de outra reativação do movimento de massa, uma vez que os escorregamentos translacionais ocorreram em dois dias distintos (26 e 30 de outubro de 2014).

A regional VII – São Pedro é a mais carente da capital capixaba, com os menores rendimentos mensais (Tabela 32), menor renda per capita e maior população analfabeta (Figura 67). Além disso, São Pedro tem a maior média de residentes por moradia dentre as regionais, com 3,39 moradores por residência. Vitória, como um todo, tem 3,02 moradores por residência, enquanto a menor média está na regional VIII – Jardim Camburi, com 2,71 (calculado a partir da Tabela 31).

A classe de risco baixo ou inexistente (R1) ocupa 60,62% da regional, associada principalmente aos bairros Nova Palestina, Redenção, Santo André, Santos Reis e São Pedro (números 66, 67, 69, 70 e 72, na Figura 72), que são majoritariamente ou totalmente classificados com risco baixo ou inexistente (Tabela 34). Esses bairros somam cinco ocorrências registradas de escorregamentos translacionais (sendo que Santo André as tem), têm suscetibilidade variando de muito baixa (nas áreas planas, como em Nova Palestina) a muito alta (nas encostas do Maciço Central, como em Santos Reis) e vulnerabilidade social entre média e muito alta. São Pedro tem uma pequena franja de risco médio (0,03% da extensão do bairro), em área de sobreposição de suscetibilidade e vulnerabilidade social muito alta. Redenção, por sua vez, tem sua área de risco médio (equivalente a 4,79% da extensão do bairro) localizada a partir da base do Maciço Central, onde as suscetibilidades variam de alta a muito alta e a vulnerabilidade social é alta.

Tabela 34 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional VII – São Pedro.

BAIRROS	RESIDENTES	DOMICÍLIOS	R1, em km ² (%)	R2, em km ² (%)	R3, em km ² (%)	R4, em km ² (%)
COMDUSA	894	283	0	0,01	0,09	0
			0	11,65	88,35	0
CONQUISTA	1.914	547	0	0,02	0,23	0,10
			0	4,74	66,71	28,55
ILHA DAS CAIEIRAS	1.845	536	0	0,03	0,09	0
			0	24,00	76,00	0
NOVA PALESTINA	6.471	1.858	0,78	0	0	0
			100,00	0	0	0
REDENÇÃO	3.125	960	0,30	0,01	0	0
			95,21	4,79	0	0
RESISTÊNCIA	6.620	1.983	0,00	0,17	0,33	0,04
			0,34	30,82	61,18	7,66
SANTO ANDRÉ	3.054	914	0,12	0	0	0
			100	0	0	0
SANTOS REIS	1.049	318	0,09	0	0	0
			100	0	0	0
SÃO JOSÉ	4.480	1.260	0,34	0,21	0	0
			61,98	38,02	0	0
SÃO PEDRO	4.294	1.295	0,39	0,0001	0	0
			99,97	0,03	0	0
TOTAL	33.746	9.954	2,03	0,45	0,73	0,14
			60,62	13,40	21,86	4,13

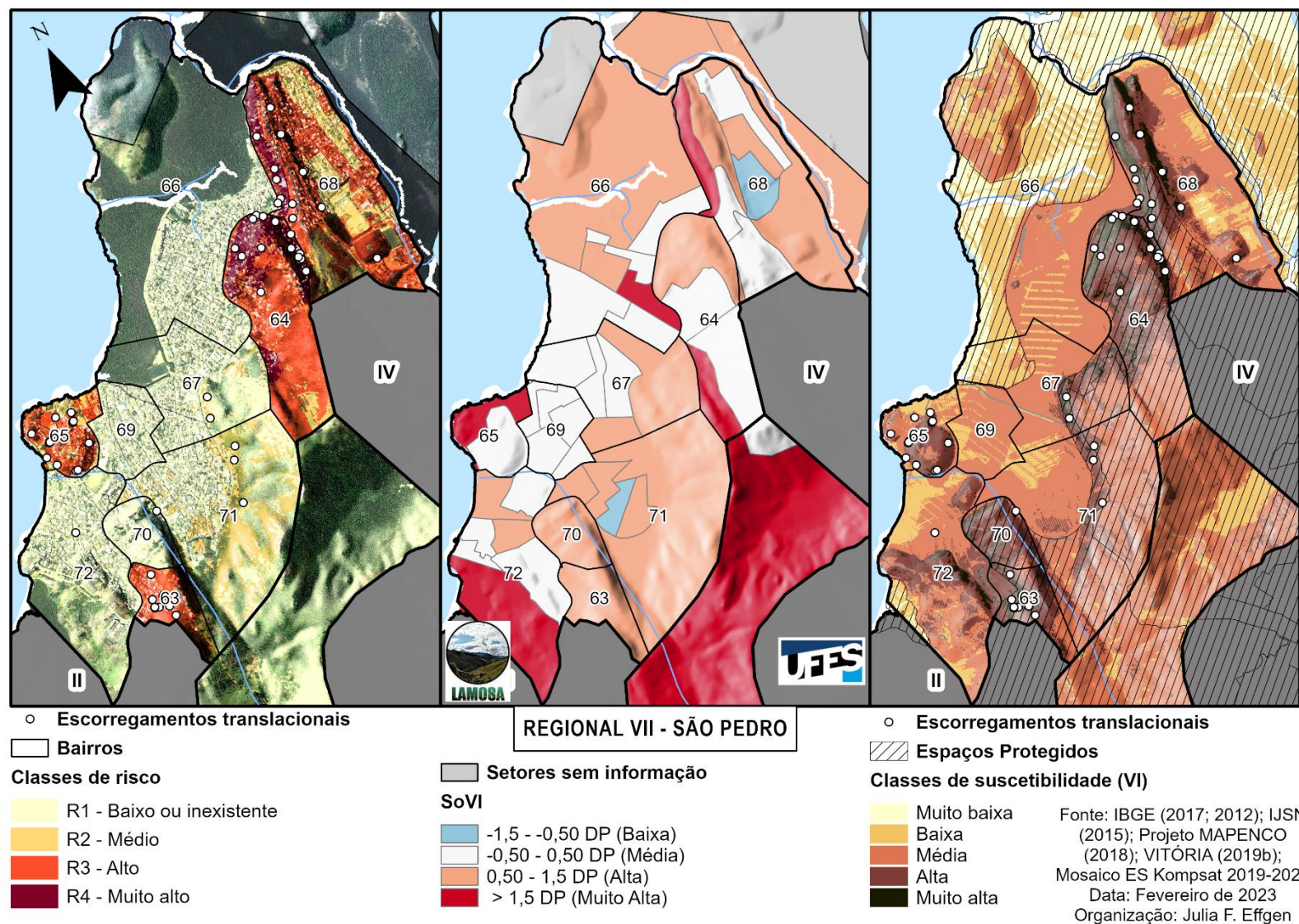
Fonte: elaborado pela autora; com dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2022a).

O bairro São José (número 71 na Figura 72) tem 61,98% de sua extensão classificada como de risco baixo ou inexistente, enquanto os outros 38,02% são de classificação de risco médio. Dos cinco setores censitários do bairro, quatro tem vulnerabilidade social alta e apenas um tem vulnerabilidade social baixa. A distribuição espacial das áreas de risco médio segue as zonas de suscetibilidade alta e muito alta, enquanto o risco baixo ou inexistente acompanha as suscetibilidades baixa e média.

Comdusa (número 63 na Figura 72) tem 11,65% de sua área com classificação de risco médio e 88,35% com risco alto, justificadas pela combinação de vulnerabilidade social alta, recorrência média (46% de chance de ao menos um evento ocorrer em um ano) e suscetibilidade variando de média a muito alta.

A Ilha das Caieiras (número 65 na Figura 72) exibe uma diferença de espacialização de vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais entre as porções aterradas e a ilha que dá nome ao bairro. O risco médio corresponde a 24% da área do bairro, enquanto a classe de risco alto equivale a 76% e concentra a maioria das ocorrências de escorregamentos translacionais do bairro.

Figura 72 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional VII – São Pedro, em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

O laudo geológico-geotécnico 024/2009-2010, por exemplo, registra um evento de escorregamento translacional ocorrido num talude de corte na Ilha das Caieiras, com domicílios construídos no topo e na base. A Figura 73 mostra a encosta movimentada, na qual é observável a presença de trincas no solo, árvores de grande porte no topo e a distância estreita entre a base da encosta e os fundos do domicílio. Segundo o laudo, a unidade geotécnica no local é de solos residuais, com presença de descontinuidades do material parental no solo, como como fraturas e esfoliações de rochas. Assim, o escorregamento de solo registrado, ainda que de pequeno volume, foi condicionado pela combinação de cortes de alta inclinação na encosta, escoamento descontrolado de águas superficiais e características locais do terreno (PROJETO MAPENCO, 2018).

Figura 73 – Encosta com trincas no solo e árvore de grande porte no topo, no bairro Ilha das Caieiras.



Fonte: Laudo 024/2009-2010 (PROJETO MAPENCO, 2018).

Por último, os bairros Conquista e Resistência (números 64 e 68 na Figura 72) são os únicos da regional VII – São Pedro a terem classificação de risco muito alto, com

28,55% e 7,66%, respectivamente, enquanto as áreas de risco alto são 66,71% e 61,18%. Ambos os bairros apresentam forte concordância entre as zonas de risco muito alto com os setores censitários de vulnerabilidade social alta e muito alta.

O bairro Conquista, por exemplo, no seu trecho mais ocupado, tem a suscetibilidade mais alta, vulnerabilidade social alta e concentra todos os 16 eventos registrados em laudos geológico-geotécnicos. O risco médio se restringe a uma pequena porção no topo do bairro, equivalente a 4,74% da extensão total, onde a suscetibilidade e a vulnerabilidade social são médias.

Por outro lado, o bairro Resistência tem ocupação menos concentrada, mas a classificação de risco alto se agrupa nas encostas do Maciço Central, onde estão os 14 registros de escorregamentos translacionais e as altas suscetibilidade e vulnerabilidade social. O risco médio equivale a 30,82% e o risco baixo ou inexistente se restringe a 0,34% da extensão do bairro, onde a vulnerabilidade social varia de média a baixa e a suscetibilidade varia de muito baixa a alta.

A Figura 74 é uma panorâmica da região entre os bairros Resistência e Nova Palestina. A encosta retratada, entre a rodovia Serafim Derenzi e a rua Jorge Rosa (sinalizadas com linhas branca e vermelha, respectivamente), tem quatro registros de escorregamentos translacionais (laudos 064/1999, 051/2013, 038 e 053/2017). Em comum entre os registros de ocorrências estão menções ao padrão construtivo das moradias (caracterizado como baixo em 1999 e baixo a médio a partir de 2013, com uso de pilotis para sustentar moradias que, por vezes, tem mais de um andar), à alta declividade da encosta, ao lançamento de águas servidas das moradias à montante dos locais movimentados e aos cortes realizados nas encostas para construção de moradias ou da rodovia, com ângulos variando entre 30 e 60°. Além disso, os laudos mais recentes mencionam como as unidades geotécnicas do local condicionam (e restringem) a ocupação e as movimentações ocorridas, que combinam escorregamentos translacionais de solos e rochas e queda e rolamento de blocos (PROJETO MAPENCO, 2018).

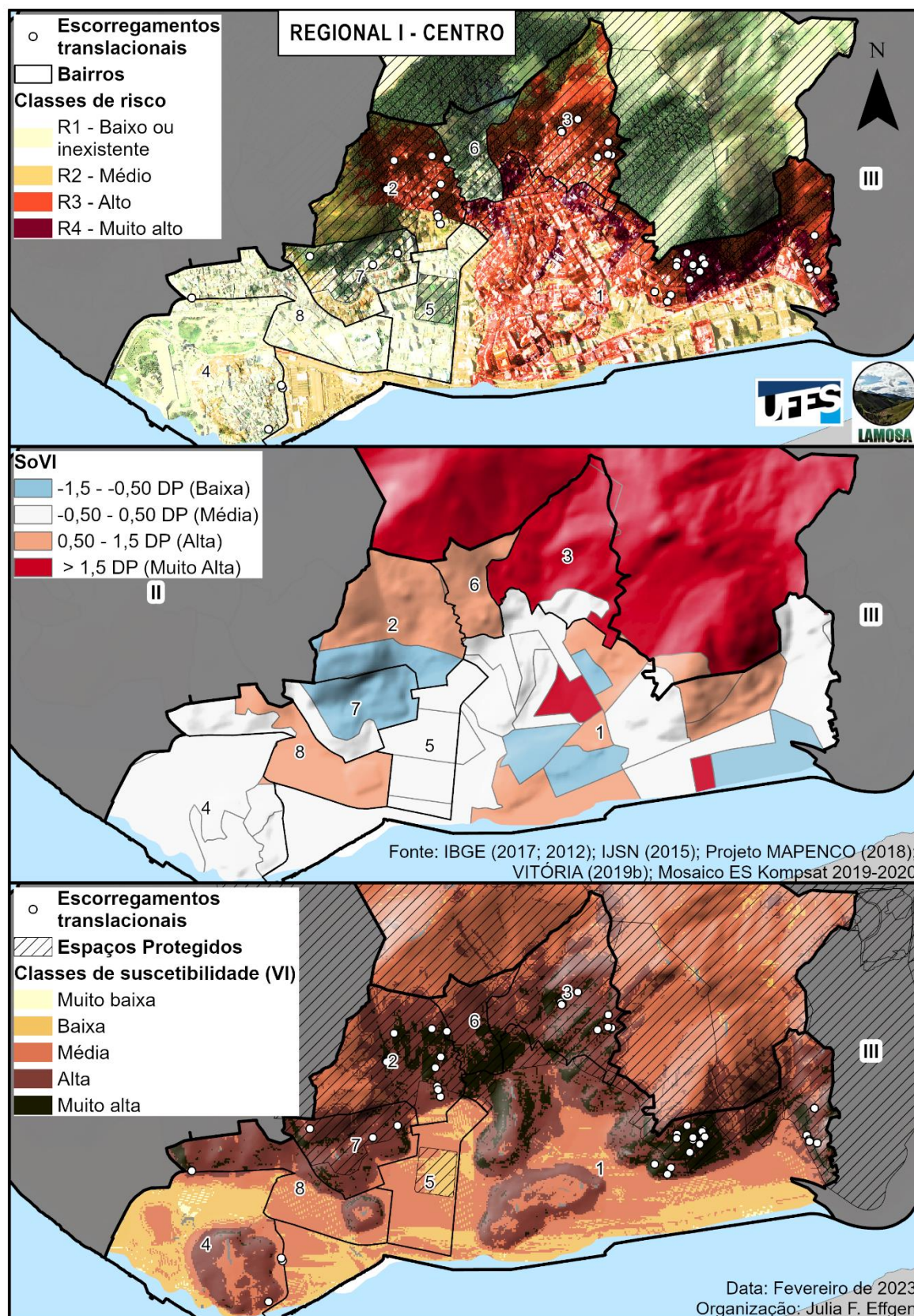
Figura 74 – Panorâmica da divisa dos bairros Nova Palestina e Resistência, demarcada pela rua Jorge Rosa (linha vermelha). A linha branca corresponde à Rodovia Serafim Derenzi.



Fonte: Laudo 051/2013 (PROJETO MAPENCO, 2018).

A regional I – Centro, ponto de origem do processo histórico de ocupação de Vitória, é a menor em extensão, com 2,072 km². As áreas de risco menor predominam nas porções planas, aterradas e com baixa recorrência de escorregamentos translacionais, enquanto as áreas de risco mais alto combinam suscetibilidade, recorrência e vulnerabilidade social aumentadas (Figura 75).

Figura 75 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional I – Centro, em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

Os bairros Parque Moscoso, Piedade e Vila Rubim (números 5, 6 e 8, na Figura 75) são totalmente classificados com risco baixo ou inexistente (Tabela 35) devido à baixa recorrência de eventos de escorregamentos translacionais. O bairro da Piedade, por exemplo, só tem um registro de escorregamento translacional, tornando o risco mais baixo apesar da alta suscetibilidade e vulnerabilidade social. Já na Vila Rubim, a parte baixa (e aterrada) do bairro tem baixa suscetibilidade e vulnerabilidade social alta, enquanto as partes elevadas, e onde está o único registro de escorregamento do bairro, tem suscetibilidade variando entre alta e muito alta e vulnerabilidade social média. O Parque Moscoso é completamente aterrado, não tem registros de escorregamentos, com suscetibilidade entre baixa e média e vulnerabilidade social média.

Tabela 35 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional I – Centro.

BAIRROS	RESIDENTES	DOMICÍLIOS	R1, em km ² (%)	R2, em km ² (%)	R3, em km ² (%)	R4, em km ² (%)
CENTRO	9.838	3.767	0,0005	0,32	0,47	0,14
			0,05	34,76	50,53	14,66
DO MOSCOSO	795	228	0,0010	0,09	0,10	0
			0,49	47,22	52,29	0
FONTE GRANDE	1.231	353	0	0	0	0
			0	17,06	82,94	0
ILHA DO PRÍNCIPE	2.613	836	0,26	0,03	0	0
			90,80	9,20	0	0
PARQUE MOSCOSO	1.773	663	0,12	0	0	0
			100	0	0	0
PIEIDADE	323	85	0,07	0	0	0
			100	0	0	0
SANTA CLARA	1.608	548	0,08	0,03	0	0
			76,10	23,90	0	0
VILA RUBIM	1.430	472	0,15	0	0	0
			100	0	0	0
TOTAL	19.611	6.952	0,68	0,50	0,73	0,14
			33,18	24,45	35,73	6,65

Fonte: elaborado pela autora; com dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2022a).

O bairro Piedade (número 6 na Figura 75) também tem classificação de risco baixo ou inexistente, apesar de ter suscetibilidade e vulnerabilidade social muito alta, em função de apenas um escorregamento translacional ter sido registrado nesse bairro no período entre 1999 e 2017, nas proximidades do bairro do Moscoso.

O bairro Santa Clara, número 7 na Figura 75, tem 76,10% de sua extensão classificada como de risco baixo ou inexistente, concordando com as áreas de suscetibilidades média e alta e vulnerabilidade social baixa. Por outro lado, 23,90% são classificados com risco médio, onde a vulnerabilidade social é média e a suscetibilidade é muito alta.

A Ilha do Príncipe concentra as áreas de risco médio nas encostas de sua porção não aterrada, que corresponde a 9,20% da extensão do bairro, e onde a suscetibilidade varia entre média e muito alta. O restante do bairro, aterrado, correspondente a 90,80%, tem classificação de risco baixo ou inexistente, devido à suscetibilidade variante entre muito baixa e média. Todos os setores censitários têm vulnerabilidade social média.

O predomínio dos riscos menores nesses bairros, mesmo em áreas de suscetibilidade alta, se deve à baixa recorrência de eventos, uma vez que Santa Clara e Ilha do Príncipe tem três eventos registrados cada (Tabela 28).

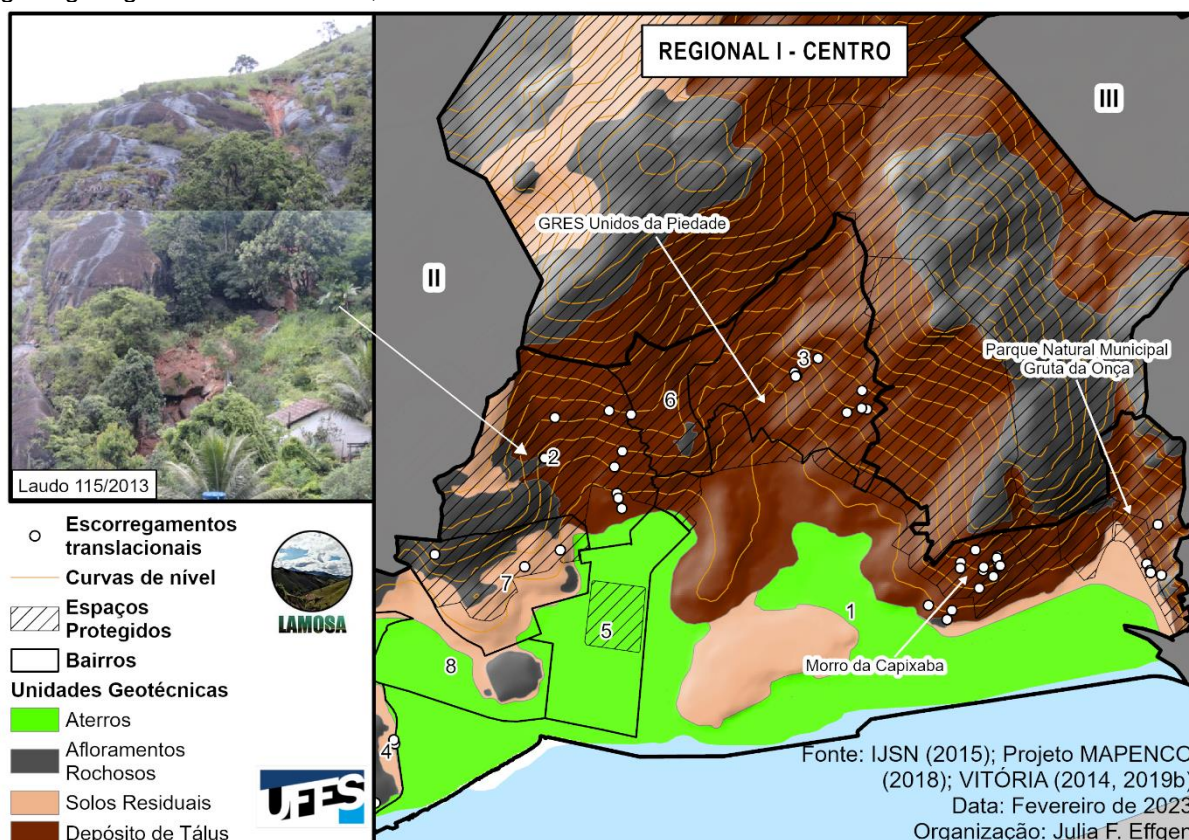
Os bairros do Moscoso e Fonte Grande (números 2 e 3 na Figura 75) apresentam predominância das classes de risco alto e médio, sendo que a Fonte Grande não tem a classe de risco baixo ou inexistente (Tabela 35).

As áreas de risco médio e alto no bairro do Moscoso se dividem em 47,22% e 52,29%, respectivamente, e se associam à vulnerabilidade social alta, se diferenciando devido às classificações de suscetibilidades. As áreas de risco médio ocorrem nas porções de média suscetibilidade, enquanto as áreas de risco alto ocorrem nas zonas de suscetibilidade alta e muito alta. O risco baixo ou inexistente (0,49% da extensão do bairro) se associa à franja de suscetibilidade baixa, na porção aterrada nas proximidades do Parque Moscoso, e de vulnerabilidade social baixa. Dos nove escorregamentos translacionais registrados no bairro do Moscoso, sete estão na zona de risco alto e dois no risco médio.

O bairro Fonte Grande, que batiza o Parque Estadual, é dividido em dois setores censitários – um com vulnerabilidade social média e um com muito alta. As áreas de risco médio, 17,06% do bairro, estão onde a suscetibilidade e a vulnerabilidade social são médias, como no topo do anfiteatro que forma o bairro. Por outro lado, as áreas de risco alto (82,94%) são fruto da combinação de suscetibilidade alta e muito alta e vulnerabilidade social muito alta.

Junto com a Piedade, esses bairros ocupam um anfiteatro ao sul do Maciço Central, parte da Área de Proteção Ambiental do Maciço Central e do Parque Estadual da Fonte Grande (Figura 76). Os bairros Piedade e Fonte Grande são completamente protegidos, enquanto o bairro do Moscoso conta com proteção a partir das áreas mais baixas (no entanto, 92,5% do bairro fica na APA). Dos 21 eventos registrados nos bairros Santa Clara, do Moscoso, Piedade e Fonte Grande, apenas três estão fora de áreas protegidas.

Figura 76 – Espaços protegidos na regional I – Centro, com destaque para o evento registrado no laudo geológico-geotécnico 115/2013, no bairro do Moscoso.



Fonte: elaborado pela autora; com laudo do Projeto MAPENCO (2018).

O laudo geológico-geotécnico 115/2013, por exemplo, descreve um evento de escorregamento translacional no bairro do Moscoso, exposto no destaque da Figura 76. No contato das unidades geotécnicas de afloramento rochoso e depósito de tálus, o evento foi condicionado pela forma do terreno (com tendência a acúmulo de drenagens) e pela presença de um sistema regional de fraturas (direções principais NE-SW e NW-SE). O material movimentado incluiu solo e blocos rochosos enterrados

na matriz. Como resultado, três moradias foram afetadas (sendo que uma foi totalmente destruída), a escadaria que dá acesso ao local foi danificada, residências ao redor foram interditadas e os moradores removidos (PROJETO MAPENCO, 2018). Este evento foi deflagrado em 18/12/2013, durante o período de chuva extrema registrada no Espírito Santo e leste de Minas Gerais (SILVA *et al.*, 2014), no qual Vitória registrou 713,9 mm de chuva, acréscimo de 515,7 mm em comparação com a média mensal (198,2 mm).

O bairro Centro é o maior da regional, com 9.838 residentes em 3.767 domicílios, numa área de 0,94 km². Apenas 0,05% do bairro apresenta risco baixo ou inexistente, em uma estreita faixa rente a Baía de Vitória, próximo ao bairro Forte São João. O risco médio ocorre em 34,76% do bairro, nas áreas mais baixas, aterradas e com declive suave em direção à Baía de Vitória. O risco alto abrange as áreas de solo residual e depósitos de tálus, inclinadas e de vulnerabilidade social variada, entre baixa e muito alta (50,53% da extensão do bairro). Já o risco muito alto equivale a 14,66% do bairro e prevalece nas áreas de maior suscetibilidade, predominantemente em depósitos de tálus muito inclinados, e de vulnerabilidade social acima da média. No período entre 1999-2017 foram registrados 20 eventos de escorregamentos translacionais no bairro – o que resulta em 67% de chance de ao menos um evento desse tipo ocorrer por ano, aumentando o risco no bairro todo. Desse total, 15 ocorreram no morro da Capixaba e cinco nos arredores do Parque Natural Municipal Gruta da Onça – assinalados na Figura 76.

No Morro da Capixaba existe histórico de fatalidades provocadas por movimentos de massa. O laudo 020/1999 descreve um evento de escorregamento translacional ocorrido durante a noite, no qual duas crianças morreram. A moradia consistia em um cômodo e banheiro em uso (outros cômodos estavam em construção), com telhado de amianto que conduzia a água de precipitação em direção ao talude de corte nos fundos da construção. O processo de instabilização derrubou uma parede de alvenaria e vitimou as crianças (PROJETO MAPENCO, 2018).

Na região do Parque Natural Municipal Gruta da Onça, o laudo 011/2013 registrou um evento de escorregamento translacional que destruiu um restaurante tradicional do Centro de Vitória. A primeira imagem na Figura 77 tem a vista lateral da fachada destruída do restaurante Sol da Terra (PROJETO MAPENCO, 2018), enquanto a

segunda imagem é uma fotografia aérea de uma reportagem do jornal A Gazeta (2014) sobre o evento.

Figura 77 – Visão lateral do restaurante Sol da Terra (laudo 011/2003) e visão aérea da destruição causada pelo escorregamento translacional.



Fonte: A Gazeta (2014) e Projeto MAPENCO (2018).

Em comum, ambas as localidades descritas têm predominância da unidade geotécnica depósito de tálus, com presença de blocos rochosos enterrados e/ou semienterrados na matriz de solo, ocupação desordenada em direção aos topos de morros, inclinação elevada do terreno e intervenções na geometria das encostas para implantação das construções, como cortes na base e lançamentos de aterros.

Em ocasiões de precipitação intensa, o Centro de Vitória é suscetível a ocorrência de enxurradas e alagamentos. Por exemplo, as imagens da Figura 78 mostram uma enxurrada nas ruas do entorno da quadra da Escola de Samba Unidos da Piedade (localização apontada na Figura 76), arrastando um carro. Segundo a reportagem d'A Gazeta (2018), a precipitação começou na noite do dia 15 e continuou na madrugada e manhã do dia 16/04/2018. O índice pluviométrico registrado pelo INMET (2019) no dia 16/04 foi de 130,2 mm, equivalente à média mensal de precipitação para o mês de abril (Gráfico 1). Como pode ser observado na Figura 76, a Unidos da Piedade fica numa área de concentração de fluxos da encosta, parte da unidade geotécnica de depósito de tálus.

Figura 78 – Imagens do entorno da quadra da Escola de Samba Unidos da Piedade, exibidos na reportagem “Água da chuva forma ‘cachoeira’ e arrasta carro na Piedade; vídeo”, do dia 16/04/2018.



Fonte: A Gazeta (2018).

As regionais administrativas III – Jucutuquara e IV – Maruípe concentram a maioria dos 488 eventos de escorregamentos translacionais registrados no município, com 207 (42,42% do total) e 102 (20,9%) registros, respectivamente, conforme mostrado na Tabela 12. A regional IV – Maruípe é a mais populosa de Vitória, abrigando 54.402 habitantes em 17.009 moradias, enquanto na regional III – Jucutuquara moram 34.141 habitantes em 10.580 domicílios.

A regional administrativa III – Jucutuquara tem a maior proporção de áreas de muito alto risco dentre as regionais, equivalente a 18,53% da extensão da regional. As áreas de risco muito alto são as que apresentam grande chance de ocorrência de escorregamento translacional, com danos graves (ou destruição), no período de um ano, devido à combinação de condicionantes geológico-geotécnicas favoráveis à instabilização de encostas (como a alta declividade, curvaturas de terreno que favoreçam a convergência de fluxos e unidades geotécnicas menos estáveis, por exemplo), baixo padrão construtivo das moradias e recorrência de escorregamentos translacionais. As áreas de risco baixo ou inexistente correspondem a 38,26% da extensão da regional, enquanto as áreas de risco médio são 15,59% e as de risco alto são 27,62% (Tabela 31).

As áreas de risco muito alto da regional III – Jucutuquara estão concentradas nos bairros Forte São João, Romão, Cruzamento, Consolação e Gurigica (Tabela 36 e Figura 79), localizados nas encostas do Maciço Central e das colinas costeiras.

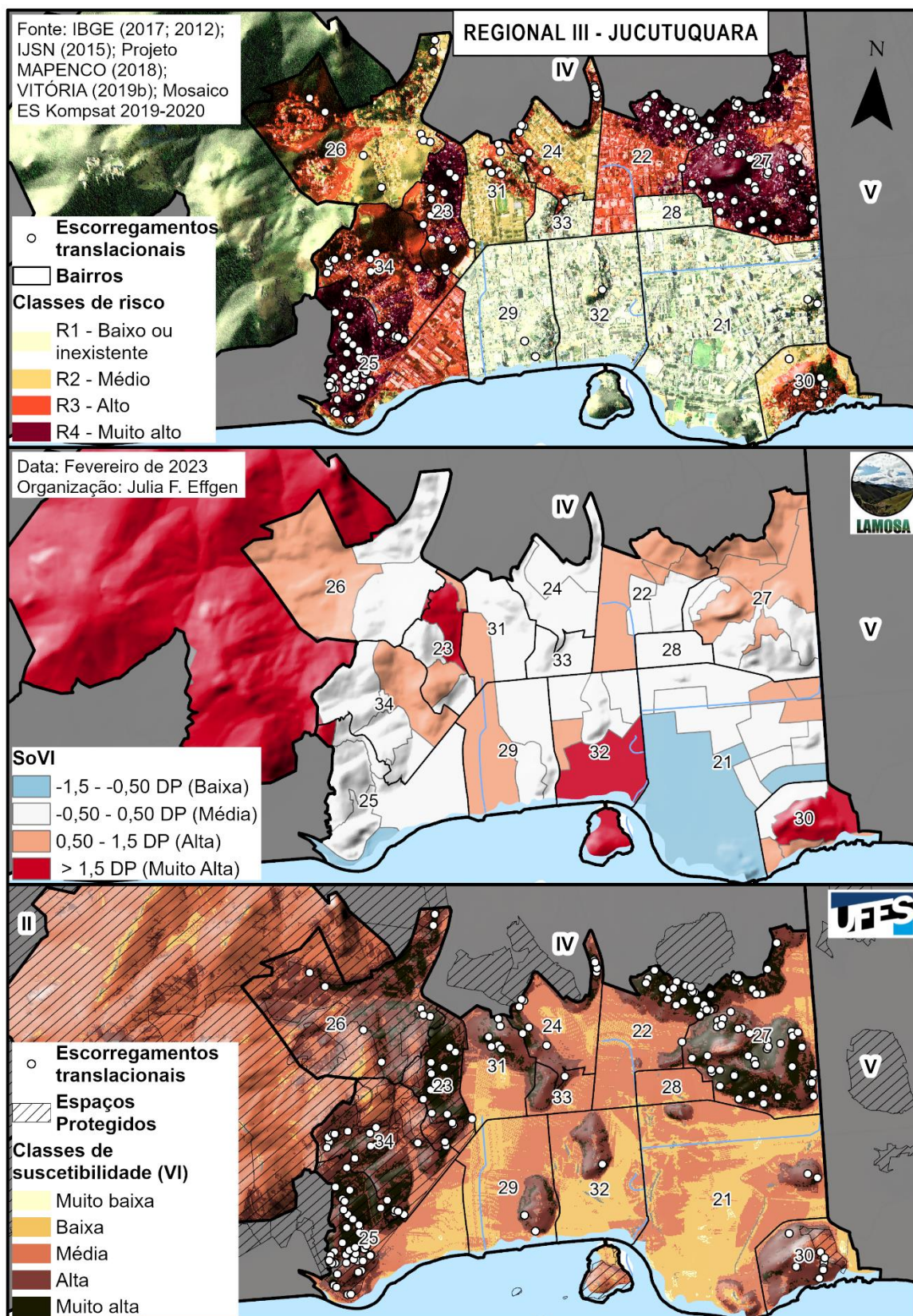
Tabela 36 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional III – Jucutuquara.

BAIRROS	RESIDENTES	DOMICÍLIOS	R1, em km ² (%)	R2, em km ² (%)	R3, em km ² (%)	R4, em km ² (%)
BENTO FERREIRA	5.569	1.970	0,92 100	0 0	0 0	0 0
CONSOLAÇÃO	2.766	855	0 0	0,0025 0,84	0,20 67,32	0,10 31,84
CRUZAMENTO	2.407	685	0 0	0,0092 5,21	0,0894 50,64	0,0779 44,14
DE LOURDES	1.920	630	0 0	0,13 61,26	0,08 38,74	0 0
FORTE SÃO JOÃO	1.553	466	0,0009 0,22	0,0342 8,43	0,18 43,62	0,19 47,72
FRADINHOS	1.756	575	0,0010 0,16	0,31 51,87	0,28 47,96	0 0
GURIGICA	5.997	1.666	0 0	0,0007 0,13	0,10 18,89	0,42 80,98
HORTO	98	27	0,07 100	0 0	0 0	0 0
ILHA DE SANTA MARIA	2.325	771	0,34 100	0 0	0 0	0 0
JESUS DE NAZARETH	2.565	739	0,0026 1,32	0,10 51,24	0,09 47,44	0 0
JUCUTUQUARA	1.515	532	0,0029 1,43	0,15 75,17	0,05 23,39	0 0
MONTE BELO	1.988	604	0,39 100	0 0	0 0	0 0
NAZARETH	586	188	0,08 100	0 0	0 0	0 0
ROMÃO	3.096	872	0 0	0,01 2,01	0,23 71,74	0,09 26,25
TOTAL	34.141	10.580	1,81 38,26	0,74 15,59	1,30 27,62	0,88 18,53

Fonte: elaborado pela autora; com dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2022a).

Os bairros Bento Ferreira, Horto, Ilha de Santa Maria, Monte Belo e Nazareth (assinalados pelos números 21, 28, 29, 32 e 33 na Figura 79) são totalmente classificados como de risco baixo ou inexistente. Esses bairros têm predomínio de topografia suave, com aterros em antigos manguezais da foz do Rio Jucutuquara (COELHO, 2017; PASSOS, 2015), pequenas colinas costeiras, como as antigas Ilha de Santa Maria e Monte Belo, vulnerabilidade social variando entre muito alta e baixa e apenas seis eventos de escorregamentos translacionais registrados.

Figura 79 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional III – Jucutuquara, em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

O bairro Jucutuquara (número 31 na Figura 79), que dá nome à regional, tem apenas 1,43% de sua área classificada como de risco baixo ou inexistente, enquanto 75,17% da área do bairro tem risco médio. O risco alto, por sua vez, corresponde a 23,39% da área de Jucutuquara e está associado às encostas do morro do Rio Branco, a norte do Instituto Federal do Espírito Santo. Todas as oito ocorrências registradas de escorregamento translacional em Jucutuquara se localizam no morro do Rio Branco, tendo em comum as condicionantes de material intemperizado (a unidade geotécnica de sete das ocorrências é de depósitos de tálus), a alteração da geometria da encosta (seja através de cortes ou sobrecargas) e defeitos no sistema de drenagem.

O bairro de Lourdes, número 24 na Figura 79, tem 61,26% de sua área classificada como de risco médio e 38,74% como risco alto. Os 11 eventos de escorregamento translacional registrados se encontram nas zonas de risco alto, nas encostas dos morros do Rio Branco, de Jucutuquara (a oeste) e Santos Dumont, em afloramentos rochosos, solos residuais e depósitos de tálus.

O bairro Jesus de Nazareth, assinalado na Figura 79 com o número 30, tem 51,24% de sua extensão classificada como área de risco médio, 47,44% classificado como de risco alto e 1,32% com risco baixo ou inexistente. A vulnerabilidade social do bairro se divide em média, alta e muito alta, sendo que o setor de vulnerabilidade social mais alta abrange as porções mais altas e íngremes do morro. As oito ocorrências de escorregamentos translacionais tiveram influência da interação entre a ocupação urbana (cortes e aterros nas encostas), os materiais do terreno (unidades geotécnicas de solos residuais e depósitos de tálus) e a alta declividade.

Jucutuquara, bairro de Lourdes e Jesus de Nazareth têm em comum a predominância das classes de risco médio e alto em relação à classe de risco baixo ou inexistente, resultante, em grande parte, da recorrência média observada nos três bairros (Tabela 28).

O trecho da regional III – Jucutuquara nas encostas do Maciço Central abrange os bairros Forte São João, Romão, Cruzamento e Fradinhos – assinalados com os números 25, 34, 23 e 26 na Figura 79, respectivamente. Os bairros Forte São João e Fradinhos têm diminutas áreas de risco baixo ou inexistente, com 0,22% e 0,16% de suas extensões nessas classes, enquanto os bairros Romão e Cruzamento não apresentam essa classe de risco.

O bairro Forte São João concentra as áreas de risco muito alto nas encostas do Maciço Central, associadas às suscetibilidades mais altas, equivalentes a quase metade da extensão do bairro (47,72%). As zonas de risco alto, por sua vez, estão associadas às porções mais baixas do bairro, junto às suscetibilidades médias e baixas (43,62%). O risco médio está associado ao setor censitário de baixa vulnerabilidade e ocupa 8,43% do bairro, enquanto o risco baixo ou inexistente (0,22%) está rente às margens da Baía de Vitória. Os setores censitários, majoritariamente, têm vulnerabilidade social média – as exceções são um setor de vulnerabilidade baixa, rente ao litoral, e o setor do Maciço Central, de vulnerabilidade muito alta.

O risco no Forte São João, de maneira geral, é elevado no bairro devido à alta recorrência de escorregamentos translacionais, uma vez que o bairro tem a segunda maior quantidade de eventos registrados em Vitória (Tabela 28). Dos 46 registros do bairro, 17 aconteceram no ano de 2013, sendo que 11 ocorreram entre os dias 18 e 20 de dezembro, durante o evento de precipitação excepcional de 2013.

O laudo geológico-geotécnico 120/2013 descreve um escorregamento deflagrado no dia 18/12/2013, na Curva do Saldanha (Figura 80). O evento descrito neste laudo ocorreu no contato entre as unidades geotécnicas de solos residuais e afloramentos rochosos. As moradias no entorno da cicatriz de escorregamento têm padrão construtivo variando de baixo a médio, com sistema de drenagem deficiente (o que contribuiu para a saturação do solo) e ocupação diretamente sobre as rochas ou do solo alterado. O escorregamento carregou, juntamente com o solo residual, lixo, entulho, rochas que estavam enterradas, bananeiras e vegetação rasteira (PROJETO MAPENCO, 2018).

Figura 80 – Escorregamento translacional próximo à Curva do Saldanha, no bairro Forte São João.



Fonte: Laudo 120/2013 (PROJETO MAPENCO, 2018).

O bairro Romão se situa na face sudeste do Maciço Central de Vitória, com ocupação urbana no anfiteatro que forma a cabeceira da bacia denominada Dom Bosco (VITÓRIA, 2019b). Com 0,33 km² de extensão e totalmente incluso em áreas de proteção ambiental, o Romão tem 3.096 residentes em 872 moradias concentrados na porção sul do bairro – onde está a APA Maciço Central.

A distribuição espacial das áreas de risco no bairro Romão acompanha as suscetibilidades, com o risco médio (2,01%) associado a suscetibilidades média e baixa. Os riscos alto e muito alto estão associados às suscetibilidades alta e muito alta (equivalentes a 71,74% e 26,25% do bairro, respectivamente). A predominância dos riscos alto e muito alto no bairro do Romão se deve à alta recorrência de escorregamentos translacionais (quinta maior do município, conforme Tabela 28). A vulnerabilidade social prevalente no bairro é média (nas áreas mais ocupadas), com apenas um setor de classificação alta (nas porções menos ocupadas do bairro e próximas a áreas protegidas).

O bairro do Cruzamento, número 23 na Figura 79, fica na face leste do Maciço Central e sua extensão é completamente protegida por áreas de proteção ambiental (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). O bairro é conhecido como Morro do Cruzamento, com ocupação predominante nos terços médio e inferior das encostas. A classe de risco médio corresponde a 5,21% da área do bairro, com presença na porção baixa e plana a sul, na divisa com o bairro Ilha de Santa Maria (número 29) e no topo do morro do Cruzamento, perto dos bairros Romão e Fradinhos (números 34 e 26, respectivamente). A classe de risco alto ocupa 50,64% e a classe de risco muito alto ocupa 44,14% do bairro. Dos 17 escorregamentos translacionais registrados no Cruzamento (oitavo bairro mais afetado por esses eventos – Tabela 28), um ocorreu na zona de risco médio, três em áreas de risco muito alto e os outros treze ocorreram em porções de risco alto. A suscetibilidade, no Cruzamento, varia de média (na porção plana e no topo de morro) a muito alta, coincidente com as porções mais ocupadas do bairro. A vulnerabilidade social varia de média a muito alta, sendo que dois setores têm vulnerabilidade média, dois têm vulnerabilidade alta e um tem vulnerabilidade social muito alta.

O bairro Fradinhos apresenta a distribuição espacial das classes de risco alto e médio fortemente influenciada pela vulnerabilidade social (Figura 79). Portanto, apesar de as áreas de maior suscetibilidade e os escorregamentos registrados se concentrarem na porção leste do bairro, o risco alto está na porção oeste. As áreas de risco alto são 47,96% de Fradinhos, majoritariamente vinculadas a um setor censitário com classificação de vulnerabilidade social alta. O risco médio, 51,87% do bairro, tem suscetibilidade predominantemente alta e muito alta, porém vulnerabilidade social média. A porção de risco baixo ou inexistente (0,16%) se encontra num topo de morro, nas proximidades do bairro Romão. Todo o bairro de Fradinhos é recoberto por áreas de proteção ambiental (Figura 79).

O bairro Consolação (número 22 na Figura 79) tem suas áreas de risco divididas conforme a suscetibilidade e, portanto, a posição topográfica. Nas porções mais baixas (e com suscetibilidade baixa e média), estão as zonas de risco médio (0,84%) e alto (67,32%), e nas encostas dos morros Consolação e Constantino (onde a suscetibilidade varia entre alta e muito alta) ficam as áreas de risco muito alto (31,84% da extensão do bairro). O risco predominantemente alto em Consolação se deve à alta recorrência de escorregamentos, com o bairro tendo a quarta maior quantidade

de registros do município (25 eventos entre 1999-2017, Tabela 28). Dos cinco setores censitários do bairro, dois tem vulnerabilidade social média e três tem vulnerabilidade alta.

O laudo geológico-geotécnico 127/2013 descreve um escorregamento translacional de grandes proporções ocorrido em Consolação, nas encostas do morro homônimo, em unidade geotécnica depósito de tálus, durante o evento de precipitação extrema ocorrido no Espírito Santo em 2013 (SILVA *et al.*, 2014). O escorregamento causou a destruição parcial do Beco Tenente Setúbal e destruição parcial e/ou total de outras três moradias (uma a montante e duas a jusante), como mostrado na Figura 81. A Defesa Civil classificou o local como de risco geotécnico muito alto, devido à ausência de sistemas de captação e ordenamento das águas superficiais, interditou 14 imóveis e retirou os moradores da região, sendo que os moradores só poderiam retornar depois de obras de contenção e estabilização do terreno (PROJETO MAPENCO, 2018).

Figura 81 – Vista da cicatriz do escorregamento registrado no laudo geológico-geotécnico 127/2013, no bairro Consolação.



Fonte: Laudo 127/2013 (PROJETO MAPENCO, 2018).

Gurigica é o bairro mais populoso da regional III – Jucutuquara, com 5.997 residentes em 1.666 moradias, e tem a maior extensão de áreas de risco muito alto de Vitória, com 0,42 km² (equivalentes a 80,98% do bairro). Os outros 0,10 km² de Gurigica são classificados como de risco alto (18,89%) e se concentram nas áreas baixas do bairro, em cotas inferiores a 5 m. A classes de risco baixo ou inexistente é ausente e o risco médio representa 0,13% do bairro (presentes o limite com o bairro Santa Lúcia). O risco elevado se deve ao bairro ter a mais alta recorrência do município, com 56 escorregamentos translacionais registrados no período de 1999-2017. Desses, 45 foram registrados na colina costeira que dá nome ao bairro, a qual tem ocupação desordenada em direção ao topo (Figura 82) e os outros nove escorregamentos aconteceram nas encostas do Morro Grande, a norte de Gurigica e onde fica o bairro de São Benedito. Em relação à suscetibilidade, o risco muito alto está associado às classes de propensão alta e muito alta, enquanto o risco alto está junto às suscetibilidades baixa e média.

Figura 82 – Vista da face nordeste do morro de Gurigica, região conhecida como morro Jaburu, a partir do morro da Gamela (bairro Santa Lúcia).



Fonte: acervo da autora.

A vulnerabilidade social do bairro se divide entre média e alta, sendo que os cinco setores de média vulnerabilidade estão localizados na porção sul do bairro, junto aos bairros Consolação, Bento Ferreira e Santa Lúcia. Os seis setores de alta

vulnerabilidade estão localizados entre as porções elevadas de Gurigica (nos morros Constantino e Floresta) e os bairros de São Benedito e Itararé.

O laudo geológico-geotécnico 096/2014 traz o registro de um escorregamento em talude de corte, o qual provocou a queda de um muro sobre uma igreja no Morro Gurigica (Figura 83) e a interdição de uma via de acesso. Segundo o laudo, as construções do local vistoriado são de alvenaria de baixo padrão construtivo, em área de declividade moderada e concentração de fluxos superficiais, com uso do sistema de corte/aterro nas encostas. No local movimentado não havia sistema de drenagem superficial instalado, a encosta foi cortada na vertical e havia presença de lixo e entulho (PROJETO MAPENCO, 2018).

Figura 83 – Muro tombado em igreja causado por escorregamento translacional em talude de corte no morro Gurigica.



Fonte: Laudo 096/2014 (PROJETO MAPENCO, 2018).

A regional administrativa IV – Maruípe é a mais populosa de Vitória (com 54.402 habitantes) e tem metade de sua área com classificação de risco médio, enquanto

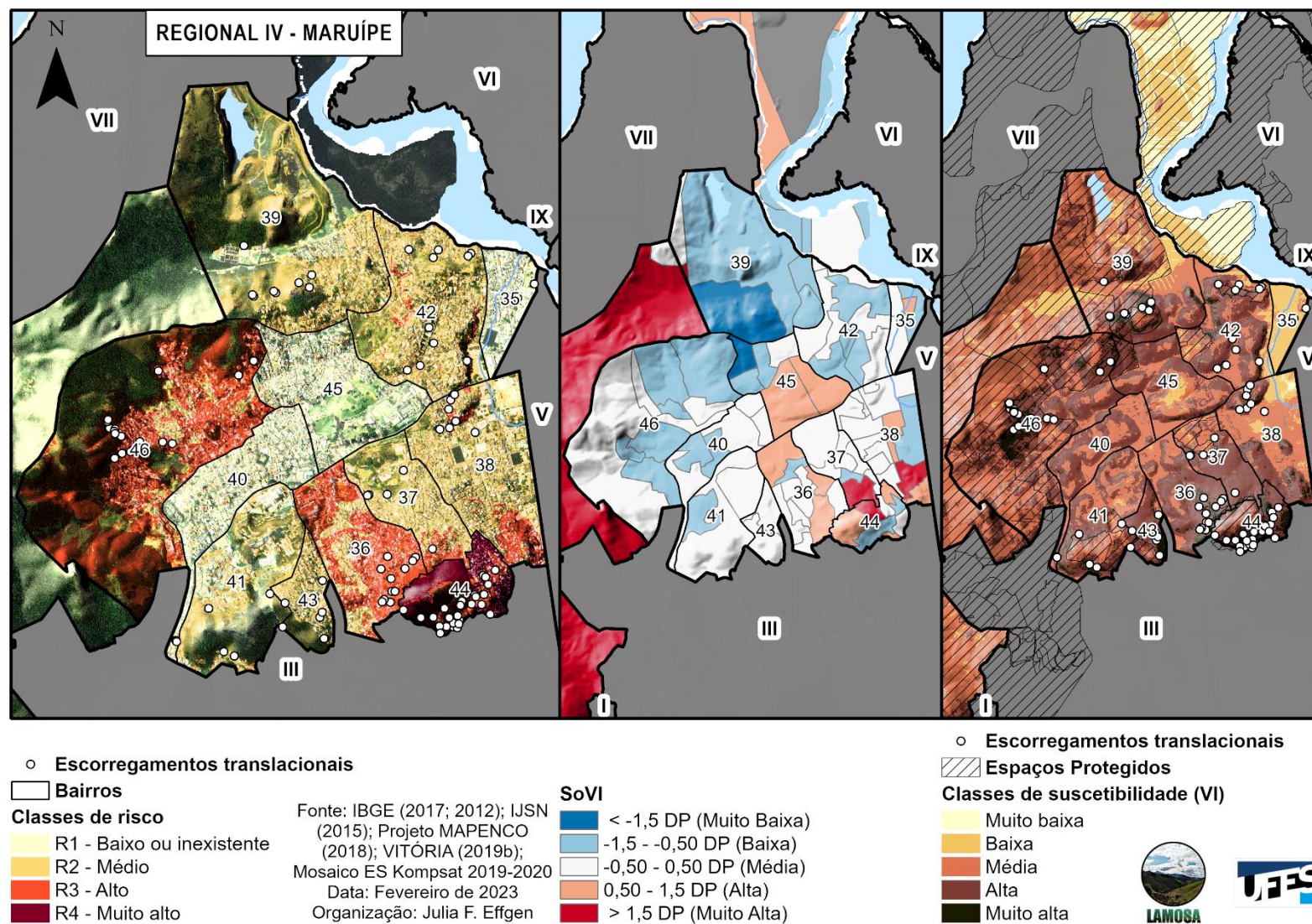
23,17% de sua extensão é classificada como de risco baixo ou inexistente e 24,49% classificados como de risco alto. Apenas 2,34% da extensão da regional Maruípe são classificados como de risco muito alto, associados, principalmente, às encostas do bairro São Benedito (Tabela 37 e Figura 84).

Tabela 37 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais, residentes e domicílios dos bairros da regional IV – Maruípe.

BAIRROS	RESIDENTES	DOMICÍLIOS	R1, em km ² (%)	R2, em km ² (%)	R3, em km ² (%)	R4, em km ² (%)
ANDORINHAS	2.031	652	0,14 100	0 0	0 0	0 0
BONFIM	7.106	2.116	0 0	0,08 22,51	0,27 77,46	0 0
DA PENHA	5.603	1.641	0,0034 1,33	0,22 87,34	0,0289 11,32	0 0
ITARARÉ	7.913	2.495	0,0229 4,69	0,39 80,82	0,0706 14,49	0 0
JOANA D'ARC	2.853	888	0,21 19,85	0,86 79,86	0,0031 0,29	0 0
MARUÍPE	3.859	1.294	0,33 100	0 0	0 0	0 0
SANTA CECÍLIA	1.264	413	0,18 38,99	0,28 61,01	0 0	0 0
SANTA MARTHA	8.456	2.747	0,0043 0,84	0,48 94,20	0,0256 4,97	0 0
SANTOS DUMONT	1.850	573	0 0	0,12 100	0 0	0 0
SÃO BENEDITO	2.789	789	0 0	0,0020 1,00	0,0625 31,97	0,1310 67,03
SÃO CRISTÓVÃO	4.182	1.319	0,42 100	0 0	0 0	0 0
TABUAZEIRO	6.496	2.082	0 0	0,37 29,01	0,91 70,97	0,0003 0,02
TOTAL	54.402	17.009	1,30 23,17	2,81 50,00	1,38 24,49	0,1314 2,34

Fonte: elaborado pela autora; com dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2022a).

Figura 84 – Classificação de risco, vulnerabilidade social e suscetibilidade a escorregamentos translacionais da regional IV – Maruípe, em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

Os bairros Andorinhas, Maruípe e São Cristóvão (assinalados com os números 35, 40 e 45 na Figura 84) são completamente classificados com risco baixo ou inexistente, sendo que os dois primeiros têm dois registros de escorregamentos translacionais cada e São Cristóvão não tem registro. Em relação à suscetibilidade, Maruípe e São Cristóvão tem predominância de áreas de média e alta propensão a ocorrência de escorregamentos translacionais, associadas às pequenas colinas (de até 30 m de elevação) presentes nesses bairros, enquanto em Andorinhas, a suscetibilidade predominante é a média. A vulnerabilidade social observada varia de média a baixa em Maruípe, baixa a alta em Andorinhas e de muito baixa a alta em São Cristóvão.

O bairro Santos Dumont (número 43 na Figura 84), por outro lado, é praticamente todo classificado como de risco médio (99,80%) – a pequena fração de risco alto (0,20%) se restringe aos limites com os bairros de Lourdes e Bonfim. Os seis eventos de escorregamentos registrados ocorreram no morro que dá nome ao bairro, o qual tem preponderância das classes de suscetibilidade alta e muito alta e vulnerabilidade social média.

No bairro Santa Cecília, número 41 na Figura 84, apenas quatro escorregamentos foram registrados, sendo três nas encostas do morro Jucutuquara e um nas proximidades do morro Santos Dumont. A classe de risco baixo ou inexistente equivale a 38,99% do bairro, onde a suscetibilidade varia de baixa a alta, enquanto os outros 61,01% são classificados como de risco médio, onde a suscetibilidade varia de alta a muito alta. A vulnerabilidade social no bairro é predominantemente média, com apenas um setor censitário de vulnerabilidade baixa.

Entre os bairros de Santa Cecília e Santos Dumont existem duas áreas de proteção ambiental: a Área Verde Especial de Jucutuquara e o Parque Urbano Municipal Barão de Monjardim. Dos dez escorregamentos registrados nesses bairros, apenas três não ocorreram nas APAs ou em suas imediações.

Tabuazeiro, assinalado com o número 46 na Figura 84, é o maior bairro em extensão e o quarto mais populoso da regional IV – Maruípe, com 6.496 residentes em 1,29 km² (Tabela 37). O risco alto se sobressai no bairro, ocupando 70,97% da extensão total, associado às altas suscetibilidades, enquanto o risco médio corresponde a 29,01% do bairro e está associado às suscetibilidades média e baixa. A classe de risco muito alto aparece nos limites do bairro com o setor censitário do Maciço Central, ocupando

0,02% da área. A vulnerabilidade social no bairro é predominantemente baixa, com seis dos dez setores censitários nessa classe. Os outros quatro tem vulnerabilidade social média e se localizam nas encostas do Maciço Central. A maior parte das ocorrências registradas de escorregamentos translacionais em Tabuazeiro se concentram no entorno do Morro do Macaco (com 15 dos 19 totais do bairro). Assim como nos outros bairros ao redor do Maciço, as áreas protegidas recobrem a maior parte de Tabuazeiro, com 88,37% da extensão do bairro recoberta por parques municipais e pela APA do Maciço Central.

O bairro Joana D'Arc, assinalado com o número 39 na Figura 84, é o segundo maior da regional (com 1,09 km²) e está situado na porção final do vale Vale do Mulembá, o qual é protegido pelo parque municipal homônimo (VITÓRIA, 2021). Da extensão total do bairro, 19,85% são de risco baixo ou inexistente a escorregamentos translacionais, associados às áreas de baixa suscetibilidade, em fundos de vale e topos de morro. As áreas de risco médio correspondem a 79,86% do bairro, associadas às suscetibilidades média, alta e muito alta. Assim como observado em Tabuazeiro, a classe de risco mais alto do bairro está associada ao setor censitário do Maciço Central e corresponde a 0,29% da extensão total. A vulnerabilidade social do bairro varia entre muito baixa (nas proximidades de Tabuazeiro e São Cristóvão) e muito alta, sendo que a predominância é de vulnerabilidade social baixa. Os oito registros de escorregamentos em Joana D'Arc se concentram na porção sul do bairro, nas proximidades da Reserva Ecológica São José e dentro da APA do Maciço Central. O trecho norte do bairro faz parte da Pedreira Rio Doce, instalada na década de 1970 para extração de brita e produção de concreto e argamassa – atualmente, existem duas lagoas na região que são usadas recreativamente pela população, apesar do risco de afogamentos (VIEIRA, 2019).

Santa Martha, número 42 na Figura 84, é o bairro mais populoso da regional, com 8.456 habitantes em 2.747 domicílios (Tabela 37). Topograficamente, Santa Martha se situa num prolongamento do Maciço Central na direção nordeste, formado por colinas baixas, com elevações máximas na faixa de 30 a 35 m. A classe de risco baixo ou inexistente ocupa 0,84% da extensão do bairro, em pequenas franjas de baixa suscetibilidade nas proximidades de Andorinhas e Itararé. Já o risco médio ocupa 94,20% do bairro e está vinculado às encostas de suscetibilidade média e alta. O risco alto, por sua vez, corresponde a 4,97% de Santa Martha e está associado à

suscetibilidade muito alta. A vulnerabilidade social no bairro se divide em baixa e média, com quatro e cinco setores, respectivamente. Dos dez escorregamentos translacionais registrados no bairro, apenas um ocorreu em zona de risco alto, enquanto cinco eventos registrados na porção norte do bairro ocorreram ao redor do Parque Urbano Municipal Mangue Seco.

Itararé, bairro ao sul de Santa Martha e assinalado com o número 38 na Figura 84, é o segundo bairro mais populoso da regional, com 7.913 moradores em 2.495 domicílios (Tabela 37). A classe de risco médio é predominante no bairro (80,82% da extensão), onde a suscetibilidade a escorregamentos varia de muito baixa a muito alta, e a vulnerabilidade social varia entre baixa a muito alta. A classe de risco alto se concentra nas encostas dos morros da Engenharia e Morro Grande, ocupando 14,49% do bairro, em áreas de altíssima suscetibilidade, enquanto o risco baixo ou inexistente se restringe a 4,69% do bairro em porções de baixa suscetibilidade. Os oito escorregamentos translacionais registrados em Itararé se concentram ao redor do Morro da Engenharia.

No bairro da Penha, número 37 na Figura 84, a distribuição das áreas de risco acompanha a elevação do terreno, aumentando desde a porção norte do bairro, mais baixa e onde fica o Parque Horto de Maruípe, até o morro São Benedito, na porção sul do bairro e que alcança a cota de 135 m. O risco baixo ou inexistente se restringe a franjas, ocupando 1,33% da extensão do bairro da Penha, enquanto o risco médio predomina (87,34% do bairro) – ambos associados aos setores com classificação de vulnerabilidade social média e baixa e suscetibilidade variando de baixa a alta. As zonas de risco alto se restringem às encostas do morro São Benedito e ocupam 11,32% do bairro, onde existe a sobreposição de suscetibilidades e vulnerabilidade social mais altas. Os cinco escorregamentos translacionais registrados no bairro da Penha se concentram nas proximidades do Parque Horto de Maruípe, nas áreas de baixo e médio risco, com condicionantes relacionadas aos materiais do terreno e atividades antrópicas.

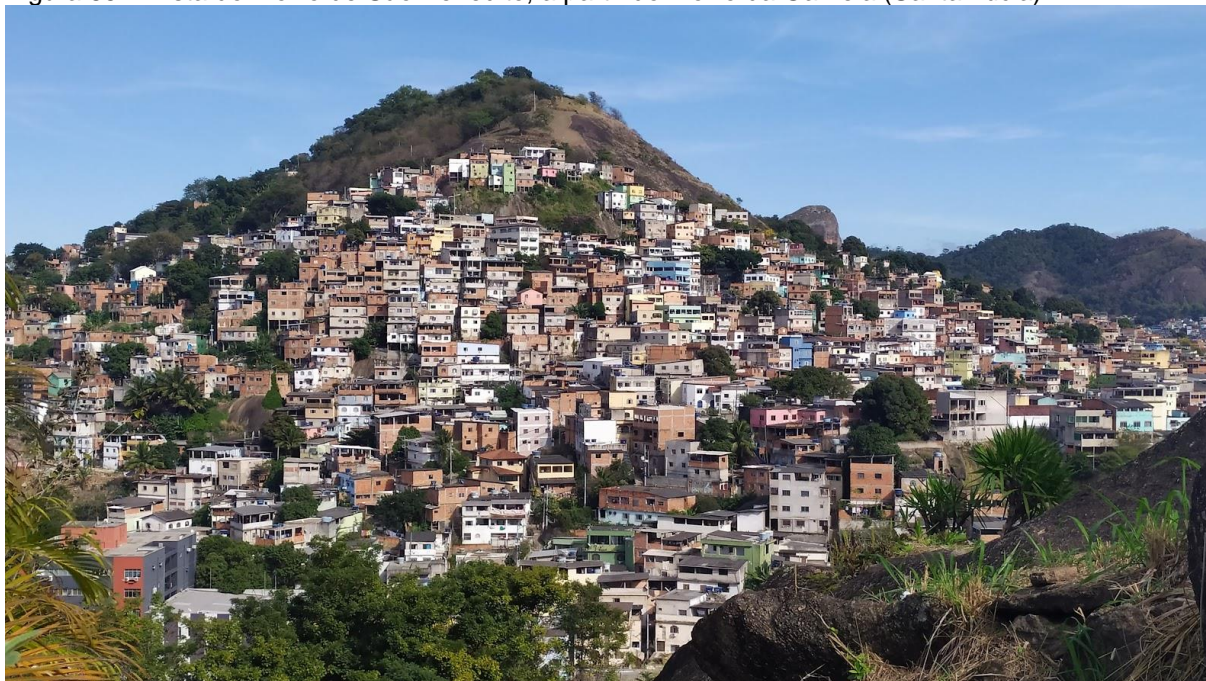
O bairro Bonfim, número 36 na Figura 84, tem o terceiro maior contingente populacional da regional, com 7.106 habitantes (Tabela 37). O risco médio abrange 22,51% e o risco alto abarca 77,46% da área do bairro. O risco baixo ou inexistente é ausente em Bonfim, enquanto o risco muito alto se restringe a 0,04% da extensão total do bairro, nos limites com os bairros da Penha, São Benedito e Consolação. Os onze

registros de escorregamentos translacionais se concentram na faixa de alto risco, nas encostas do Morro São Benedito, entre as cotas de 50 e 100 m, em setores censitários de vulnerabilidade alta e média e suscetibilidade alta e muito alta.

São Benedito é a colina costeira mais alta do município de Vitória (com elevação de 193,92 m) e tem a maior proporção de risco muito alto da regional IV – Maruípe, com extensão equivalente a 67,03% do bairro. O risco alto, por sua vez, abrange 31,97% da área, enquanto 1% tem risco médio (Tabela 37). O zoneamento de riscos em São Benedito se diferencia, principalmente, devido à vulnerabilidade social, com os riscos alto e médio associados à vulnerabilidade baixa, enquanto as áreas de risco muito alto têm vulnerabilidade social variando entre média e muito alta. As suscetibilidades no bairro variam entre média e muito alta (Figura 84).

O bairro de São Benedito tem a maior quantidade de registros de escorregamentos translacionais da regional IV – Maruípe, com 27 eventos (Tabela 28). Todos estão na metade sudeste da colina costeira e ocorreram abaixo da cota de 136 m (ou seja, fora da área de topo do morro), acompanhando a ocupação urbana e respeitando a área do Parque Municipal São Benedito (como mostrado na Figura 85).

Figura 85 – Vista do morro de São Benedito, a partir do Morro da Gamela (Santa Lúcia).



Fonte: acervo da autora.

Os laudos de escorregamentos translacionais registrados em São Benedito têm em comum as condicionantes predisponentes relacionadas aos materiais do terreno (como o grau de intemperismo e contraste de permeabilidade entre camadas adjacentes, por exemplo) e à atividade humana no local, como a escavação das bases e sobrecarga nos topos dos taludes, sistemas de drenagem defeituosos e aterramentos. A condicionante de escavação das bases das encostas foi relatada como predisponente em todos os laudos do bairro.

O laudo geológico-geotécnico 076/2017, por exemplo, descreve um escorregamento translacional que atingiu uma moradia construída de madeirite e alvenaria, em sistema de corte/aterro em depósito de tálus (Figura 86). No entorno, foram detectadas a presença de lixo, entulho, árvores inclinadas, concentração de água em superfície (devido à ausência de sistemas de drenagem) e trincas e degraus de abatimento a montante do escorregamento (PROJETO MAPENCO, 2018).

Figura 86 – Escorregamento translacional (destacado em vermelho) nos fundos de moradia de madeirite, em sistema de corte e aterro, em São Benedito.



Fonte: Laudo 076/2017 (PROJETO MAPENCO, 2018).

Dos 488 laudos registrados de escorregamentos translacionais em Vitória, a maior parte se localiza em áreas de alto risco – 191 eventos, equivalentes a 39,14% do total, estão nessa classe (Tabela 38). Em seguida, a classe de risco muito alto teve 180 registros (36,89%) e a classe de risco médio teve 81 laudos (16,60%). As áreas de risco baixo ou inexistente tiveram 36 ocorrências, equivalentes a 7,38% do total, que são, por vezes, a única ocorrência dos seus bairros (por exemplo: Piedade, Estrelinha, Nazareth, Praia do Suá – números 6, 14, 33 e 52 na Figura 69).

Tabela 38 – Laudos geológico-geotécnicos de ocorrências registrados em Vitória por classes de risco.

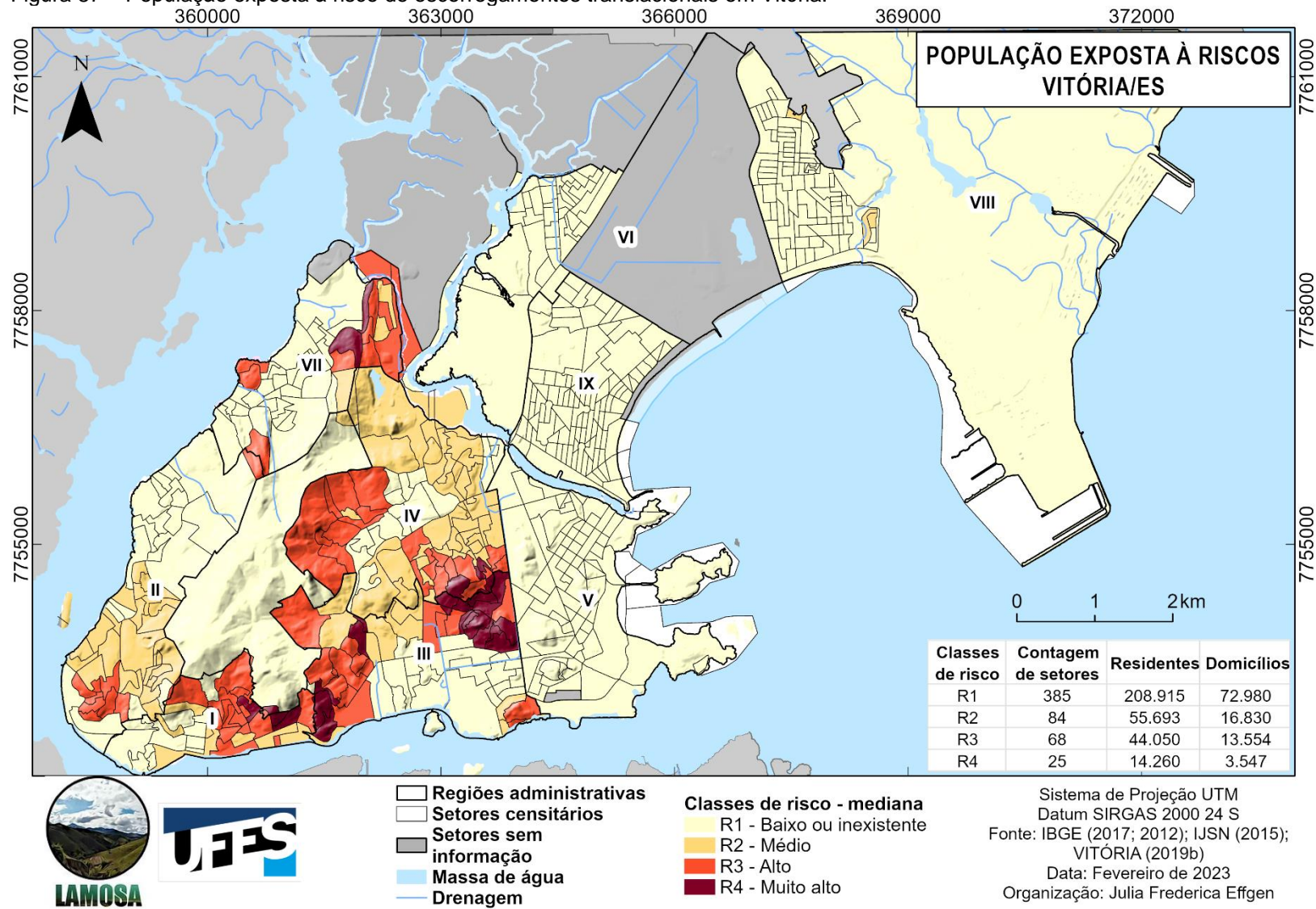
CLASSES DE RISCO	# LAUDOS DE OCORRÊNCIA DE ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS	%
R1 – BAIXO OU INEXISTENTE	36	7,38%
R2 – MÉDIO	81	16,60%
R3 – ALTO	191	39,14%
R4 – MUITO ALTO	180	36,89%
TOTAL	488	100%

Fonte: elaborado pela autora.

Considerando que os laudos geológico-geotécnicos analisados se originam de chamados da população à Defesa Civil e/ou à Secretaria Municipal de Obras de Vitória, infere-se que os eventos registrados de escorregamentos translacionais causaram algum nível de danos ou interrupção da normalidade cotidiana do município. Esse fator pode explicar a predominância de laudos registrados nas classes de risco mais alto (R3 e R4), que implicam em danos de maior vulto (incluindo mortes, destruição parcial ou total de moradias, vias de acesso e comércios).

A população exposta a risco de escorregamentos translacionais em Vitória foi calculada via agregação das classes de risco presentes nos setores censitários, através da mediana. As classes de risco, quando agregadas (Figura 87), apresentam similaridade aos resultados apresentados na Figura 69.

Figura 87 – População exposta à risco de escorregamentos translacionais em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

A classe de risco baixo ou inexistente abrange 385 setores censitários, com 208.915 residentes em 72.980 domicílios, predominante nas regionais V – Praia do Canto, VI – Goiabeiras, VII – São Pedro e IX – Jardim Camburi. O risco médio compreende 84 setores censitários, onde residem 55.693 habitantes em 16.830 domicílios, com destaque para as regionais II – Santo Antônio e IV – Maruípe. O risco alto se distribui pelos setores censitários ao redor do Maciço Central e de colinas costeiras, com destaque para as regionais I – Centro, III – Jucutuquara e IV – Maruípe. A população exposta ao risco alto soma 44.050 habitantes em 13.554 domicílios (Figura 87).

Já a população exposta ao risco mais alto está associada a apenas 25 setores censitários, com 14.260 residentes em 3.547 domicílios. Essas áreas são restritas a algumas porções do Maciço Central, como os morros da Fonte Grande e da Capixaba (no Centro de Vitória), no morro do Forte São João, em Resistência e Conquista, morro do Cruzamento e às colinas costeiras em Gurigica e São Benedito (Figura 87).

A população exposta a riscos alto e muito alto de ocorrência de escorregamentos translacionais (58.310 habitantes – Figura 87) é compatível com o contingente populacional exposto a riscos calculado pelo IBGE (2018), de 87.084 habitantes. No entanto, o estudo citado considera riscos de movimentos de massa, enxurradas e inundações, sem diferenciar os contingentes expostos a cada ameaça.

Em relação à idade, a população exposta a risco muito alto é mais jovem que a população exposta aos outros níveis de risco (Tabela 39). No entanto, a razão de dependência (proporção de população com idades inferiores a 5 e superiores a 65 anos) aumenta à medida que o risco aumenta, com 15,5% da população exposta à risco muito alto nessa faixa etária. De maneira geral, uma população mais jovem tem mais facilidade em reagir imediatamente à uma ocorrência negativa (como um escorregamento translacional) e se recuperar depois, mas a maior proporção de pessoas nos extremos etários afetam a capacidade de mobilidade das famílias e exigem atenção especial por parte da população adulta, com crianças de colo e idosos dependendo de maiores cuidados (CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003; NGO, 2001).

Cardozo, Monteiro e Lopes (2022) identificaram que das 433 mortes decorrentes do desastre de 2011 em Nova Friburgo, 20% eram crianças menores de 9 anos de idade e 19% tinham idades superiores a 60 anos.

Sobre a tragédia do Morro do Macaco, ocorrida em Vitória em 1985, levantamentos da época do evento realizados pelo jornal A Gazeta apontam que entre as vítimas fatais estavam muitas crianças e idosos, sem especificar números (NUNES; BARCELOS, 2019).

Tabela 39 – Tabulação cruzada de características demográficas relacionadas aos residentes de Vitória e classes de risco de escorregamentos translacionais (agregadas pela mediana).

VARIÁVEIS DEMOGRÁFICAS	R1	R2	R3	R4
POPULAÇÃO RESIDENTE	208.915 (64,7%)	55.693 (17,2%)	44.050 (13,6%)	14.260 (4,4%)
MÉDIA DA MEDIANA DE IDADE	34	31	31	27
RAZÃO DE DEPENDÊNCIA (%)	7,1%	12,6%	13,9%	15,5%
POPULAÇÃO EM MORADIAS ALUGADAS (%)	22,6%	21,1%	19%	15,9%
MÉDIA DA DE VALORES DE ALUGUÉIS	R\$ 623,61	R\$ 344,29	R\$ 361,32	R\$ 372,00
MÉDIA DE RENDA PER CAPITA	R\$ 1.956,12	R\$ 793,57	R\$ 795,85	R\$ 516,23
POPULAÇÃO FEMININA (%) *	65,0%	17,1%	13,5%	4,3%

*Calculada em relação a população residente total.

Fonte: elaborado pela autora; com dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2022a).

Sobre a posse das moradias, a proporção de população residente em moradias alugadas diminui à medida que o risco aumenta. Os valores de aluguéis pagos, em média, são mais altos na classe de risco baixo ou inexistente, onde a renda também é mais alta (Figura 67). As classes de risco médio, alto e muito alto tem custos de aluguéis próximos, na faixa de R\$ 360. Essa característica pode ser explicada por políticas habitacionais vigentes em Vitória, representadas por alugueis sociais pagos pela prefeitura, emissão de cartas de crédito e distribuição de unidades residenciais para moradores de áreas de risco (MONTEIRO, 2019a), além de programas como o Projeto Terra Mais Igual (VITÓRIA, 2019c).

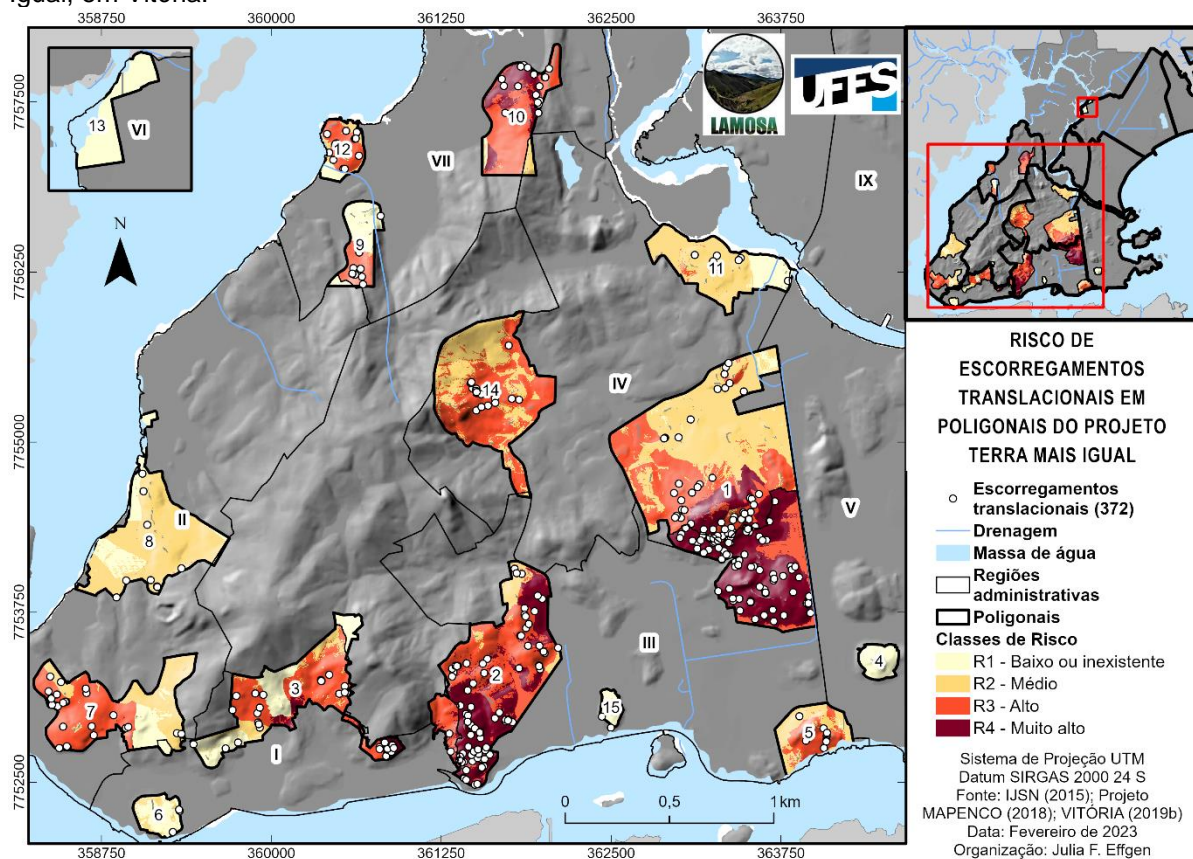
O Programa Integrado de Desenvolvimento Social, Urbano e de Preservação Ambiental nas Áreas Ocupadas por População de Baixa Renda no Município de Vitória, conhecido como Projeto Terra foi criado pelo decreto nº 10.131/1998 (VITÓRIA, 1998) e modificado, posteriormente, pelo decreto nº 13.669/2007 (VITÓRIA, 2007). Conhecido como Terra Mais Igual, o projeto tem como objetivo

“promover a melhoria da qualidade de vida da população socialmente excluída, efetuando seu empoderamento através de um conjunto integrado de ações sociais, obras e serviços de natureza pública, que viabilizem as mesmas condições de acesso aos bens e serviços públicos das demais áreas do município” (VITÓRIA, 2007, p. 1).

A atuação do Projeto Terra Mais Igual se dá em quinze áreas denominadas poligonais, as quais tem gestão compartilhada entre as comunidades e a Prefeitura Municipal de Vitória (VITÓRIA, 2019c).

A poligonal 1 é a mais extensa (Figura 88 e Tabela 40), abarcando os bairros Itararé, da Penha, Bonfim, São Benedito e Gurigica. As áreas de risco muito alto estão associadas aos morros Grande e Gurigica, e representam 33,87% da poligonal, coincidentes com a maior parte dos 131 escorregamentos translacionais registrados. O risco alto representa 29,56% da extensão da poligonal, enquanto o risco médio representa 35,46% e o risco baixo ou inexistente está restrito a 1,11%.

Figura 88 – Áreas de risco de escorregamentos translacionais nas poligonais do Projeto Terra Mais Igual, em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora.

A poligonal 2, que é a segunda mais extensa do Projeto Terra Mais Igual, fica na face leste do Maciço Central, associada aos bairros Centro, Forte São João, Romão, Cruzamento e Fradinhos, e é a poligonal com maior proporção de áreas risco muito alto (45,15%). A porção de risco médio está associada, majoritariamente, ao bairro Fradinhos e equivale a 7,07% da poligonal. As áreas de risco alto correspondem a 47,67% da poligonal, localizadas nos bairros Romão, Cruzamento e Centro, principalmente.

Tabela 40 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais das poligonais do Projeto Terra Mais Igual, em Vitória.

POLIGONAIS DO PROJETO TERRA MAIS IGUAL	LAUDOS REGISTRADOS	R1, em km² (%)	R2, em km² (%)	R3, em km² (%)	R4, em km² (%)
1	131	0,02	0,63	0,53	0,60
		1,11	35,46	29,56	33,87
2	89	0,001	0,06	0,38	0,36
		0,12	7,07	47,67	45,15
3	33	0,16	0,07	0,26	0,04
		29,57	12,62	50,29	7,51
4	0	0,06	0	0	0
		100	0	0	0
5	8	0,003	0,09	0,09	0
		1,38	49,67	48,95	0
6	3	0,07	0,02	0	0
		75,56	24,44	0	0
7	30	0,07	0,17	0,26	0
		14,41	33,87	51,63	0
8	9	0,11	0,42	0,001	0
		20,74	79,11	0,15	0
9	12	0,08	0,001	0,06	0
		58,19	0,82	40,99	0
10	19	0,01	0,02	0,20	0,10
		2,15	5,93	62,15	29,77
11	6	0,07	0,25	0,01	0
		21,16	77,18	1,66	0
12	14	0,02	0,02	0,07	0
		21,16	77,18	1,66	0
13	0	0,09	0	0	0
		100	0	0	0
14	16	0,002	0,26	0,39	0
		0,31	40,31	59,38	0
15	2	0,033	0	0	0
		100	0	0	0

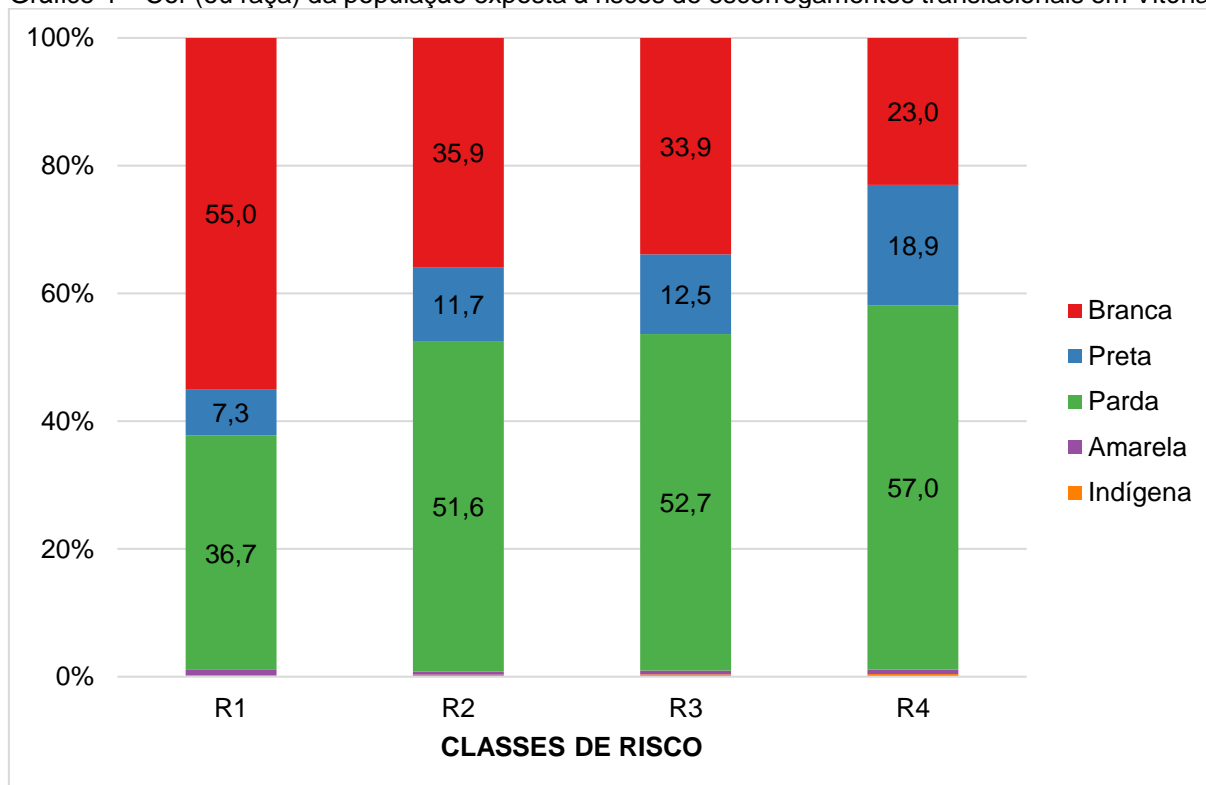
Fonte: elaborado pela autora.

Em média, a menor renda per capita de Vitória está associada à classe de risco muito alto (R\$ 516,23), valor que é 3,79 vezes menor que a renda per capita associada à

classe de risco baixo ou inexistente (R\$ 1.956,12) (Tabela 39). Os riscos médio e alto apresentam renda per capita similares. A relação entre a baixa renda per capita e a exposição a riscos já foi apontada, em nível nacional, por Alvalá e outros (2019). A limitação financeira pode interferir tanto nas fases de preparação, resposta e recuperação depois de um desastre (ou evento negativo qualquer), ao diminuir o acesso da população à bens de consumo e subsistência, além de que essa população normalmente tem menos acesso à infraestrutura de saneamento básico, saúde e educação (SENA; CORVALÁN, 2022).

Em relação à cor (ou raça) da população exposta à risco de escorregamentos translacionais, as populações amarela e indígena, em todas as classes de risco, representam menos de 1% dos contingentes populacionais de cada classe (Gráfico 4). Por outro lado, à medida que o risco aumenta, a proporção de população de cor branca diminui e as proporções de pessoas pretas e pardas aumenta.

Gráfico 4 – Cor (ou raça) da população exposta à riscos de escorregamentos translacionais em Vitória.



Fonte: elaborado pela autora; com dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2022a).

Nas áreas de risco baixo ou inexistente, a população de cor branca predomina, representando 55% da população exposta, enquanto as populações de cor preta e

parda somam 44%. Nas áreas de risco médio, a população branca encolhe para 35,9%, enquanto as populações preta e parda passam a somar 63,3% (aumento de 19,3% em relação ao risco baixo ou inexistente).

As áreas de risco alto têm, praticamente, a mesma distribuição de cor (ou raça) verificada nas áreas de risco médio. Contudo, nas áreas de risco muito alto existe predomínio das populações de cor parda e preta, com 57% e 18,9%, totalizando 75,9% do contingente populacional exposto a esse nível de risco. A população branca em área de risco muito alto corresponde a 23%.

Em Nova Friburgo, no desastre de 2011, a taxa de mortalidade específica por cor (ou raça) aponta para maior fatalidade entre as populações preta e parda (CARDOZO; MONTEIRO; LOPES, 2022).

Sobre gênero, a população feminina acompanha as proporções da população total em áreas de risco, não demonstrando diretamente a maior exposição de mulheres à risco.

O predomínio de população minoritária em áreas de risco foi apontado em outros trabalhos, corroborando com as ideias de injustiça e racismo ambiental. A distribuição de impactos causados por poluição, degradação e riscos ambientais é desigual entre as populações de um local (FUENTES, 2021; MAANTAY; MAROKO, 2009; PÓLIS, 2022), com maior incidência de efeitos adversos em minorias raciais empobrecidas.

Alves (2013), em análise de população exposta à risco ambiental em Cubatão/SP, encontrou predomínio de população preta ou parda em áreas de risco alto.

Em La Paz (Bolívia), as populações encontradas em áreas de risco de movimentos de massa são parte de comunidades étnicas como os indígenas Aymara e os *mestizos* (miscigenação entre descendentes de europeus e indígenas), de baixa renda e residentes em moradias construídas pelos próprios moradores em áreas inclinadas e altas (O'HARE; RIVAS, 2005).

Nos Estados Unidos, minorias étnicas tem maiores taxas de mortalidade ligadas a desastres naturais e eventos climáticos extremos (como calor, frio e raios), com destaque para as populações não-hispânicas preta, indígena e nativa do Alaska (SHARPE; WOLKIN, 2021).

Em relação às ações de redução de riscos, Vitória conta com intervenções estruturais e não-estruturais, como o zoneamento imposto pelo PDU, o Plano Municipal de

Redução de Risco (VITÓRIA, 2022), monitoramento permanente de chuvas (MONTEIRO, 2019b), treinamentos e formação de Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil (NUPDECs) (VITÓRIA, 2020a).

Como já demonstrado anteriormente (Tabela 17), as zonas especiais de interesse social (ZEIS) e as de proteção ambiental (ZPA) são as que apresentam as maiores quantidades de escorregamentos translacionais registrados. Esses zoneamentos são os que apresentam as maiores extensões de risco muito alto, com 0,82 e 0,21 km², equivalentes a 14,33% e 1,78% das suas áreas totais (Tabela 41).

Tabela 41 – Extensão das áreas de risco de escorregamentos translacionais por zoneamentos do PDU de Vitória.

ZONEAMENTO (PDU 2018)	LAUDOS REGISTRADOS	R1, em km ² (%)	R2, em km ² (%)	R3, em km ² (%)	R4, em km ² (%)
ZAR	47	3,20	0,75	0,48	0,06
		71,11	16,77	10,75	1,37
ZEIS	293	2,02	1,53	1,33	0,82
		35,45	26,86	23,36	14,33
ZI	0	15,96	0	0	0
		100	0	0	0
ZOC	8	5,45	0,27	0,03	0
		94,82	4,71	0,47	0
ZOE	0	0,71	0,18	0,04	0
		76,39	19,35	4,26	0
ZOL	52	1,81	1,18	0,66	0,11
		48,19	31,41	17,49	2,91
ZOP	17	2,32	0,43	0,53	0,09
		68,97	12,70	15,62	2,71
ZOR	5	1,90	0,16	0,18	0
		84,93	7,04	8,03	0
ZPA	66	8,74	1,79	1,20	0,21
		73,23	14,96	10,04	1,78
ZPT	0	0,27	0	0	0
		100,00	0	0	0

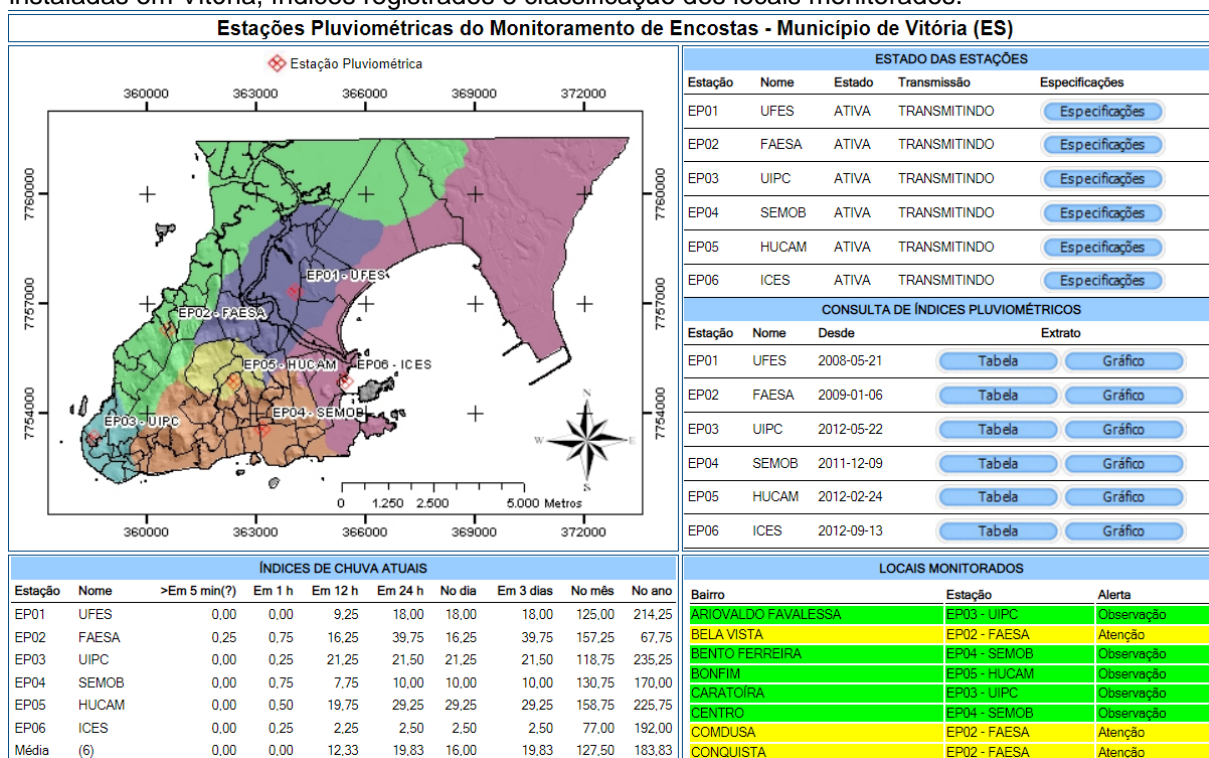
Fonte: elaborado pela autora.

Os zoneamentos de ocupação apresentam predominância do risco baixo ou inexistente, sendo que o percentual mais baixo é o verificado na zona de ocupação limitada (48,19%). Esse zoneamento tem como característica o condicionamento do adensamento de ocupação a melhorias e adequações nos sistemas viários, de esgoto e drenagem, além de ações de redução de riscos (VITÓRIA, 2018).

O monitoramento permanente de chuvas é feito através de uma rede de pluviômetros, formada por seis aparelhos, com cinco deles na porção insular e um no *campus* Goiabeiras da UFES (Figura 89). A captura de tela exibida na Figura 89 traz a

especialização e abrangência da rede de pluviômetros, assim como o estado das estações (se estão ativas e transmitindo dados), *links* para consulta (em tabelas e gráficos) dos índices pluviométricos, a precipitação registrada em diferentes temporalidades (últimos 5 minutos, 1h, 12h, 24h, além do registrado no dia atual, nos últimos três dias, no mês e no ano). No canto inferior direito, estão os bairros monitorados, com as estações pluviométricas associadas e os estados de alerta vigentes.

Figura 89 – Captura de tela do *site* “Monitoramento MAPENCO Web”, com as estações pluviométricas instaladas em Vitória, índices registrados e classificação dos locais monitorados.



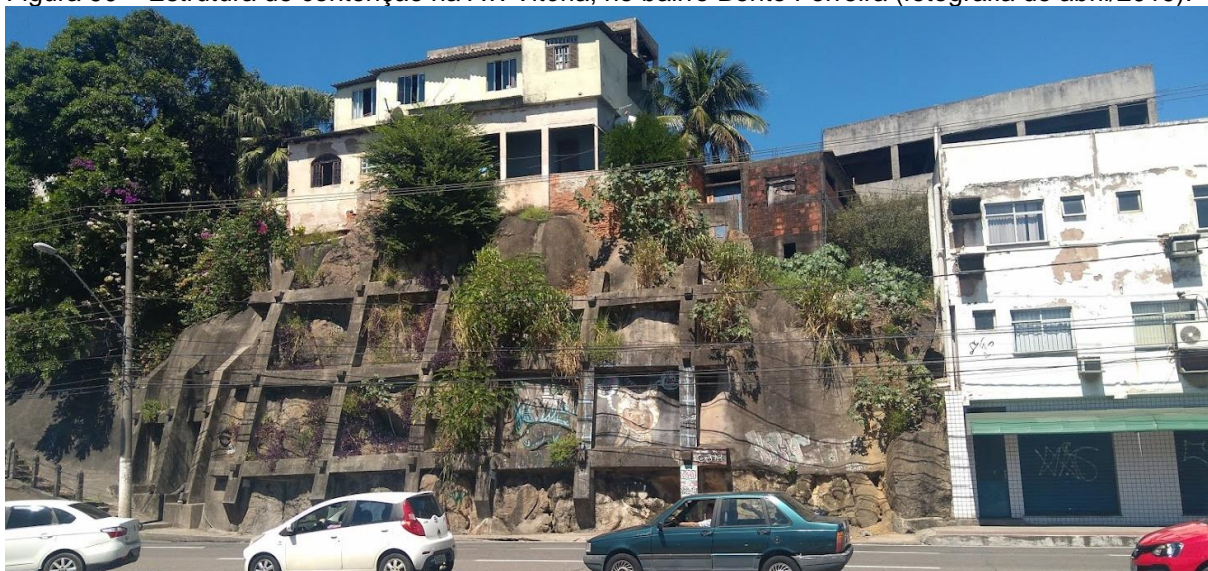
Fonte: *site* do Projeto MAPENCO (2022).

Os estados do Plano de Contingência de Vitória, em relação à precipitação, são Observação, Atenção, Alerta e Emergência (VITÓRIA, 2020b), derivados do trabalho realizado por Salaroli (2003). O estado de observação fica ativo durante a primavera e o verão e quando a precipitação está entre 0-36 mm. O estado de atenção é ativado quando a precipitação fica entre 36-86,7 mm ou quando ocorrem chuvas esparsas (caso dos bairros Bela Vista, Comdusa e Conquista, na captura de tela da Figura 89), enquanto o estado de alerta é ativado quando a precipitação ultrapassa os 86 mm e já existe registro de acidentes relacionados às chuvas.

O estado/situação de emergência é decretado pelo prefeito quando a precipitação ocorre continuamente em solos saturados e existem registros de acidentes, exigindo coordenação de ações imediatas de resposta entre várias secretarias e órgãos da prefeitura (VITÓRIA, 2020b). Segundo a série histórica do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), entre 2003 e 2016, Vitória teve apenas um decreto Situação de Emergência, no ano de 2013, durante o evento extremo de precipitação registrado no Espírito Santo (BRASIL, 2022).

O Plano Municipal de Redução de Riscos de Vitória elenca diversos tipos de intervenção estrutural para mitigação de risco de movimentos de massa como limpeza e recuperação de sistemas viários, de drenagem e esgotos, obras de drenagem superficial (como instalação de canaletas e escadas d'água), plantio de vegetação para proteção superficial da encosta, obras de urbanização ligadas à drenagem e esgotamento sanitário, contenções de pequeno e grande portes (como a exposta na Figura 90) e remoção de moradias (VITÓRIA, 2015).

Figura 90 – Estrutura de contenção na Av. Vitória, no bairro Bento Ferreira (fotografia de abril/2019).



Fonte: acervo da autora.

Segundo a Prefeitura Municipal de Vitória, entre 2013 e 2020 foram realizadas 106 intervenções estruturais em áreas de risco, em 33 bairros, totalizando R\$ 58 milhões em investimentos (MONTEIRO, 2020). Em 2022, foram anunciadas outras 139 obras de contenção a serem realizadas em 57 bairros, somando R\$ 60 milhões em investimentos (MONTEIRO, 2022).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Analisar as áreas de risco de movimentos de massa em profundidade, com suas principais condicionantes e fatores gatilho, a população local e suas vulnerabilidades, é fundamental para a organização da sociedade e o gerenciamento e mitigação dos riscos.

Para atingir tal objetivo, a construção e manutenção de inventário de movimentos de massa pretéritos, com linguagem clara e preenchimento padronizado é o primeiro passo. O inventário construído para o desenvolvimento do presente trabalho utiliza apenas informações do Projeto MAPENCO no período temporal entre 1999 e 2017. Em trabalhos futuros, informações de outras fontes podem ser agregadas ao inventário, visando sua completude temporal – como jornais, revistas, livros, arquivos públicos etc.

Na construção desse inventário foi identificado que a quantidade de laudos de ocorrência (548) equivale a pouco mais da metade dos laudos de possibilidade (1.061) registrados pelo Projeto MAPENCO. A porção insular de Vitória concentra a maioria dos laudos, devido à presença do Maciço Central e das colinas costeiras. O teste de agrupamento espacial dos laudos geológico-geotécnicos demonstra que a distribuição dos movimentos de massa em Vitória não é aleatória, ou seja, existem áreas que concentram as ocorrências.

O principal gatilho para ocorrência de movimentos de massa no município é a precipitação pluvial, enquanto os condicionantes preparatórios relacionados a atividades antrópicas e as características do terreno são os mais prevalentes. A tipologia de movimento de massa mais recorrente entre os laudos de ocorrência é a de escorregamentos translacionais (89% dos casos), sendo que existem relatos de movimentos complexos, onde mais de uma tipologia ocorre simultaneamente, como a associação de escorregamentos translacionais e quedas e rolamentos de blocos.

O ideal, tanto para futuras pesquisas quanto para uso de órgãos públicos ligados ao planejamento do território e gestão de riscos associados a ele, seria a construção e manutenção de um banco de dados georreferenciado das ocorrências de movimentos de massa, com informações completas de tipologias de movimentos, os materiais movimentados, data, horário, danos, precipitação, alcance do movimento e

coordenadas mais precisas possíveis, além de fotografias detalhadas do evento e do entorno em laudos associados.

Os registros nesse banco de dados, preferencialmente, devem indicar se o laudo associado relata uma nova ocorrência de movimento de massa ou uma vistoria de área em obra ou sujeita a risco, assim como apontar outros laudos feitos para o mesmo local – o que torna possível o acompanhamento de como a estabilidade de uma encosta está evoluindo no tempo.

Os fatores preparatórios e gatilhos podem ser sistematizados na ficha de campo, e tabelados e analisados posteriormente, seguindo a proposta apresentada por Popescu (1994), assim como estimativas de danos e contagem das estruturas atingidas conforme proposta de Palmisano, Vitone e Cotecchia (2018).

As dimensões (ainda que estimadas) dos movimentos de massa, como largura, altura, extensão e espessura dos materiais movimentados, subsidiam análises aprofundadas dos processos de instabilidade das encostas e auxiliam no planejamento do uso da terra e conservação dos solos. Idealmente, as cicatrizes de movimentos de massa seriam mapeadas em polígonos, com delimitação da crista, corpo e depósito.

A identificação de agrupamentos de movimentos de massa com base em inventários pode servir, num primeiro momento, para a orientação de ações emergenciais de contenção e reparação. Posteriormente, os agrupamentos podem se tornar focos de atenção para o Poder Público agir.

A partir do inventário de movimentos de massa, foram calculadas as probabilidades de cada bairro da capital de serem palco de ao menos um escorregamento translacional em diferentes períodos. Em até 50 anos, todos os bairros com histórico de ocorrência de escorregamento translacional irão ter outro evento. No período de um ano, treze bairros têm mais de 50% de chances de um escorregamento translacional acontecer, sendo que Gurigica e Forte São João tem mais de 90% de chance.

A estratégia de modelagem de suscetibilidade a escorregamentos translacionais, com o uso do método de valor informativo, combinado com análise de correlações entre variáveis contínuas e de associação entre variáveis categóricas, se mostrou satisfatória, alcançando taxas de predição e sucesso superiores a 95%.

As zonas mais propensas a iniciação de escorregamentos translacionais do município são as áreas edificadas (e/ou pouco distante de edificações), em depósitos de talus ou afloramentos rochosos, com encostas de declividade entre 30 e 35°, de face voltada a sudoeste, com convergência de fluxos, perfil convexo, entre 75 e 100 m de extensão e em áreas com baixa densidade de lineamentos (de 1 a 1,5 lineamentos/km²).

Por outro lado, as áreas menos propensas a ocorrências de escorregamentos translacionais são as associadas às matas e florestas, distantes de edificações, em porções planas do território (menos de 5° de declividade e curvaturas retilíneas, em planta e perfil), associadas às unidades geotécnicas de aterros, depósitos fluviomarinhas e de sedimentos arenosos praias, em encostas orientadas à oeste, de pequena extensão (menor que 10 m), em fundos de vale e com baixíssima densidade de lineamentos (com até 0,5 lineamentos/km²).

Estudos de previsão e mapeamento de áreas expostas a outras ameaças (como queda e rolamento de blocos, enxurradas e inundações) se fazem necessários para o gerenciamento e mitigação de todos os riscos do município de Vitória. Para as bacias hidrográficas e/ou bairros de maior risco, recomenda-se a realização de modelagens mais robustas, com parametrizações específicas para o local de estudo.

Em relação à vulnerabilidade social, as áreas menos vulneráveis estão associadas aos bairros mais ricos, antigos e/ou consolidados do município, como os das regionais V – Praia do Canto e IX – Jardim da Penha. Os setores censitários mais vulneráveis, no entanto, ficam em regiões historicamente empobrecidas e precárias do município, nas encostas do Maciço Central e de colinas costeiras, além das áreas no entorno de manguezais – como nas regionais I – Centro, II – Santo Antônio e VII – São Pedro.

As principais componentes da vulnerabilidade social em Vitória versam sobre a educação, ocupação, raça (ou cor), renda e idade da população, juntamente à estrutura física das moradias (qualidade das paredes externas).

A vulnerabilidade social foi calculada com dados do Censo Demográfico 2010, portanto, os efeitos da pandemia de COVID-19 no agravamento da situação socioeconômica da população não foram expostos. Sugere-se a atualização do índice de vulnerabilidade social a cada edição do Censo Demográfico, para acompanhar, ao longo do tempo, como o índice se modifica no município, e a construção de índices

de resiliência, para subsidiar o gerenciamento e diminuição de riscos diversos. Combinados, os índices de vulnerabilidade social e resiliência podem auxiliar na implementação de políticas públicas e na oferta de serviços para melhoria de condições de vida da população, além de colaborar com o zoneamento da terra.

Finalmente, as áreas de risco são as sujeitas a ocorrências de escorregamentos translacionais, no período de um ano, com potencial de causar danos. Em Vitória, o risco mais alto está associado às encostas do Maciço Central e às colinas costeiras presentes na porção insular do município, enquanto as áreas de risco baixo ou inexistente se concentram nas porções planas do município e/ou de baixa recorrência de escorregamentos translacionais.

As políticas públicas de prevenção e mitigação de riscos, redução de vulnerabilidade social e educação ambiental, como o Projeto Terra Mais Igual, surtem efeito verificável na baixa letalidade dos movimentos de massa em Vitória – apenas duas mortes foram registradas nos laudos geológico-geotécnicos do Projeto MAPENCO no período entre 1999 e 2017. Portanto, a continuidade e fortalecimento dessas políticas públicas é essencial.

A distribuição dos pluviômetros instalados e monitorados pelo Projeto MAPENCO, outra medida não-estrutural de redução de riscos, acompanha a disposição das áreas de risco alto e muito alto de escorregamentos translacionais no município. Sugere-se o adensamento da rede de pluviômetros, com instalação de aparelhos dedicados aos locais de risco mais alto, como entre os bairros Resistência e Conquista (na regional VII – São Pedro), do Moscoso, Piedade e Fonte Grande (na regional I – Centro) e Forte São João, Romão, Cruzamento e Fradinhos (na regional III – Jucutuquara). Além disso, a instalação e operação de sirenes e sistemas de alertas locais em períodos de precipitação intensa e/ou continuada auxilia na diminuição dos riscos à população.

A população exposta aos riscos mais altos de escorregamentos translacionais foi calculada por agregação das classes de risco através da mediana. A maioria dos setores censitários e, portanto, dos residentes de Vitória ficam em áreas de risco baixo ou inexistente, correspondendo a quase 65% da população total. À medida que o risco aumenta, a população exposta diminui: 84 setores censitários estão expostos à risco médio, 68 à risco alto e 25 à risco muito alto. Os setores censitários expostos aos

níveis de risco alto e muito alto concentram cerca de 60 mil habitantes, equivalentes a aproximadamente 18% da população da capital.

Quando analisada demograficamente, a população exposta apresenta distinções claras entre os diferentes níveis de risco, com exceção do gênero. As áreas de risco baixo ou inexistente têm a maior proporção de residentes em moradias alugadas, o valor mais alto de aluguéis pagos, a população mais velha, a maior média renda per capita, a maior proporção de população de cor (ou raça) branca (55%) e a menor proporção de população de cor (ou raça) preta e parda (44%).

Nas áreas de risco mais alto, por outro lado, predomina a população de cor (ou raça) preta e parda (somando 75,9%) e a população de cor (ou raça) branca representa apenas 23% dos residentes, a média de renda per capita é a menor (quase quatro vezes menor que a das áreas de risco baixo ou inexistente) e a população é mais jovem. No entanto, a proporção de residentes em moradias alugadas é a menor dentre as faixas de risco e o valor pago em aluguéis é o segundo maior, em média.

O risco de escorregamentos translacionais em Vitória, portanto, aparenta ser governado por variáveis relacionadas à cor (ou raça) e classe social. A filósofa Sueli Carneiro (2000, p. 1), sobre uma pesquisa de desigualdade étnica e desenvolvimento humano no Brasil, escreveu: *“Pobreza tem cor no Brasil. E existem dois Brasis”*. Com base na distribuição das áreas de risco e das populações expostas à risco, pode-se afirmar: existem duas Vitórias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A GAZETA. Água da chuva forma “cachoeira” e arrasta carro na Piedade; vídeo. **A Gazeta**, Vitória, 16 abr. 2018. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/gv/gua-da-chuva-forma--cachoeira--e-arrasta-carro-na-piedade-video-0418>. Acesso em: 16 ago. 2022.

A GAZETA. Dez meses após desabamento, restaurante reabre em Vitória. **G1**, Vitória, 10 jan. 2014. Disponível em: <https://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2014/01/dez-meses-apos-desabamento-restaurante-reabre-em-vitoria.html>.

ABELLA, Enrique Armando Castellanos; VAN WESTEN, C. J. Generation of a landslide risk index map for Cuba using spatial multi-criteria evaluation. **Landslides**, v. 4, n. 4, p. 311-325, 19 dez. 2007. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-007-0087-y>.

ABRAHAM, Minu Treesa *et al.* Usage of antecedent soil moisture for improving the performance of rainfall thresholds for landslide early warning. **CATENA**, v. 200, p. 105147, 1 maio 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816221000060>.

AHMED, Bayes. The root causes of landslide vulnerability in Bangladesh. **Landslides**, v. 18, n. 5, p. 1707-1720, 2021.

AKGUN, Aykut. A Comparison of Landslide Susceptibility Maps Produced by Logistic Regression, Multi-Criteria Decision, and Likelihood Ratio Methods: A Case Study at İzmir, Turkey. **Landslides**, v. 9, n. 1, p. 93-106, 27 mar. 2012. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-011-0283-7>.

AKSHA, Sanam K. *et al.* An Analysis of Social Vulnerability to Natural Hazards in Nepal Using a Modified Social Vulnerability Index. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 10, n. 1, p. 103–116, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0192-7>.

ALEOTTI, Pietro; CHOWDHURY, R. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 58, n. 1, p. 21-44, 1 ago. 1999. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s100640050066>.

ALEXANDER, David E. Resilience and disaster risk reduction: An etymological journey. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 13, n. 11, p. 2707-2716, 2013.

ALEXANDER, David E. Vulnerability to Landslides. In: GLADE, Thomas; ANDERSON, Malcolm; CROZIER, Michael J. (org.). **Landslide Hazard Risk**. 1. ed. Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd, 2012. p. 175-198. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/9780470012659.ch5>.

ALMEIDA, Amylton de. **Lugar de Toda Pobreza**. Brasil: TV Gazeta. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lnPEhXXzpll>., 1983

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de *et al.* Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 17, n. March 2015, p. 251-272, ago. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.04.007>.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de *et al.* **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras**: conceitos, metodologias e aplicações. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

ALVALÁ, Regina Célia dos Santos *et al.* Mapping characteristics of at-risk population to disasters in the context of Brazilian early warning system. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 41, n. May, p. 101326, dez. 2019. Disponível em: [10.1016/j.ijdr.2019.101326](https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101326).

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's Climate Classification Map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil.

ALVES, Humberto Prates da Fonseca. Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 30, n. 2, p. 349-366, dez. 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982013000200002.

AMARAL, Cláudio Palmeiro do. **Escorregamentos no Rio de Janeiro**: inventário, condicionantes geológicas e redução do risco. 1996. 269 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 1996.

ANSELIN, Luc. **Global Spatial Autocorrelation (1)**: Visualizing Spatial Autocorrelation. Disponível em: http://geodacenter.github.io/workbook/5a_global_auto/lab5a.html#the-moran-scatter-plot. Acesso em: 26 mar. 2022a.

ANSELIN, Luc. **Local Spatial Autocorrelation (1)**. Disponível em: http://geodacenter.github.io/workbook/6a_local_auto/lab6a.html#local-moran. Acesso em: 26 mar. 2022b.

ANTRONICO, Loredana *et al.* Landslide risk perception, social vulnerability and community resilience: The case study of Maierato (Calabria, southern Italy). **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 46, p. 101529, 1 jun. 2020.

ARAI, Mitsuru. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP. Série Científica**, v. 6, n. 2, p. 01-06, 2006.

ARAÚJO, João Paulo de Carvalho; BARELLA, Cesar Falcão; FERNANDES, Nelson

Ferreira. Modelagem da susceptibilidade de escorregamentos utilizando o método de pesos de evidência em uma região montanhosa de clima tropical. **Geociências**, v. 40, n. 1, p. 137-155, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/14992>.

ARISTIZÁBAL, Edier; SÁNCHEZ, Oscar. Spatial and temporal patterns and the socioeconomic impacts of landslides in the tropical and mountainous Colombian Andes. **Disasters**, v. 44, n. 3, p. 596-618, 2020.

AUGUSTO FILHO, Oswaldo; SILVA JÚNIOR, Paulo Sérgio da; EIRAS, Cahio Guimarães Seabra. Simple Rainfall Indices for Forecasting Hazardous Events of Hydrologic and Geologic Nature. **Natural Hazards**, v. 101, n. 3, p. 689-709, abr. 2020. Disponível em: 10.1007/s11069-020-03890-4.

ÁVILA, Frederico F. *et al.* The Influence of Land Use/Land Cover Variability and Rainfall Intensity in Triggering Landslides: A Back-Analysis Study via Physically Based Models. **Natural Hazards**, v. 105, n. 1, p. 1139-1161, 23 jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04324-x>.

BA, Qianqian *et al.* An improved information value model based on gray clustering for landslide susceptibility mapping. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 1, 2017.

BARBETTA, Pedro Alberto. Análise de Dados Categorizados. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 6. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006a. p. 227–249.

BARBETTA, Pedro Alberto. Apêndice. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 6. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006b. p. 291–304.

BARBETTA, Pedro Alberto. Correlação e Regressão. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 6. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006c. p. 251–287.

BARELLA, Cesar Falcão. **Abordagens estatísticas aplicadas ao mapeamento de susceptibilidade a movimentos de massa**: análise de diferentes técnicas no contexto do Quadrilátero Ferrífero. 2016. 253 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

BARELLA, Cesar Falcão; SOBREIRA, Frederico Garcia; ZÊZERE, José Luís. A Comparative Analysis of Statistical Landslide Susceptibility Mapping in the Southeast Region of Minas Gerais State, Brazil. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 78, n. 5, p. 3205-3221, 1 ago. 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10064-018-1341-3>.

BAUM, Rex L.; SAVAGE, William Z.; GODT, Jonathan W. **TRIGRS – A Fortran program for transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis, version 2.0**. [S.l.: s.n.], 2008. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/of/2008/1159/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BEGUERÍA, Santiago. Validation and Evaluation of Predictive Models in Hazard Assessment and Risk Management. **Natural Hazards**, v. 37, n. 3, p. 315-329, mar. 2006. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11069-005-5182-6>.

BENZ, Susanne A; BLUM, Philipp. Global detection of rainfall-triggered landslide clusters. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 19, n. 7, p. 1433-1444, 17 jul. 2019. Disponível em: <https://nhess.copernicus.org/articles/19/1433/2019/>.

BERTOLINO, Ana Valéria Freire Allemão *et al.* As repercussões pluviais e os movimentos de massa na porção leste da Baía de Guanabara: estudo de caso de São Gonçalo - RJ. In: SILVA, Charlei Aparecido da; FIALHO, Edson Soares (org.). **Concepções e Ensaio da Climatol. Geográfica**. [S.l.]: UFGD, 2012. p. 233-256.

BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Sciences Bulletin**, v. 24, n. 1, p. 43-69, 1979.

BIGARELLA, João José *et al.* Movimentos de Massa. **Estrut. e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003. v. 3. p. 1026-1073.

BIRKMANN, Jörn. Risk. In: BOBROWSKY, Peter T. (org.). **Encyclopedia of Natural Hazards**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 856-862. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4020-4399-4_296.

BIRKMANN, Jörn. Scenarios for vulnerability: opportunities and constraints in the context of climate change and disaster risk. **Climatic Change**, v. 133, n. 1, p. 53-68, 2015.

BIRKMANN, Jörn; WISNER, Benjamin. **Measuring the un-measurable: The Challenge of Vulnerability**. Bonn: United Nations University, 2006. v. 5. Disponível em: <http://www.ihdp.unu.edu/file/get/3962.pdf>.

BLAIKIE, Norman. Descriptive Analysis – Bivariate: Looking for Patterns. **Analyzing quantitative data: from description to explanation**. 1. ed. London: SAGE Publications, 2003. p. 89-115.

BLOG MEMÓRIA SANTISTA. **Em 1928, Santos viveu a dor de sua maior tragédia**. Disponível em: <http://memoriasantista.com.br/?p=3567>. Acesso em: 22 fev. 2021.

BONINI, José Eduardo *et al.* Suscetibilidade a escorregamentos rasos a partir de parâmetros morfométricos e dos modelos SHALSTAB e do Valor Informativo. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 46, p. 1-16, 2020. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/3032>.

BORDEN, Kevin A.; CUTTER, Susan L. Spatial Patterns of Natural Hazards Mortality in the United States. **International Journal of Health Geographics**, v. 7, n. 64, p. 1-13, 2008. Disponível em: 10.1186/1476-072X-7-64.

BORGES, Juliana. Risco é alto no local onde pedra rolou em Jesus de Nazareth, diz

Defesa Civil. **G1 – Espírito Santo**, Vitória, 1 fev. 2018. p. 1. Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/risco-e-alto-no-local-onde-pedra-rolou-em-jesus-de-nazareth-diz-defesa-civil.ghtml>. Acesso em: 3 jan. 2023.

BORTOLOTI, Frederico Damasceno *et al.* Preliminary landslide susceptibility zonation using GIS-based fuzzy logic in Vitória, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 3, p. 2125-2141, 1 ago. 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12665-015-4200-6>.

BORTOLOTI, Frederico Damasceno. **Redes neurais com topologias otimizadas aplicadas na modelagem de dados geotécnicos e pluviométricos para predição de deslizamentos de solo**. 2012. 184 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

BORUFF, Bryan J.; EMRICH, Christopher; CUTTER, Susan L. Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. **Journal of Coastal Research**, v. 21, n. 5, p. 932-942, 2005.

BOWMAN, Elisabeth T. Small Landslides – Frequent, Costly, and Manageable. **Landslide Hazards, Risks, and Disasters**. [S.l.]: Elsevier, 2015. p. 405-439. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123964526000124>.

BOZZOLAN, Elisa *et al.* Including informal housing in slope stability analysis-an application to a data-scarce location in the humid tropics. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 20, n. 11, p. 3161-3177, 2020.

BRABB, Earl E.; COLGAN, Joseph P.; BEST, Timothy C. **Map Showing Inventory and Regional Susceptibility for Holocene Debris Flows, and Related Fast-Moving Landslides in the Conterminous United States**. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/mf/1999/2329/>. Acesso em: 10 jun. 2021.

BRASIL. **Constituição de 1988**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 2 abr. 2020.

BRASIL. Lei 10.257, **Estatuto da Cidade**, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm.

BRASIL, Ministério das Cidades. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Série Histórica**. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>. Acesso em: 7 nov. 2022.

BREWER, Cynthia A.; HARROWER, Mark. **Color Brewer 2.0**. Disponível em: <http://colorbrewer2.org/>. Acesso em: 20 dez. 2019.

BRICALLI, Luiza Leonardi. **Padrões de lineamentos e fraturamento neotectônico**

no estado do Espírito Santo (Sudeste do Brasil). 2011. 221 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

BRUNETTI, Maria Teresa *et al.* Rainfall thresholds for the possible occurrence of landslides in Italy. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 10, n. 3, p. 447-458, 11 mar. 2010. Disponível em: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/447/2010/>.

BUDIMIR, Mirianna Elizabeth Alessandra; ATKINSON, Peter M.; LEWIS, Hugh G. A systematic review of landslide probability mapping using logistic regression. **Landslides**, v. 12, n. 3, p. 419-436, 15 jun. 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-014-0550-5>.

CAI, Wenju *et al.* Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. **Nature Reviews Earth and Environment**, v. 1, n. 4, p. 215-231, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s43017-020-0040-3>.

CAINE, Nel. The Rainfall Intensity - Duration Control of Shallow Landslides and Debris Flows. **Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography**, v. 62, n. 1-2, p. 23–27, 8 abr. 1980.

CAMPOS JÚNIOR, Carlos Teixeira de. **O novo arrabalde**. 1. ed. Vitória: Prefeitura Municipal de Vitória: Secretaria Municipal de Cultura e Turismo, 1996.

CARDOZO, Claudia Paola; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Assessing social vulnerability to natural hazards in Nova Friburgo, Rio de Janeiro Mountain Region, Brazil. **Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reduccion del Riesgo de Desastres**, v. 3, n. 2, p. 71-83, 2019.

CARDOZO, Claudia Paola; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; LOPES, Eymar Silva Sampaio. Vulnerabilidade, Riscos e Mortalidade no Desastre de 2011 em Nova Friburgo. In: BARCELLOS, Christovam; CORVALÁN, Carlos; SILVA, Eliane Lima e (org.). **Mudanças Climáticas, Desastr. e Saúde**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2022. p. 49-74.

CARNEIRO, Sueli. **Pobreza tem cor no Brasil, por Sueli Carneiro**. Disponível em: <https://www.geledes.org.br/pobreza-tem-cor-no-brasil/>. Acesso em: 31 maio 2022.

CARRARA, Alberto. Multivariate models for landslide hazard evaluation. **Journal of the International Association for Mathematical Geology**, v. 15, n. 3, p. 403-426, jun. 1983. Disponível em: 10.1007/BF01031290.

CARRARA, Alberto; CROSTA, Giovanni; FRATTINI, Paolo. Comparing models of debris-flow susceptibility in the alpine environment. **Geomorphology**, v. 94, n. 3-4, p. 353-378, fev. 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X07002735>.

CARRARA, Alberto; MERENDA, L. Landslide inventory in northern Calabria, southern Italy. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 87, n. 8, p. 1153-

1162, 1976. Disponível em:

<https://pubs.geoscienceworld.org/gsabulletin/article/87/8/1153-1162/190925>.

CARREÇO, Helio; CASTIGLIONI, Aurélia Hermínia. Análise da vulnerabilidade socioambiental no município de Vitória-ES, com o apoio de um SIG livre. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 55, p. 1076-1102, 30 out. 2018. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/17285>.

CARSON, Michael A.; KIRKBY, Mike J. **Hillslope form and process**. 1. ed. Londres: Cambridge University Press, 1975.

CASAGRANDE, Pedro Benedito *et al.* Geological risk index used as support to urban and territorial planning: Case study of Nova Lima, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, p. 3-16, 2020.

CASCINI, Leonardo *et al.* A New – Old Approach for Shallow Landslide Analysis and Susceptibility Zoning in Fine-Grained Weathered Soils of Southern Italy. **Geomorphology**, v. 241, p. 371-381, jul. 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X15002299>.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de *et al.* **Volume I – Desastres naturais. Manual de Desastres**, Manual de Desastres. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Desastres_Naturais_Voll.pdf.

CAUS, Celso Luiz. **Das Fontes e Chafarizes às Águas Limpas: evolução do saneamento no Espírito Santo**. 1. ed. Vitória: CESAN, 2012.

CHACÓN, Jose *et al.* Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 65, n. 4, p. 341-411, 13 nov. 2006. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10064-006-0064-z>.

CHAU, Kam Tim *et al.* Landslide hazard analysis for Hong Kong using landslide inventory and GIS. **Computers & Geosciences**, v. 30, n. 4, p. 429-443, maio 2004. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098300404000214>.

CHEN, Wenfang *et al.* Measuring Social Vulnerability to Natural Hazards in the Yangtze River Delta Region, China. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 4, n. 4, p. 169-181, 18 dez. 2013. Disponível em: 10.1007/s13753-013-0018-6.

CIURLEO, Mariantonietta; CASCINI, Leonardo; CALVELLO, Michele. A Comparison of Statistical and Deterministic Methods for Shallow Landslide Susceptibility Zoning in Clayey Soils. **Engineering Geology**, v. 223, p. 71-81, jun. 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013795216308419>.

COELHO, André Luiz Nascentes. Geotecnologias Aplicadas na Distribuição Espacial dos Aterros da Cidade de Vitória (ES). **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 51, p. 760-

775, 11 out. 2017. Disponível em:
<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2017v27n51p760/12337>.

COELHO, André Luiz Nascentes. **Mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo**. Vitória: [s.n.], 2012.

COELHO, André Luiz Nascentes. SIG aplicado em inundações urbanas: estudo de caso no município de Vitória – ES (Brasil). **Ciência Geográfica**, v. XX, n. 1, p. 33-43, 2016. Disponível em:
http://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXX_1/agb_xx1_versao_internet/Revista_AGB_dez2016-02.pdf.

COELHO, André Luiz Nascentes. Uso de dados SRTM como ferramenta de apoio ao mapeamento geomorfológico de bacia de médio-grande porte. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 2, p. 138-153, 2008. Disponível em:
<https://biblat.unam.mx/hevila/Revistageograficaacademica/2008/vol2/no2/12.pdf>.

COELHO, André Luiz Nascentes; FERREIRA, Giovanilton André Carretta. Geotecnologias aplicadas em área inundável: O caso de Brejo Grande, Serra-ES. **GeoTextos**, v. 7, n. 1, p. 159-184, 2011.

COELHO NETTO, Ana Luiza *et al.* **January 2011: The Extreme Landslide Disaster in Brazil**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. v. 6. Disponível em:
<http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-31319-6>.

COELHO NETTO, Ana Luiza *et al.* Landslide susceptibility in a mountainous geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The role of morphometric subdivision of the terrain. **Geomorphology**, v. 87, n. 3, p. 120-131, 2007.

CONRAD, Olaf *et al.* System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. **Geoscientific Model Development**, v. 8, n. 7, p. 1991-2007, 7 jul. 2015. Disponível em: <https://www.geosci-model-dev.net/8/1991/2015/>.

CORINE, CORINE Land Cover. **CORINE Land Cover**. Disponível em:
<https://collections.sentinel-hub.com/corine-land-cover/readme.html>. Acesso em: 4 fev. 2022.

COROMINAS, Jordi *et al.* Recommendations for the Quantitative Analysis of Landslide Risk. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 73, n. 2, p. 209-263, nov. 2014. Disponível em: 10.1007/s10064-013-0538-8.

COROMINAS, Jordi; MOYA, José. A review of assessing landslide frequency for hazard zoning purposes. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3-4, p. 193-213, dez. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.018>.

COTTA, Higor Henrique Aranda; CORREA, Wesley De Souza Campos; ALBUQUERQUE, Taciana Toledo de Almeida. Aplicação da distribuição de Gumbel para valores extremos de precipitação no município de Vitória-ES. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, p. 203-217, 2016. Disponível em:

<http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/39440>.

COUTO, Jeniffer Oliveira Nepomuceno do. **Inventário dos movimentos de massa da bacia de drenagem de Fradinhos-ES**. 2018. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **CARTA GEOLÓGICA – Folha SF-24-V-B-I Vitória**. Brasília: CPRM. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/18379?show=full>, 2014.

CRAMERI, Fabio; SHEPHARD, Grace E. Scientific colour maps. 2 fev. 2021. Disponível em: <https://zenodo.org/record/4491293>. Acesso em: 15 jul. 2021.

CRAMERI, Fabio; SHEPHARD, Grace E.; HERON, Philip J. The misuse of colour in science communication. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-19160-7>.

CROVELLI, Robert A. **Probability Models for Estimation of Number and Costs of Landslides**. **US Geological Survey Open-File Report**, nº Open-File Report 00-249. [S.l: s.n.], 2000. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/of/2000/ofr-00-0249/ProbModels.html>. Acesso em: 30 jun. 2021.

CRUDEN, David Milne; VARNES, David J. LANDSLIDE TYPES AND PROCESSES. In: TURNER, A. Keith; SCHUSTER, Robert L. (eds.). **Landslides: investigation and mitigation**. Washington DC, Estados Unidos: Transportation Research Board, US National Research Council, 1996. v. 247. p. 36-75. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr247/sr247-003.pdf>.

CRUZ, Olga. Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da Serra do Mar. **Revista do Instituto Geológico**, v. 8-11, n. 1, p. 9-20, 1990. Disponível em: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0100-929X.19900002>.

CUNHA, Alexson de Mello *et al.* Update to the legend of the reconnaissance soil map of Espírito Santo state and the implementation of Geobases interface for data usage in GIS. **Revista Geografares**, v. 23, n. 22, p. 32-65, 22 dez. 2016. Disponível em: <http://www.periodicos.ufes.br/geografares/article/view/12356>.

CUTTER, Susan L. Societal Responses to Environmental Hazards. **International Social Science Journal**, v. 48, n. 150, p. 525-536, dez. 1996a. Disponível em: 10.1111/1468-2451.00053.

CUTTER, Susan L. The forgotten casualties: women, children, and environmental change. **Global Environmental Change**, v. 5, n. 3, p. 181-194, 1995.

CUTTER, Susan L. The forgotten casualties redux: Women, children, and disaster risk. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 117-121, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.12.010>.

CUTTER, Susan L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human**

Geography, v. 20, n. 4, p. 529-539, dez. 1996b. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030913259602000407>.

CUTTER, Susan L.; ASH, Kevin D.; EMRICH, Christopher T. The Geographies of Community Disaster Resilience. **Global Environmental Change**, v. 29, p. 65–77, nov. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.08.005>.

CUTTER, Susan L.; BORUFF, Bryan J.; SHIRLEY, W. Lynn. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003. Disponível em: 10.1111/1540-6237.8402002.

CUTTER, Susan L.; BURTON, Christopher G.; EMRICH, Christopher T. Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. **Journal of Homeland Security and Emergency Management**, v. 7, n. 1, p. 1-22, jan. 2010.

CUTTER, Susan L.; DERAKHSHAN, Sahar. Temporal and Spatial Change in Disaster Resilience in US Counties, 2010-2015. **Environmental Hazards**, v. 19, n. 1, p. 10-29, 1 jan. 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17477891.2018.1511405>.

CUTTER, Susan L.; FINCH, Christina. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, n. 7, p. 2301-2306, 2008. Disponível em: <http://www.pnas.org/cgi/content/long/105/7/2301>.

D'ORSI, Ricardo Neiva. **Correlação entre Pluviometria e Escorregamentos no trecho da Serra dos Órgãos da Rodovia Federal BR-116 RJ (RIO-TERESÓPOLIS)**. 2011. 287 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/155-2011/1255-ricardo-neiva-dorsi>.

DAI, Fuchu C. *et al.* Logistic regression modelling of storm-induced shallow landsliding in time and space on natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 63, n. 4, p. 315-327, 4 dez. 2004. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10064-004-0245-6>.

DAI, Fuchu C.; LEE, Chack Fan. Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. **Geomorphology**, v. 42, n. 3-4, p. 213-228, 2002. Disponível em: 10.1016/S0169-555X(01)00087-3.

DAMM, Bodo; KLOSE, Martin. The landslide database for Germany: Closing the gap at national level. **Geomorphology**, v. 249, p. 82-93, nov. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.021>.

DE PLOEY, Jan; CRUZ, Olga. Landslides in the Serra do Mar, Brazil. **CATENA**, v. 6, n. 2, p. 111-122, set. 1979. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0341816279900018>.

DERAKHSHAN, Sahar; HODGSON, Michael E.; CUTTER, Susan L. Vulnerability of

populations exposed to seismic risk in the state of Oklahoma. **Applied Geography**, v. 124, n. September, p. 102295, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102295>.

DERENZI, Luiz Serafim. **Biografia de uma ilha**. 1. ed. Rio de Janeiro: Pongetti, 1965.

DIAS, Helen Cristina *et al.* Avaliação da Suscetibilidade a Escorregamentos Rasos com Base na Aplicação de Estatística Bivariada: Resultados Preliminares. **Geography Department University of Sao Paulo**, p. 34-42, 9 set. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/144537>.

DIAS, Helen Cristina *et al.* Statistical-based shallow landslide susceptibility assessment for a tropical environment: a case study in the southeastern Brazilian coast. **Natural Hazards**, v. 108, n. 1, p. 1-19, 18 mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04676-y>.

DIAS, Helen Cristina; DIAS, Vivian Cristina; VIEIRA, Bianca Carvalho. Condicionantes Morfológicos e Geológicos dos Escorregamentos Rasos na Bacia do Rio Santo Antônio, Caraguatatuba/SP. **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 8, n. spe, p. 157-163, 27 jun. 2017. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/132714>.

DIAS, Helen Cristina; HÖLBLING, Daniel; GROHMANN, Carlos Henrique. Landslide inventory mapping in Brazil: Status and challenges. 2021a, Cartagena: [s.n.], 2021. p. 1-8. Disponível em: <https://www.issmge.org/uploads/publications/105/106/ISL2020-6.pdf>.

DIAS, Helen Cristina; HÖLBLING, Daniel; GROHMANN, Carlos Henrique. Landslide Susceptibility Mapping in Brazil: A Review. **Geosciences**, v. 11, p. 1-15, 15 out. 2021b. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3263/11/10/425>.

DOMÍNGUEZ-CUESTA, María José. Susceptibility. In: BOBROWSKY, Peter T. (ed.). **Encyclopedia of Natural Hazards**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 988.

DOURADO, Francisco; ARRAES, Thiago Arraes; SILVA, Mariana Fernandes e. O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 35, n. 2, p. 43–54, 12 mar. 2012. Disponível em: [10.11137/2012_2_43_54](https://doi.org/10.11137/2012_2_43_54).

DOURADO, Francisco; ROIG, Henrique. Mapas de susceptibilidade a escorregamentos rasos, usando os modelos SHALSTAB e SINMAP, da bacia do Rio Paquequer – Teresópolis – RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais**, v. 4, n. 1, p. 56-66, 2012. Disponível em: <http://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/view/15/16>.

DU, Juan *et al.* Landslide susceptibility assessment based on an incomplete landslide inventory in the Jilong Valley, Tibet, Chinese Himalayas. **Engineering Geology**, v. 270, n. March, p. 1-25, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105572>.

EAKIN, Hallie; LUERS, Amy Lynd. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 31, p. 365-394, 2006.

EFFGEN, Julia Frederica *et al.* Parametrização geotécnica para modelagem de suscetibilidade a escorregamentos translacionais em Fradinhos, Vitória-ES. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 711727, 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/52656/30092>.

EFFGEN, Julia Frederica; COUTO, Jeniffer Oliveira Nepomuceno do; MARCHIORO, Eberval. Análise de áreas suscetíveis a escorregamentos na bacia de drenagem de Fradinhos, Vitória/ES, frente ao Plano Diretor Urbano e uso e cobertura da terra. **Revista Geografias (UFMG)**, v. 16, n. 1, p. 57-72, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/19215/16290>.

EFFGEN, Julia Frederica; MARCHIORO, Eberval. Mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa no município de Vila Velha-ES, com o uso de análise de processos hierarquizados (AHP). **Geosciences = Geociências**, v. 36, n. 4, p. 731-742, 17 jan. 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/12066>.

EFFGEN, Julia Frederica; MARCHIORO, Eberval. **Suscetibilidade a movimentos de massa no Morro da Boa Vista, Vila Velha (ES)**. 2016, Maringá: UGB, 2016. p. 9.

EHRlich, M. *et al.* Triggering factors and critical thresholds for landslides in Rio de Janeiro-RJ, Brazil. **Natural Hazards**, v. 107, n. 1, p. 937-952, 11 maio 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s11069-021-04616-w>.

EIRAS, Cahio Guimarães Seabra *et al.* Discriminant analysis as an efficient method for landslide susceptibility assessment in cities with the scarcity of predisposition data. **Natural Hazards**, v. 107, n. 2, p. 1427-1442, 5 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04638-4>.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

EPIFÂNIO, Bruno; ZÊZERE, José Luís; NEVES, Mário. Susceptibility assessment to different types of landslides in the coastal cliffs of Lourinhã (Central Portugal). **Journal of Sea Research**, v. 93, p. 150-159, out. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.seares.2014.04.006>.

ESPÍRITO SANTO. Lei ordinária 9.972/2012. 2012. Disponível em: <http://www3.al.es.gov.br/legislacao/norma.aspx?id=30655&ano=2012>.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS Pro | Documentation**. . Redlands, CA: ESRI. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/get->

started/get-started.htm. Acesso em: 25 jun. 2021.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. **Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I) (Spatial Statistics)**. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-statistics/cluster-and-outlier-analysis-anselin-local-moran-s.htm>. Acesso em: 26 mar. 2022a.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. **Data classification methods**. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>. Acesso em: 3 mar. 2022b.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. **How Aspect works**. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-aspect-works.htm>. Acesso em: 3 mar. 2022c.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. **Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) (Spatial Statistics)**. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-statistics/spatial-autocorrelation.htm>. Acesso em: 26 mar. 2022d.

FARIA, Willis de. **HISTÓRICO DOS ATERROS DA BAÍA DE VITÓRIA-ES**. Disponível em: <http://deolhonailha-vix.blogspot.com/2010/08/historico-dos-aterros-da-baia-de.html>. Acesso em: 1 fev. 2022.

FELL, Robin *et al.* Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3-4, p. 99-111, dez. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.022>.

FELL, Robin *et al.* Landslide risk assessment and acceptable risk. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 31, n. 2, p. 261-272, 1994.

FERNANDES, Nelson Ferreira *et al.* Condicionantes Geomorfológicas dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 51-71, 19 dez. 2001. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/8>.

FERNANDES, Nelson Ferreira *et al.* Modelagem em Geografia Física: Teoria, Potencialidades e Desafios. **Espaço Aberto**, v. 6, n. 1, p. 209-247, 2016. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5793398>.

FERNANDES, Nelson Ferreira *et al.* Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. **CATENA**, v. 55, n. 2, p. 163-181, jan. 2004. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0341816203001152>.

FERNANDES, Nelson Ferreira; AMARAL, Cláudio Palmeiro do. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 396.

FERNANDES, Nelson Ferreira; COELHO NETTO, Ana Luiza; LACERDA, Willy Alvarenga. Subsurface hydrology of layered colluvium mantles in unchannelled valleys – South-Eastern Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 19, n. 7, p. 609-626, nov. 1994. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/esp.3290190703>.

FILGUEIRA, André Luiz de Souza. Racismo ambiental, cidadania e biopolítica: considerações gerais em torno de espacialidades racializadas. **Ateliê Geográfico**, v. 15, n. 2, p. 186-201, 2021.

FINCH, Christina; EMRICH, Christopher T.; CUTTER, Susan L. Disaster Disparities and Differential Recovery in New Orleans. **Population and Environment**, v. 31, n. 4, p. 179-202, 9 mar. 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11111-009-0099-8>.

FRATTINI, Paolo; CROSTA, Giovanni; CARRARA, Alberto. Techniques for evaluating the performance of landslide susceptibility models. **Engineering Geology**, v. 111, n. 1-4, p. 62-72, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.004>.

FRIGERIO, Ivan *et al.* Spatiotemporal Pattern of Social Vulnerability in Italy. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 9, n. 2, p. 249-262, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0168-7>.

FROUDE, Melanie J.; PETLEY, David N. Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, n. 18, p. 2161-2181, 2018. Disponível em: <https://nhess.copernicus.org/articles/18/2161/2018/>.

FUENTES, Patrick. **Racismo ambiental é uma realidade que atinge populações vulnerabilizadas**. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/racismo-ambiental-e-uma-realidade-que-atinge-populacoes-vulnerabilizadas/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

FULLER, A. T.; PINCETL, Stephanie. Vulnerability Studies: A Bibliometric Review. **Professional Geographer**, v. 67, n. 3, p. 319-329, 2015.

GALL, Melanie; NGUYEN, Khai Hoan; CUTTER, Susan L. Integrated research on disaster risk: Is it really integrated? **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 12, p. 255-267, jun. 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212420915000138>.

GARIANO, Stefano Luigi *et al.* Long-term analysis of rainfall-induced landslides in Umbria, central Italy. **Natural Hazards**, v. 106, p. 2207-2225, 10 fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04539-6>.

GARIANO, Stefano Luigi; GUZZETTI, Fausto. Landslides in a changing climate. **Earth-Science Reviews**, v. 162, p. 227-252, nov. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011>.

GATTO, Luiz Carlos Soares *et al.* GEOMORFOLOGIA. **Folhas SF.23/24 Rio**

Janeiro/Vitória. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. v. 32. p. 305-384.

GERENTE, Jéssica *et al.* Classificação semiautomática de cicatrizes de movimentos de massa por meio de técnicas de detecção de mudanças. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 4, p. 801-812, 1 out. 2017. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1249>.

GERENTE, Jéssica; LUIZ, Edna Lindaura; SANTO, Mariane Alves Dal. Utilização do SHALSTAB como ferramenta para o diagnóstico preliminar da suscetibilidade a deslizamentos rasos no baixo vale do rio Luís Alves – SC. **Ambiência**, v. 10, n. suplemento 1, p. 333-350, 2014. Disponível em: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/ambiencia.2014.supl.08>.

GLADE, Thomas. Establishing the frequency and magnitude of landslide-triggering rainstorm events in New Zealand. **Environmental Geology**, v. 35, n. 2-3, p. 160-174, 27 ago. 1998. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s002540050302>.

GLADE, Thomas. Landslide Hazard Assessment and Historical Landslide Data – An Inseparable Couple? In: EL-SABH, Mohammed I *et al.* (Org.). **The Use of Historical Data in Natural Hazard Assessment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. v. 17. p. 153-168. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-3490-5_12.

GOKCEOGLU, Candan; SEZER, Ebru. A statistical assessment on international landslide literature (1945–2008). **Landslides**, v. 6, n. 4, p. 345-351, 26 dez. 2009. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-009-0166-3>.

GOMES, Aramis Horvath; MELLO, Leonardo Freire de. **Racismo territorial: o planejamento urbano tem um problema de raça?**. 1. ed. Jundiá: Paco, 2021.

GOMES, Dênis José Cardoso; SILVA, Letícia Pereira da; LIMA, Aline Maria Meiguins de. Vulnerabilidade ambiental na sub-bacia do Médio Tapajós (AM-PA). **Revista Geonorte**, v. 11, n. 38, p. 71-89, 18 dez. 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/8054>.

GORDO, Cristina; ZÉZERE, José Luís; MARQUES, Rui. Landslide Susceptibility Assessment at the Basin Scale for Rainfall- and Earthquake-Triggered Shallow Slides. **Geosciences**, v. 9, n. 6, p. 1-22, 20 jun. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3263/9/6/268>.

GÖRÜM, Tolga; FIDAN, Seçkin. Spatiotemporal variations of fatal landslides in Turkey. **Landslides**, v. 18, n. 5, p. 1691-1705, 2021.

GOTO, Erica Akemi; SUAREZ, A. Marcela; YE, Haiyun. Spatial analysis of social vulnerability in São Paulo city, Brazil. **Applied Geography**, v. 140, n. May 2021, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102653>.

GOULART, Antonio Celso de Oliveira. **Condicionantes Geoambientais na evolução do relevo de um maciço costeiro**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em

Geografia Física) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 2005.

GUERRA, Antônio José Teixeira. Catastrophic Events in Petrópolis City (Rio de Janeiro State), between 1940 and 1990. **GeoJournal**, v. 37, n. 3, p. 349-354, nov. 1995. Disponível em: 10.1007/BF00814015.

GUERRA, Antônio José Teixeira. Encostas urbanas. In: GUERRA, Antônio José Teixeira (org.). **Geomorfologia Urbana**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 280.

GUERRA, Antônio José Teixeira; SAMPAIO, Joana Jakeline de Alcântara. Processos erosivos acelerados, movimentos de massa e assoreamento na cidade do Crato – CE. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 19, n. 0, p. 9-20, 1 dez. 1996. Disponível em:
<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/1735>.

GUIDICINI, Guido; IWASA, O. Y. Tentative Correlation between Rainfall and Landslides in a Humid Tropical Environment. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, v. 16, n. 1, p. 13-20, dez. 1977. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF02591434>.

GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos Manoel. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 1983.

GUILLARD-GONÇALVES, Clémence *et al.* Application of Social Vulnerability Index (SoVI) and delineation of natural risk zones in Greater Lisbon, Portugal. **Journal of Risk Research**, v. 18, n. 5, p. 651-674, 28 maio 2015. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2014.910689>.

GUILLARD, Clemence; ZÉZERE, José Luís. Landslide Susceptibility Assessment and Validation in the Framework of Municipal Planning in Portugal: The Case of Loures Municipality. **Environmental Management**, v. 50, n. 4, p. 721-735, 4 out. 2012. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00267-012-9921-7>.

GUTHRIE, Richard H.; EVANS, Stephen G. Analysis of landslide frequencies and characteristics in a natural system, coastal British Columbia. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 29, n. 11, p. 1321-1339, 2004.

GUZZETTI, Fausto. Landslide fatalities and the evaluation of landslide risk in Italy. **Engineering Geology**, v. 58, n. 2, p. 89-107, nov. 2000. Disponível em: 10.1016/S0013-7952(00)00047-8.

GUZZETTI, Fausto. **Landslide hazard and risk assessment**. 2006. 373 f. Dissertação (Doutorado em Matemática e Ciências Naturais), Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11811/2644>.

GUZZETTI, Fausto. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. **Geomorphology**, v. 31, n. 1-4, p. 181-216, dez. 1999. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X99000781>.

GUZZETTI, Fausto. Landslide inventory maps: New tools for an old problem. **Earth-Science Reviews**, v. 112, n. 1-2, p. 42-66, abr. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001>.

GUZZETTI, Fausto. On the Prediction of Landslides and Their Consequences. In: SASSA, K. *et al.* (ed.). **Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk**. [S.l.]: Springer International Publishing, 2021. p. 3-32. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-60196-6_1.

GUZZETTI, Fausto. Probabilistic Landslide Hazard Assessment at the Basin Scale. **Geomorphology**, v. 72, n. 1-4, p. 272-299, dez. 2005.

GUZZETTI, Fausto. The rainfall intensity–duration control of shallow landslides and debris flows: an update. **Landslides**, v. 5, n. 1, p. 3-17, 6 fev. 2008. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-007-0112-1>.

HADER, Paulo Rodolpho Pereira; REIS, Fábio Augusto Gomes Vieira; PEIXOTO, Anna Silvia Palcheco. Landslide risk assessment considering socionatural factors: methodology and application to Cubatão municipality, São Paulo, Brazil. **Natural Hazards**, v. 110, n. 2, p. 1273-1304, 1 jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04991-4>.

HAIR JR., Joseph F. *et al.* Análise Fatorial. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. p. 100-146.

HELEODORO, Beatriz. Parte de paredão de pedra do Parque Pedra da Cebola, em Vitória, corre o risco de desabar. **G1 – Espírito Santo**, Vitória, 14 nov. 2022. p. 1. Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2022/11/14/parte-de-paredao-de-pedra-do-parque-pedra-da-cebola-em-vitoria-corre-o-risco-de-desabar.ghtml>. Acesso em: 3 jan. 2023.

HIGHLAND, Lynn M.; BOBROWSKY, Peter. **The Landslide Handbook – A Guide to Understanding Landslides**. Reston, Virginia: US Geological Survey, 2008.

HIJMANS, Robert J. *et al.* **Package “raster” Type Package Title Geographic Data Analysis and Modeling**. . [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/raster/raster.pdf>. , 2022

HUMMELL, Beatriz Maria de Loyola; CUTTER, Susan L.; EMRICH, Christopher T. Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 7, n. 2, p. 111-122, 2016. Disponível em: 10.1007/s13753-016-0090-9.

HUNGR, Oldrich; LEROUEIL, Serge; PICARELLI, Luciano. The Varnes classification of landslide types, an update. **Landslides**, v. 11, n. 2, p. 167-194, 30 abr. 2014. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-013-0436-y>.

HVRI, Hazards & Vulnerability Research Institute - University of South Carolina.

What Population Characteristics Affect Vulnerability? Disponível em: https://www.sc.edu/study/colleges_schools/artsandsciences/centers_and_institutes/hvri/data_and_resources/sovi/faqs/index.php. Acesso em: 9 mar. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Campinas, Florianópolis e Vitória são as novas metrópoles brasileiras**. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/28043-campinas-florianopolis-e-vitoria-sao-as-novas-metropoles-brasileiras?fbclid=IwAR2s8tNRHoD6GTSNJjBrP0W4SrymfKrRDOvKPqPjqugK9yOQb9FKDzD_Npk. Acesso em: 4 jul. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010: notas metodológicas**. [S.l.: s.n.], 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. (Manuais técnicos em geociências).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Microdados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9673&t=microdados>. Acesso em: 28 maio 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População em áreas risco no Brasil**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101589.pdf>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal de Mapas**. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados do Universo - Características da População e dos Domicílios**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/universo-caracteristicas-da-populacao-e-dos-domicilios>. Acesso em: 1 fev. 2022a.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vitória**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/vitoria/panorama>. Acesso em: 1 fev. 2022b.

IBM. **IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0**. Armonk, NY: IBM Corp., 2019.

IEMA, Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **GEOBASES – IEMA – MAPEAMENTO ES – 2012-2015**. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>. Acesso em: 8 maio 2020.

IJSN, Instituto Jones dos Santos Neves. **Evolução da Pobreza no Brasil e no Espírito Santo entre 2012 e 2021**. Vitória: [s.n.], 2022. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/artigos/6264-nt-68-evolucao-da-pobreza-no-brasil-e-no>

espirito-santo-entre-2012-e-2021.

IJSN, Instituto Jones dos Santos Neves. **Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES)**. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/>. Acesso em: 11 dez. 2018.

IJSN, Instituto Jones dos Santos Neves. Volume 2 - Diagnóstico Integrado. **Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana da Grande Vitória**. Vitória: IJSN, 2018. v. 2. p. 184. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/comdevit/plano-de-desenvolvimento-urbano-integrado>. Acesso em: 29 out. 2021.

INCAPER, Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural. **Dados complementares da estação Vitória (OMM: 83648)**. Vitória: INCAPER, , 2019

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 15 jan. 2020.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – 1:25.000: Nota técnica explicativa. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – IPT**. São Paulo: [s.n.], 2014. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16588/NT-Carta_Suscetibilidade.pdf?sequence=1.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Ocupação de Encostas**. São Paulo: [s.n.], 1991.

IWAMA, Allan Yu; BATISTELLA, Mateus; FERREIRA, Lúcia da Costa. Riscos geotécnicos e vulnerabilidade social em zonas costeiras: desigualdades e mudanças climáticas. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 4, p. 251-274, dez. 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2014000400014&lng=pt&tlng=pt.

JIAO, Yuanmei *et al.* Performance evaluation for four GIS-based models purposed to predict and map landslide susceptibility: A case study at a World Heritage site in Southwest China. **CATENA**, v. 183, n. February, p. 104221, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104221>.

JONES, Fred O. **Landslides of Rio de Janeiro and the Serra das Araras escarpment, Brazil**. Washington: [s.n.], 1973. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/pp/0697/report.pdf>.

JORGE, Liziane de Oliveira; PESSOTTI, Luciene. Covid-19, saúde e vulnerabilidade socioespacial na cidade de Vitória/ES. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 16, n. 4, p. 187-209, 2021.

JÓZSA, Edina *et al.* Distribution of landslides reconstructed from inventory data and

estimation of landslide susceptibility in Hungary. **Hungarian Geographical Bulletin**, v. 68, p. 255-267, 3 out. 2019. Disponível em: <http://ojs3.mtak.hu/index.php/hungeobull/article/view/1314>.

JU, Nengpan *et al.* Landslide early warning, case studies from Southwest China. **Engineering Geology**, v. 279, p. 105917, 20 dez. 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013795220318147>.

JUANG, Caroline S.; STANLEY, Thomas A.; KIRSCHBAUM, Dalia Bach. Using citizen science to expand the global map of landslides: Introducing the Cooperative Open Online Landslide Repository (COOLR). **PLOS ONE**, v. 14, n. 7, p. e0218657, 3 jul. 2019. Disponível em: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0218657>.

JULIEV, Mukhiddin *et al.* Comparative Analysis of Statistical Methods for Landslide Susceptibility Mapping in the Bostanlik District, Uzbekistan. **Science of The Total Environment**, v. 653, p. 801-814, fev. 2019.

KEEFER, David K. Statistical Analysis of an Earthquake-Induced Landslide Distribution – the 1989 Loma Prieta, California Event. **Engineering Geology**, v. 58, n. 3-4, p. 231-249, dez. 2000. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013795200000375>.

KIRSCHBAUM, Dalia Bach *et al.* A global landslide catalog for hazard applications: method, results, and limitations. **Natural Hazards**, v. 52, n. 3, p. 561-575, 10 mar. 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11069-009-9401-4>.

KIRSCHBAUM, Dalia Bach; STANLEY, Thomas. Satellite-Based Assessment of Rainfall-Triggered Landslide Hazard for Situational Awareness. **Earth's Future**, v. 6, n. 3, p. 505-523, mar. 2018. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/2017EF000715>.

KIRSCHBAUM, Dalia Bach; STANLEY, Thomas; ZHOU, Yaping. Spatial and temporal analysis of a global landslide catalog. **Geomorphology**, v. 249, p. 4-15, nov. 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X15001579>.

KOBIYAMA, Masato; MICHEL, Gean Paulo; GOERL, Roberto Fabris. Relação entre desastres naturais e floresta. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 6, p. 17-48, 2012.

KOUKIS, G.; ZIOURKAS, C. Slope instability phenomena in Greece: A statistical analysis. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, v. 43, n. 1, p. 47-60, abr. 1991. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF02590170>.

LACERDA, Willy Alvarenga. Landslide initiation in saprolite and colluvium in southern Brazil: Field and laboratory observations. **Geomorphology**, v. 87, n. 3, p. 104-119, 2007.

LEE, Jung-Hyun *et al.* Modeling landslide susceptibility in data-scarce environments using optimized data mining and statistical methods. **Geomorphology**, v. 303, p.

284-298, fev. 2018. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X16311060>.

LIMA, Ingrid Ferreira; FERNANDES, Nelson Ferreira; VARGAS JUNIOR, Eurípedes Do Amaral. Análise morfométrica em bacias afetadas por fluxos de detritos na região serrana do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, p. 399-419, 1 abr. 2020. Disponível em:
<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1515>.

LIN, Qigen; WANG, Ying. Spatial and temporal analysis of a fatal landslide inventory in China from 1950 to 2016. **Landslides**, v. 15, n. 12, p. 2357-2372, 18 dez. 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-018-1037-6>.

LIN, S. C.; KE, M. C.; LO, C. M. Evolution of landslide hotspots in Taiwan. **Landslides**, v. 14, n. 4, p. 1491–1501, 2017. Disponível em:
<http://link.springer.com/10.1007/s10346-017-0816-9>.

LISTO, Fabrizio de Luiz Rosito; VIEIRA, Bianca Carvalho. Mapping of risk and susceptibility of shallow-landslide in the city of São Paulo, Brazil. **Geomorphology**, v. 169-170, p. 30-44, out. 2012. Disponível em:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169555X12000311>.

LOPES, Eymar Silva Sampaio; ARRUDA JUNIOR, Elias Ribeiro de. Sensoriamento remoto para deslizamentos. In: SAUSEN, Tania Maria; LACRUZ, María Silva Pardi (orgs.). **Sensoriamento Remoto para Desastr**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 213-248.

MAANTAY, Juliana; MAROKO, Andrew. Mapping urban risk: Flood hazards, race, & environmental justice in New York. **Applied Geography**, v. 29, n. 1, p. 111-124, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.08.002>.

MACHADO FILHO, Luiz *et al.* GEOLOGIA. **Folhas SF.23/24 Rio Janeiro/Vitória**. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. v. 32. p. 27-304.

MACHADO, Giseli Modolo Vieira *et al.* Geohistorical evolution and the new geological map of the city of Vitoria, ES, Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 151, February 2017, p. 45-52, 2018. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.10.026>.

MANCINI, Francesco; CEPPI, Claudia; RITROVATO, G. GIS and statistical analysis for landslide susceptibility mapping in the Daunia area, Italy. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 10, n. 9, p. 1851-1864, 7 set. 2010. Disponível em:
<https://nhess.copernicus.org/articles/10/1851/2010/>.

MARANDOLA JR., Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 95-110, 2004.

MARCHEZINI, Victor *et al.* Disaster Risk Reduction Education: Pilot Studies in Rio de Janeiro State, Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, n. 4, p.

102-117, 12 dez. 2019. Disponível em:
<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/31322>.

MARCHIORO, Eberval. A incidência de frentes frias no município de Vitória (ES). **Acta Geográfica**, n. Ed. Esp. Climatologia Geográfica, p. 49-60, 2012. Disponível em: 10.5654/actageo2012.0002.0003.

MARCHIORO, Eberval; SILVA, Graziani Mondoni; CORREA, Wesley de Souza Campos. A Zona de Convergência do Atlântico Sul e a precipitação pluvial do município de Vila Velha (ES): repercussões sobre as inundações. **Revista do Departamento de Geografia USP**, v. 31, p. 43-57, 2016. Disponível em:
<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47245/50981>.

MARSALA, Vincenzo *et al.* Landslide Susceptibility Assessment of Mauritius Island (Indian Ocean). **Geosciences**, v. 9, n. 12, p. 1-26, 23 nov. 2019. Disponível em:
<https://www.mdpi.com/2076-3263/9/12/493>.

MARTHA, Tapas R. *et al.* Landslide hazard and risk assessment using semi-automatically created landslide inventories. **Geomorphology**, v. 184, p. 139-150, fev. 2013. Disponível em: 10.1016/j.geomorph.2012.12.001.

MARTINS, Tiago Damas *et al.* Application of the SHALSTAB model for the identification of areas susceptible to landslides: Brazilian case studies. **Revista de Geomorfologie**, v. 19, n. 1, p. 136-144, 2017.

MECHLER, Reinhard *et al.* **Assessing the Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards**. World Bank Policy Research Working Paper., nº 5232. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1565993.

MEIS, Maria Regina Mousinho de; SILVA, Jorge Xavier da. Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 30, n. 1, 1968.

MENDONÇA, Francisco. Riscos, Vulnerabilidades E Resiliencia Socioambientais Urbanas: Inovações Na Análise Geográfica. **Revista da Anpege**, v. 07, n. 01, p. 111-118, 2011.

MENESES, Bruno M. *et al.* Modelling the land use and land cover changes in Portugal: a multi-scale and multi-temporal approach. **Finisterra**, v. 53, n. 107, 29 mar. 2018. Disponível em: <http://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/12258>.

MENON JÚNIOR, Waltencir; Z Aidan, Ricardo Tavares. Conflitos de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego do Yung (Juiz de Fora-MG) com a legislação de parcelamento do solo e sua evolução entre os anos 1968 e 2010. **Formação (online)**, v. 3, n. 23, p. 217-247, 2016a.

MENON JÚNIOR, Waltencir; Z Aidan, Ricardo Tavares. Mapeamento de estabilidade de encostas: o casos da bacia hidrográfica do córrego Yung (Juiz de Fora – MG). **Revista de Geografia – PPGeo – UFJF**, v. 6, n. 2, 2016b.

MICHEL, Gean Paulo; KOBAYAMA, Masato; GOERL, Roberto Fabris. Comparative analysis of SHALSTAB and SINMAP for landslide susceptibility mapping in the Cunha River basin, southern Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, v. 14, n. 7, p. 1266-1277, 18 jul. 2014. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11368-014-0886-4>.

MICROSOFT. **Microsoft Office**. Redmond, WA: Microsoft Officer. Disponível em: <https://products.office.com/pt-br/explore-office-for-home>, 2016.

MONSIEURS, Elise *et al.* Landslide inventory for hazard assessment in a data-poor context: a regional-scale approach in a tropical African environment. **Landslides**, v. 15, n. 11, p. 2195-2209, 18 nov. 2018. Disponível em: [10.1007/s10346-018-1008-y](https://doi.org/10.1007/s10346-018-1008-y).

MONSIEURS, Elise; DEWITTE, Olivier; DEMOULIN, Alain. A susceptibility-based rainfall threshold approach for landslide occurrence. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 19, n. 4, p. 775-789, 2019. Disponível em: [10/ggvxbv](https://doi.org/10.5194/nhess-19-775-2019).

MONTEIRO, Marcus. **Chuvas**: PMV investiu R\$ 59 milhões entre 2013 e 2020 em 106 obras de contenções. Disponível em: <https://www.vitoria.es.gov.br/noticia/chuvas-pmv-investiu-r-59-milhoes-entre-2013-e-2020-em-66-obras-de-contencoes-42534>. Acesso em: 7 nov. 2022.

MONTEIRO, Marcus. **Mais de mil famílias que vivem em área de risco geológico já foram beneficiadas**. Disponível em: <https://www.vitoria.es.gov.br/noticia/mais-de-mil-familias-que-viviam-em-area-de-risco-geologico-ja-foram-beneficiadas-38393>. Acesso em: 8 nov. 2022a.

MONTEIRO, Marcus. **Monitoramento das chuvas é permanente em Vitória**. Disponível em: <https://www.vitoria.es.gov.br/noticia/monitoramento-das-chuvas-e-permanente-em-vitoria-38397>. Acesso em: 7 nov. 2022b.

MONTEIRO, Marcus. **Vitória lança edital para contratação de 139 obras de contenção de encostas**. Disponível em: <https://www.vitoria.es.gov.br/noticia/vitoria-lanca-edital-para-contratacao-de-139-obras-de-contencao-de-encostas-45890>. Acesso em: 7 nov. 2022.

MONTGOMERY, David R.; DIETRICH, William E. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. **Water Resources Research**, v. 30, n. 4, p. 1153-1171, 1994.

MOON, Seung-Hyun *et al.* Application of machine learning to an early warning system for very short-term heavy rainfall. **Journal of Hydrology**, v. 568, p. 1042-1054, 1 jan. 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169418309211>.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2005. Disponível em: <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.

MORRISON, Ann Michelle. **Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve Preparation - A Tutorial**. ENQUAD 2005-20. Boston: [s.n.], 2005. Disponível em: <https://www.mwra.com/harbor/enquad/pdf/2005-20.pdf>.

MORROW, Betty Hearn. Identifying and Mapping Community Vulnerability. **Disasters**, v. 23, n. 1, p. 1-18, mar. 1999. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/1467-7717.00102>.

NADIM, Farrokh. Hazard. In: BOBROWSKY, Peter T. (ed.). **Encyclopedia of Natural Hazards**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 425-426.

NGO, Ehren B. When Disasters and Age Collide: Reviewing Vulnerability of the Elderly. **Natural Hazards Review**, v. 2, n. 2, p. 80-89, maio 2001. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291527-6988%282001%292%3A2%2880%29>.

NGUYEN, Ba-quang-vinh; KIM, Yun-tae. Regional-scale landslide risk assessment on Mt. Umyeon using risk index estimation. **Landslides**, v. 2021, n. August 2020, 3 mar. 2021. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-021-01622-8>.

NOAL, Débora da Silva; RABELO, Ionara Vieira Moura. Desastres relacionados às Mudanças Climáticas e seus impactos na Saúde Mental. In: BARCELLOS, Christovam; CORVALÁN, Carlos; SILVA, Eliane Lima e (orgs.). **Mudanças Climáticas, Desastr. e Saúde**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2022. p. 131-148.

NOGUEIRA, Fernando Rocha. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos**: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal. 2002. 268 f. Tese (Doutorado em Geociências), Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista, 2002. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137036P9/2002/nogueira_fr_dr_rcla.pdf.

NOGUEIRA, Gabriel Silva; EFFGEN, Julia Frederica; MARCHIORO, Eberval. Análise Morfométrica e Morfológica da Ilha da Trindade, Atlântico Sul, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 236-261, 2020. Disponível em: 10.14393/SN-v32-2020-49647.

NOGUEIRA, Vitor. Deslizamento no Morro do Macaco, no bairro de Tabuazeiro em Vitória, na década de 80. **Revista do IJSN**, v. 4, n. 2, p. 19, 1985. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/14655>.

NUNES, Aline; BARCELOS, Viviann. Sobreviventes recontam a história da tragédia no Morro do Macaco. **A Gazeta**, Vitória, 21 out. 2019. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/gv/sobreviventes-recontam-a-historia-da-tragedia-no-morro-do-macaco-1019>.

O'HARE, Greg; RIVAS, Sara. The landslide hazard and human vulnerability in La Paz City, Bolivia. **Geographical Journal**, v. 171, n. 3, p. 239-258, 2005.

OLIVEIRA, José Teixeira de. **História do estado do Espírito Santo**. 3. ed. Vitória: Arquivo Público do estado do Espírito Santo: Secretaria de Estado de Cultura, 2008.

OLIVEIRA, Kyssyanne Samihra Santos; QUARESMA, Valéria da Silva. Condições típicas de vento sobre a região marinha adjacente à costa do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, n. 0, 28 fev. 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14052>.

OLIVEIRA, Vilmar *et al.* Pedologia: Levantamento Exploratório de Solos. **Folhas SF.23/24 Rio Janeiro/Vitória**. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. v. 32. p. 385–552.

OLSSON, Lennart *et al.* Land degradation. In: SHUKLA, Priyadarshi R. *et al.* (ed.). **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. [S.l: s.n.], 2019. p. 345-436. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCL_Chapter_4.pdf.

ONU, Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas. **Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction**. nº A/71/644. [S.l: s.n.], 2016. Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportenglish.pdf.

ORIGGE, Johnathan Tesch *et al.* Mapeamento de risco em áreas urbanas densamente habitadas: o morro do Jaburuna (Vila Velha, ES, Brasil). **Territorium**, v. 27, n. 27(I), p. 51–66, 2020. Disponível em: https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_27-1_5.

OTT, R. Lyman; LONGNECKER, Michael. Categorical Data. **An Introduction to Statistical Methods & Data Analysis**. 7. ed. Boston: Cengage Learning, 2016a. p. 482-554.

OTT, R. Lyman; LONGNECKER, Michael. Data Description. **An Introduction to Statistical Methods & Data Analysis**. 7. ed. Boston: Cengage Learning, 2016b. p. 60-148.

PACK, Robert T. *et al.* **SINMAP 2.0 (Stability Index MAPping)**. Logan: Utah State University. Disponível em: <https://hydrology.usu.edu/sinmap2/sinmap2.PDF>, 2005.

PALMISANO, Fabrizio; VITONE, Claudia; COTECCHIA, Federica. Assessment of Landslide Damage to Buildings at the Urban Scale. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 32, n. 4, p. 1-13, 11 ago. 2018. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CF.1943-5509.0001201>.

PALMISANO, Fabrizio; VITONE, Claudia; COTECCHIA, Federica. Landslide damage assessment at the intermediate to small scale. **Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice**, v. 3, n. June, p. 1549-1557, 2016.

PARIZZI, Maria Giovana *et al.* Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte, MG. **Geografias**, v. 6, n. 2, p. 49-68, 2010.

PARIZZI, Maria Giovana *et al.* Processos de movimentos de massa em Belo Horizonte, MG. **Geografias**, v. 07, n. 1, p. 58-87, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13309>.

PASSOS, Rafael de Melo. **Rede hídrica e urbanização**: o Córrego Jucutuquara na paisagem urbana de Vitória-ES. 2015. 161 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, 2015. Disponível em: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_8775_RAFAEL DE MELO PASSOS.pdf.

PENNINGTON, Catherine *et al.* The National Landslide Database of Great Britain: Acquisition, communication and the role of social media. **Geomorphology**, v. 249, p. 44-51, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.013>.

PEREIRA, Susana *et al.* A Landslide Risk Index for Municipal Land Use Planning in Portugal. **Science of The Total Environment**, v. 735, p. 1-15, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139463>.

PEREIRA, Susana *et al.* Landslide incidence in the North of Portugal: Analysis of a historical landslide database based on press releases and technical reports. **Geomorphology**, v. 214, p. 514-525, jun. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.02.032>.

PIMENTEL, Thiago Borini. **Fragilidade potencial e emergente do relevo de Vitória-ES**: Subsídios para gestão de riscos e desastres em ambiente urbano. 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, 2019.

PÓLIS, Instituto. **Racismo ambiental e justiça socioambiental nas cidades**. Disponível em: <https://polis.org.br/estudos/racismo-ambiental/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

POPESCU, Mihail E. A suggested method for describing the causes of a landslide. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, v. 50, n. 50, p. 71-74, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02594958>.

POURGHASEMI, Hamid Reza *et al.* Analysis and evaluation of landslide susceptibility: a review on articles published during 2005-2016 (periods of 2005–2012 and 2013-2016). **Arabian Journal of Geosciences**, v. 11, n. 9, p. 1-12, 30 maio 2018. Disponível em: [10.1007/s12517-018-3531-5](https://doi.org/10.1007/s12517-018-3531-5).

POURGHASEMI, Hamid Reza *et al.* GIS-based landslide susceptibility mapping with probabilistic likelihood ratio and spatial multi-criteria evaluation models (North of Tehran, Iran). **Arabian Journal of Geosciences**, v. 7, n. 5, p. 1857-1878, 10 maio 2014. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12517-012-0825-x>.

POURGHASEMI, Hamid Reza; MOHAMMADY, Majid; PRADHAN, Biswajeet.

Landslide Susceptibility Mapping Using Index of Entropy and Conditional Probability Models in GIS: Safarood Basin, Iran. **CATENA**, v. 97, p. 71-84, out. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S034181621200104X>.

POURGHASEMI, Hamid Reza; MORADI, Hamid Reza; FATEMI AGHDA, Seyed Mahmoud. Landslide Susceptibility Mapping by Binary Logistic Regression, Analytical Hierarchy Process, and Statistical Index Models and Assessment of Their Performances. **Natural Hazards**, v. 69, n. 1, p. 749-779, 25 out. 2013. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11069-013-0728-5>.

PRADHAN, Ananta Man Singh; KIM, Yun-tae. Evaluation of a combined spatial multi-criteria evaluation model and deterministic model for landslide susceptibility mapping. **CATENA**, v. 140, p. 125-139, maio 2016. Disponível em: [10.1016/j.catena.2016.01.022](https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.022).

PRADHAN, Ananta Man Singh; KIM, Yun-Tae. Application and comparison of shallow landslide susceptibility models in weathered granite soil under extreme rainfall events. **Environmental Earth Sciences**, v. 73, n. 9, p. 5761-771, 6 maio 2015. Disponível em: [10.1007/s12665-014-3829-x](https://doi.org/10.1007/s12665-014-3829-x).

PROJETO GIDES, Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais. **Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa**. 1. ed. Rio de Janeiro: CPRM/SGB - Serviço Geológico do Brasil, 2018.

PROJETO MAPENCO, Projeto de Mapeamento de Áreas de Risco Geológico-Geotécnico e Monitoramento de Encostas do Município de Vitória. **Estações pluviométricas**. Disponível em: http://alerta.mapenco.com.br/mapenco_monitoramento_lite.php. Acesso em: 15 jan. 2020a.

PROJETO MAPENCO, Projeto de Mapeamento de Áreas de Risco Geológico-Geotécnico e Monitoramento de Encostas do Município de Vitória. **História | MAPENCO Web**. Disponível em: <http://www.mapenco.com.br/node/1>. Acesso em: 5 jun. 2020b.

PROJETO MAPENCO, Projeto de Mapeamento de Áreas de Risco Geológico-Geotécnico e Monitoramento de Encostas do Município de Vitória. **Laudos Geológico-Geotécnicos (1999-2018)**. Vitória: [s.n.], 2018.

PROJETO MAPENCO, Projeto de Mapeamento de Áreas de Risco Geológico-Geotécnico e Monitoramento de Encostas do Município de Vitória. **Monitoramento Mapenco**. Disponível em: http://alerta.mapenco.com.br/mapenco_monitoramento_lite.php. Acesso em: 21 nov. 2022.

QIU, Haijun *et al.* Temporal and spatial distributions of landslides in the Qinba Mountains, Shaanxi Province, China. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 10, n. 1, p. 599-621, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1536080>.

QIU, Haijun *et al.* Temporal patterns of nonseismically triggered landslides in Shaanxi Province, China. **Catena**, v. 187, n. December 2018, p. 1-11, dez. 2020. Disponível em: doi.org/10.1016/j.catena.2019.104356.

QUESADA-ROMÁN, Adolfo. Landslide risk index map at the municipal scale for Costa Rica. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 56, p. 1-10, 1 abr. 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212420921001102>.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. 2022.

R STUDIO TEAM. **RStudio**: Integrated Development Environment for R. Boston: RStudio, PBC. Disponível em: [rstudio.com](https://www.rstudio.com). 2021.

RAMLÍ, Mohammad Firuz *et al.* Lineament mapping and its application in landslide hazard assessment: a review. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 69, n. 2, p. 215-233, 8 maio 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10064-009-0255-5>.

REGMI, Netra R.; MCDONALD, Eric V.; RASMUSSEN, Craig. Hillslope response under variable microclimate. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 44, n. 13, p. 2615–2627, 26 out. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/esp.4686>.

REICHENBACH, Paola *et al.* A review of statistically-based landslide susceptibility models. **Earth-Science Reviews**, v. 180, p. 60-91, maio 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.03.001>.

REICHENBACH, Paola *et al.* Geomorphological Mapping to Assess Landslide Risk: Concepts, Methods and Applications in the Umbria Region of Central Italy. In: GLADE, Thomas; ANDERSON, Malcolm; CROZIER, Michael J. (eds.). **Landslide Hazard Risk**. 1. ed. Chichester, West Sussex, England: Wiley, 2005. p. 429-468. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/9780470012659.ch15>.

RIBEIRO, Marta Foeppe *et al.* An Analysis of Monthly Rainfall and Its Relationship to the Occurrence of Mass Movement and Flooding in Pedra Branca Massif in the City of Rio de Janeiro, Brazil. **Geographical Research**, v. 51, n. 4, p. 398-411, ago. 2013. Disponível em: [10.1111/1745-5871.12015](https://doi.org/10.1111/1745-5871.12015).

ROGERSON, Peter A. **Métodos estatísticos para Geografia**: um guia para o estudante. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

RONCANCIO, Diana J.; CUTTER, Susan L.; NARDOCCI, Adelaide Cássia. Social vulnerability in Colombia. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 50, n. August, p. 101872, 1 nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101872>.

RONCANCIO, Diana J.; NARDOCCI, Adelaide Cássia. Social vulnerability to natural

hazards in São Paulo, Brazil. **Natural Hazards**, v. 84, n. 2, p. 1367-1383, 1 nov. 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-016-2491-x>.

ROSA, Mateus L.; SOBREIRA, Frederico G.; BARELLA, Cesar Falcão. Landslide susceptibility mapping using the statistical method of information value: A study case in Ribeirão dos Macacos basin, Minas Gerais, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 1, p. 1-19, 2021.

ROSI, Ascanio *et al.* The new landslide inventory of Tuscany (Italy) updated with PS-InSAR: geomorphological features and landslide distribution. **Landslides**, v. 15, n. 1, p. 5–19, 17 jan. 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-017-0861-4>.

ROZA, Mariza Pereira de Oliveira. **Desastres naturais relacionados com tendências de precipitação no Espírito Santo**. 2021. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2021.

SÁ, Carla; BOURGUIGNON, Natalia. Especial Aterros de Vitória. **A Gazeta**, Vitória, 8 set. 2016. , p. 4-7. Disponível em: http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20161018_aj25103_vitoria_aterros.pdf.

SALAROLI, Iramaya Sepulcri. **Movimentos de massa no município de Vitória-ES: inventário, caracterização e indicativos de um modelo comportamental**. 2003. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

SALINAS-JASSO, Jorge A. *et al.* Estimation of rainfall thresholds for shallow landslides in the Sierra Madre Oriental, northeastern Mexico. **Journal of Mountain Science**, v. 17, n. 7, p. 1565-1580, 2020.

SANTANA, Juliet Oliveira; CERQUEIRA, Erika Do Carmo. Movimentos de massa em Salvador: uma contribuição preliminar. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. [S.l.]: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – UNICAMP, 2017. v. 1. p. 4098-4106. Disponível em: <http://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2563>. Acesso em: 26 maio 2021.

SANTOS, Caio Lima dos *et al.* Análise metodológica de estudos referentes a eventos de movimentos de massa e erosão ocorridos na região Nordeste do Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 55, p. 959-979, 2018.

SAWATZKY, Don *et al.* **ArcSDM: Spatial Data Modeler 5 for ArcGis Desktop and ArcGis Pro**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://github.com/gtkfi/ArcSDM>. Acesso em: 6 set. 2021.

SCHICKER, Renée; MOON, Vicki. Comparison of bivariate and multivariate statistical approaches in landslide susceptibility mapping at a regional scale. **Geomorphology**, v. 161-162, p. 40-57, 2012. Disponível em: 10/f998c8.

SCHUSTER, Robert L.; HIGHLAND, Lynn M. **Socioeconomic and Environmental**

Impacts of Landslides in the Western Hemisphere. Denver: [s.n.], 2001.

SELBY, Michael John. **Hillslope materials and processes.** 2. ed. New York: Oxford University Press, 1993.

SENA, Aderita; CORVALÁN, Carlos. A inter-relação entre Mudança do Clima, Desastres e Saúde Coletiva. In: BARCELLOS, Christovam; CORVALÁN, Carlos; SILVA, Eliane Lima e (Org.). **Mudanças Climáticas, Desastres e Saúde.** 1. ed. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2022. p. 25-48.

SEPÚLVEDA, Sergio. A.; PETLEY, David N. Regional Trends and Controlling Factors of Fatal Landslides in Latin America and the Caribbean. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 15, n. 8, p. 1821-1833, 18 ago. 2015. Disponível em: <https://nhess.copernicus.org/articles/15/1821/2015/>.

SEPÚLVEDA, Sergio. A.; REBOLLEDO, Sofía; VARGAS, Gabriel. Recent catastrophic debris flows in Chile: Geological hazard, climatic relationships and human response. **Quaternary International**, v. 158, n. 1, p. 83-95, dez. 2006. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S104061820600156X>.

SHARPE, J. Danielle; WOLKIN, Amy F. The Epidemiology and Geographic Patterns of Natural Disaster and Extreme Weather Mortality by Race and Ethnicity, United States, 1999-2018. **Public Health Reports**, 2021.

SIDLE, Roy C.; OCHIAI, Hirotaka. Hazard assessment and prediction models. In: SIDLE, Roy C.; OCHIAI, Hirotaka (eds.). **Landslides: Processes, Prediction, and Land Use.** [S.l.]: American Geophysical Union, 2006a. p. 139-161.

SIDLE, Roy C.; OCHIAI, Hirotaka. Introduction and Overview of Landslide Problems. In: SIDLE, Roy C.; OCHIAI, Hirotaka (eds.). **Landslides: Processes, Prediction, and Land Use.** [S.l.]: American Geophysical Union, 2006b. p. 1-22.

SIDLE, Roy C.; OCHIAI, Hirotaka. Land Use and Global Change. In: SIDLE, Roy C.; OCHIAI, Hirotaka (eds.). **Landslides: Processes, Prediction, and Land Use.** [S.l.]: American Geophysical Union, 2006c. p. 163-238.

SIDLE, Roy C.; OCHIAI, Hirotaka. Natural Factors Influencing Landslides. In: SIDLE, Roy C.; OCHIAI, Hirotaka (eds.). **Landslides: Processes, Prediction, and Land Use.** [S.l.]: American Geophysical Union, 2006d. p. 41-119.

SILVA, Bruce Francisco Pontes da *et al.* Chuva extrema: o caso de dezembro de 2013 no Estado do Espírito Santo. **Incaper em Revista**, v. 4-5, n. January 2014, p. 113-121, 2014. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/606/1/revistareduzida.pdf>.

SILVA, Eliane Lima e *et al.* Emprego de modelo de susceptibilidade a escorregamentos rasos para gestão de riscos de desastres no município de Vitória-ES. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, p. 119–131, 2013.

SILVA, Márcio; PEREIRA, Susana. Assessment of physical vulnerability and

potential losses of buildings due to shallow slides. **Natural Hazards**, v. 72, n. 2, p. 1029-1050, 20 jun. 2014. Disponível em: [10.1007/s11069-014-1052-4](https://doi.org/10.1007/s11069-014-1052-4).

SILVA, Sullivan. Lugar de toda pobreza: o bairro São Pedro 35 anos depois de documentário. **A Gazeta**, Vitória, 23 set. 2019. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/gv/lugar-de-toda-pobreza-o-bairro-sao-pedro-35-anos-depois-de-documentario-0919>.

SMYTH, Conor G; ROYLE, Stephen A. Urban landslide hazards: incidence and causative factors in Niterói, Rio de Janeiro State, Brazil. **Applied Geography**, v. 20, n. 2, p. 95-118, abr. 2000. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143622800000047>.

SOARES, Diego; AZEVEDO, Ricardo; NUNES, Malena. Modelagem da densidade espacial de eventos potencialmente perigosos: uma proposta para análise do risco de deslizamentos de terra no município de Belo Horizonte, Brasil. **GOT – Journal of Geography and Spatial Planning**, n. 16, p. 345-369, 30 mar. 2019. Disponível em: [10.17127/got/2019.16.015](https://doi.org/10.17127/got/2019.16.015).

SOETERS, Robert; VAN WESTEN, C. J. Slope instability recognition, analysis, and zonation. **Special Report – National Research Council, Transportation Research Board**, v. 247, p. 129-177, jan. 1996.

SOUZA, Werônica Meira; AZEVEDO, Pedro Vieira de; ARAÚJO, Lincoln Eloi de. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, p. 250, 11 out. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232788>.

TARBOTON, David G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. **Water Resources Research**, v. 33, n. 2, p. 309-319, fev. 1997. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1029/96WR03137>.

TATIZANA, Celso *et al.* Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos – Serra do Mar – município de Cubatão. 1987, São Paulo: ABGE, 1987. p. 225-237.

THE HEINZ CENTER. **Human links to coastal disasters**. 1. ed. Washington, D.C: The Heinz Center, 2002.

TICHAVSKÝ, Radek *et al.* Dry Spells and Extreme Precipitation are The Main Trigger of Landslides in Central Europe. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 14560, 10 dez. 2019. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/s41598-019-51148-2>.

TIRANTI, Davide *et al.* The DEFENSE (debris Flows triggEred by storms – nowcasting system): An early warning system for torrential processes by radar storm tracking using a Geographic Information System (GIS). **Computers & Geosciences**, v. 70, p. 96-109, 1 set. 2014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098300414001174>.

TOMINAGA, Lídia Keiko. Análise e mapeamento de risco. In: TOMINAGA, Lídia

Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela (orgs.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009a. p. 147-160.

TOMINAGA, Lídia Keiko. Escorregamentos. In: TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela (orgs.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 1. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009b. p. 25-38.

TRIGILA, Alessandro *et al.* Comparison of Logistic Regression and Random Forests techniques for shallow landslide susceptibility assessment in Giampilieri (NE Sicily, Italy). **Geomorphology**, v. 249, p. 119-136, nov. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.06.001>.

TURCONI, Laura *et al.* Intrinsic Environmental Vulnerability as Shallow Landslide Susceptibility in Environmental Impact Assessment. **Sustainability**, v. 11, n. 22, p. 1-22, 2019.

UNDRO, Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator. **Natural Disasters and Vulnerability Analysis**. Geneva: [s.n.], 1980. Disponível em: <http://archive.org/details/naturaldisasters00offi>.

UNISDR, The United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Living with Risk**. New York: United Nations, 2004. v. 2-Annexe.

VALE. **Parque Botânico Vale em Vitória**. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/initiatives/environmental-social/botanic-park-v/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 8 maio 2020.

VALERIANO, Márcio de Morisson. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008.

VAN WESTEN, C. J. **Application of Geographic Information Systems to Landslide Hazard zonation**. 1993. 286 f. Tese (Doutorado), Department of Earth System Analysis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, 1993.

VAN WESTEN, C. J.; ABELLA, Enrique Armando Castellanos; KURIAKOSE, Sekhar L. Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3-4, p. 112-131, dez. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.010>.

VAN WESTEN, C. J.; VAN ASCH, T.W.J.; SOETERS, Robert. Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult? **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 65, n. 2, p. 167-184, 15 maio 2006. Disponível em: [10.1007/s10064-005-0023-0](http://dx.doi.org/10.1007/s10064-005-0023-0).

VANDINE, Doug F. *et al.* Technical terms and Methods. In: WISE, Mike P.; MOORE, Glenn D.; VANDINE, Doug F. (eds.). **Landslide Risk Case Studies in Forest Development Planning and Operations**. 1. ed. Victoria: Ministry of Forests, 2004. p. 13-26.

VARNES, David J. **Landslide Types and Processes. Landslides and Engineering Practice**, nº Special Report 29. Washington, DC, Estados Unidos: Highway Research Board, 1958. Disponível em: <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html>.

VARNES, David J. **Slope Movement Types and Processes. Landslides: Analysis and Control**. Transportation research board special report 176. Washington DC: [s.n.], 1978. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr176/176-002.pdf>.

VARNES, David J.; IAEG, The International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes. **Landslide hazard zonation: a review of principles and practice**. Paris: UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1984.

VIEIRA, Alessandra dos Santos. O espaço livre em análise: a antiga pedreira Rio Doce no bairro Joana D'Arc – Vitória/ES. **XVI SIMPURB – Simpósio Nacional de Geografia Urbana**, p. 2987-3003, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/simpurb2019/article/view/26374/19863>.

VIEIRA, Bianca Carvalho *et al.* Assessing shallow landslide hazards using the TRIGRS and SHALSTAB models, Serra do Mar, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, n. 6, p. 260, 27 mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7436-0>.

VIEIRA, Bianca Carvalho; FERNANDES, Nelson Ferreira. Landslides in Rio de Janeiro: The role played by variations in soil hydraulic conductivity. **Hydrological Processes**, v. 18, n. 4, p. 791-805, mar. 2004. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/hyp.1363>.

VIEIRA, Bianca Carvalho; FERREIRA, Fabiana Souza; GOMES, Maria Carolina Villaça. Propriedades físicas e hidrológicas dos solos e os escorregamentos rasos na Serra do Mar paulista. **Raega – O Espaço Geográfico em Análise**, v. 34, n. setembro, p. 307, 23 set. 2015. Disponível em: 10.5380/raega.v34i0.40739.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. 1ª etapa: Detalhamento da Metodologia; Planejamento das atividades. **Plano Munic. Redução Risco Vitória – ES**. Vitória: FEST – Fundação Espírito Santense de Tecnologia, 2006. p. 33.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **2.5 – Proposição de Intervenções Estruturais para Redução de Riscos e Prevenção de Acidentes (vol. 2)**. Vitória: [s.n.], 2015. Disponível em: https://sites.vitoria.es.gov.br/pmrr/storage/2016/06/2.5_proposicao_de_intervencoes_estruturais_para_reducao_de_riscos_e_prevencao_de_acidentes_vol._22.pdf.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **A Cidade**. Disponível em: <https://www.vitoria.es.gov.br/cidade/historia-de-vitoria>. Acesso em: 30 jul. 2019a.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **Carta Geotécnica de Vitória. Projeto MAPENCO – Mapeamento de Risco**. Vitória: Projeto MAPENCO. 2014.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **Defesa Civil**. Disponível em: <https://www.vitoria.es.gov.br/prefeitura/defesa-civil>. Acesso em: 7 nov. 2022a.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **Espaços protegidos do Município de Vitória – ES**. Disponível em: http://sistemas7.vitoria.es.gov.br/GeoWebApi/Downloads/pdf/meioambiente/Espacos_Protegidos.pdf. Acesso em: 14 fev. 2022.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **Evolução Urbana**. Disponível em: <https://www.vitoria.es.gov.br/cidade/evolucao-urbana>. Acesso em: 18 maio 2022.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **GeoWeb**. Disponível em: <http://geoweb.vitoria.es.gov.br/>. Acesso em: 20 fev. 2018b.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **Plano de contingência de proteção e defesa civil**. Vitória: [s.n.], 2020b.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. 9271. **Plano Diretor Urbano do Município de Vitória**. 2018, p. 291. Disponível em: <http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/Arquivos/2018/L9271.PDF>.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **Plano Municipal de Redução de Risco**. Disponível em: <https://sites.vitoria.es.gov.br/pmrr/>. Acesso em: 7 nov. 2022.

VITÓRIA, Prefeitura Municipal de Vitória. **Programa Terra**. Disponível em: <https://vitoria.es.gov.br/cidadao/programa-terra>. Acesso em: 7 abr. 2020c.

WANG, H. B.; SASSA, K. Comparative Evaluation of Landslide Susceptibility in Minamata Area, Japan. **Environmental Geology**, v. 47, n. 7, p. 956-966, 15 maio 2005. Disponível em: 10.1007/s00254-005-1225-2.

WARREN, Dan L. *et al.* **Package “ENMTools”**. [S.l.: s.n.], 2022.

WELLE, Torsten; BIRKMANN, Joern. The World Risk Index – An Approach to Assess Risk and Vulnerability on a Global Scale. **Journal of Extreme Events**, v. 02, n. 01, p. 1-34, 2015.

WHITE, Gilbert Fowler. **Human Adjustment to floods**: A Geographical approach to the flood problem in the United States. 1942. 225 f. Dissertação (Doutorado em Geografia), Department of Geography, The University of Chicago, 1942.

WISNER, Benjamin *et al.* **At Risk**: Natural Hazards, People’s Vulnerability and Disasters. 2. ed. Londres: Routledge, 2004. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781135642723>.

WISNER, Benjamin. Vulnerability as Concept, Model, Metric, and Tool. **Natural Hazard Science**: Oxford Research Encyclopedias. [S.I.]: Oxford University Press, 2016. p. 1-55. Disponível em: <http://naturalhazardscience.oxfordre.com/view/10.1093/acrefore/9780199389407.001>

.0001/acrefore-9780199389407-e-25.

WMO, World Meteorology Organization. **WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals**. Geneva: [s.n.], 2017. Disponível em: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4166.

WU, Chun-Yi; YEH, Yen-Chu. A Landslide Probability Model Based on a Long-Term Landslide Inventory and Rainfall Factors. **Water**, v. 12, n. 4, p. 937, 26 mar. 2020. Disponível em: [10.3390/w12040937](https://doi.org/10.3390/w12040937).

WU, Hang; SONG, Tao. An evaluation of landslide susceptibility using probability statistic modeling and GIS's spatial clustering analysis. **Human and Ecological Risk Assessment**, v. 24, n. 7, p. 1952–1968, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1435253>.

WU, Xueling *et al.* Global research trends in landslides during 1991-2014: a bibliometric analysis. **Landslides**, v. 12, n. 6, p. 1215–1226, 16 dez. 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10346-015-0624-z>.

WUBALEM, Azemeraw; METEN, Matebie. Landslide susceptibility mapping using information value and logistic regression models in Goncha Siso Eneses area, northwestern Ethiopia. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 5, p. 1-19, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2563-0>.

YILMAZ, Işık. Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat–Turkey). **Computers & Geosciences**, v. 35, n. 6, p. 1125-1138, jun. 2009. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098300408002665>.

ZAIDAN, Ricardo Tavares; FERNANDES, Nelson Ferreira. Análise de riscos de escorregamentos nas encostas edificadas da bacia de drenagem urbana do córrego do Independência – Juiz de Fora (MG). **Revista de Geografia**, v. 5, n. 1, p. 17-32, 2015.

ZAIDAN, Ricardo Tavares; FERNANDES, Nelson Ferreira. Zoneamento de susceptibilidade a escorregamentos em encostas aplicado à bacia de drenagem urbana do córrego do independência – Juiz de Fora (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p. 57-76, 29 nov. 2009. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/131>.

ZAMORA, Maria Helena Rodrigues Navas. Desigualdade racial, racismo e seus efeitos. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 24, n. 3, p. 563-578, 2012.

ZÊZERE, José Luís *et al.* Construction of a National Landslide Susceptibility Map for Portugal. **Geophysical Research Abstracts**, v. 20, n. EGU2018-4541, p. 1, 2018.

ZÊZERE, José Luís *et al.* DISASTER: A GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal. **Natural Hazards**, v. 72, n. 2, p. 503-532, 4 jun. 2014. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11069-013-1018-y>.

ZÊZERE, José Luís *et al.* Integration of spatial and temporal data for the definition of different landslide hazard scenarios in the area north of Lisbon (Portugal). **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 4, n. 1, p. 133-146, 9 mar. 2004. Disponível em: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/4/133/2004/>.

ZÊZERE, José Luís *et al.* Landslide susceptibility assessment considering landslide typology. A case study in the area north of Lisbon (Portugal). **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 2, n. 1/2, p. 73-82, 30 jun. 2002. Disponível em: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/2/73/2002/>.

ZÊZERE, José Luís *et al.* Mapping landslide susceptibility using data-driven methods. **Science of The Total Environment**, v. 589, p. 250–267, jul. 2017. Disponível em: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.188.

ZÊZERE, José Luís *et al.* Rainfall thresholds for landslide activity in Portugal: a state of the art. **Environmental Earth Sciences**, v. 73, n. 6, p. 2917–2936, 13 mar. 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12665-014-3672-0>.

ZÊZERE, José Luís; FERREIRA, A.B. B.; RODRIGUES, M.L. L. Landslides in the North of Lisbon Region (Portugal): Conditioning and triggering factors. **Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy**, v. 24, n. 10, p. 925–934, jan. 1999. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1464189599001374>.

ZHANG, Fanyu; HUANG, Xiaowei. Trend and spatiotemporal distribution of fatal landslides triggered by non-seismic effects in China. **Landslides**, v. 15, n. 8, p. 1663–1674, 2018.

ZHANG, Guifang *et al.* Integration of the Statistical Index Method and the Analytic Hierarchy Process Technique for the Assessment of Landslide Susceptibility in Huizhou, China. **CATENA**, v. 142, p. 233–244, jul. 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718343328>.

ZHAO, Yu *et al.* GIS-based logistic regression for rainfall-induced landslide susceptibility mapping under different grid sizes in Yueqing, Southeastern China. **Engineering Geology**, v. 259, n. May, p. 15, set. 2019. Disponível em: 10.1016/j.enggeo.2019.105147.

ZHOU, C.H *et al.* On the spatial relationship between landslides and causative factors on Lantau Island, Hong Kong. **Geomorphology**, v. 43, n. 3-4, p. 197-207, mar. 2002.

ZUZAK, Casey *et al.* **National Risk Index Technical Documentation**. Washington, D.C.: [s.n.], 2021. Disponível em: <https://hazards.fema.gov/nri/>.

ANEXO A – OCORRÊNCIAS REGISTRADAS POR REGIONAIS ADMINISTRATIVAS E BAIRROS DE VITÓRIA/ES

REGIONAIS ADMINISTRATIVAS <i>Bairros</i>	TIPOLOGIAS DE MOVIMENTOS DE MASSA REGISTRADAS					TOTAL
	CORRIDA	ESCORREGAMENTO TRANSLACIONAL	QUEDA E ROLAMENTO DE BLOCOS	RASTEJO	EROSÃO COSTEIRA	
MACIÇO CENTRAL		1	1			2
I - CENTRO		45	6			51
<i>Centro</i>		20	4			24
<i>Do Moscoso</i>		9	1			10
<i>Fonte Grande</i>		8	1			9
<i>Ilha do Príncipe</i>		3				3
<i>Piedade</i>		1				1
<i>Santa Clara</i>		3				3
<i>Vila Rubim</i>		1				1
II - SANTO ANTÔNIO	1	58	11			70
<i>Ariovaldo Favalessa</i>		15	1			16
<i>Bela Bista</i>	1	6	1			8
<i>Caratoíra</i>		13	3			16
<i>Do Cabral</i>		3				3
<i>Estrelinha</i>		1	3			4
<i>Grande vitória</i>		1	1			2
<i>Inhanguetá</i>		1				1
<i>Mário Cypreste</i>		2				2
<i>Santa Tereza</i>		8	2			10
<i>Santo Antônio</i>		5				5
<i>Universitário</i>		3				3
III - JUCUTUQUARA	1	207	15	2		225
<i>Bento Ferreira</i>		2	4			6
<i>Consolação</i>		25	1			26
<i>Cruzamento</i>		17	1			18
<i>De Lourdes</i>		11				11
<i>Forte São João</i>		46		1		47
<i>Fradinhos</i>		9	1			10

<i>Gurigica</i>		56	6		62
<i>Ilha de Santa Maria</i>		2	1		3
<i>Jesus de Nazareth</i>		8		1	9
<i>Jucutuquara</i>		8			8
<i>Monte Belo</i>		1			1
<i>Nazareth</i>		1			1
<i>Romão</i>	1	21	1		23
IV - MARUÍPE	2	102	6	1	111
<i>Andorinhas</i>		2			2
<i>Bonfim</i>		11			11
<i>Da Penha</i>		5			5
<i>Itararé</i>		8			8
<i>Joana D'arc</i>		8	1		9
<i>Maruípe</i>		2			2
<i>Santa Cecília</i>	1	4			5
<i>Santa Martha</i>		10	2	1	13
<i>Santos Dumont</i>		6			6
<i>São Benedito</i>		27	1		28
<i>Tabuazeiro</i>	1	19	2		22
V - PRAIA DO CANTO		8	3		11
<i>Praia do Canto</i>		1			1
<i>Praia do Suá</i>		1			1
<i>Santa Helena</i>		2	1		3
<i>Santa Lúcia</i>		4	2		6
VII - SÃO PEDRO		63	9	1	73
<i>Comdusa</i>		11	1		12
<i>Conquista</i>		16	3		19
<i>Ilha das Caieiras</i>		14	1	1	16
<i>Nova Palestina</i>		1			1
<i>Redenção</i>		2			2
<i>Resistência</i>		14	4		18
<i>Santos Reis</i>		1			1
<i>São José</i>		3			3
<i>São Pedro</i>		1			1
VIII - JARDIM CAMBURI		4			4
<i>Jardim Camburi</i>		3			3
<i>Parque Industrial</i>		1			1

IX - JARDIM DA PENHA			1				1
<i>Jardim da Penha</i>			1				1
Total Geral	4	488	52	3	1		548

Fonte: elaborado pela autora.