

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

Fernando de Almeida Felix

**Pluviosidade e movimentos de massa nas áreas de risco do Maciço de
Jaburuna, Vila Velha – ES**
um estudo de correlação como subsídio para boas práticas de Proteção e Defesa
Civil

VITÓRIA
2024

Fernando de Almeida Felix

**Pluviosidade e movimentos de massa nas áreas de risco do Maciço de
Jaburuna, Vila Velha – ES**
um estudo de correlação como subsídio para boas práticas de Proteção e Defesa
Civil

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientador(a): Prof. Dr. Antônio Celso de Oliveira Goulart

VITÓRIA
2024

- F316p Felix, Fernando de Almeida, 1992-
Pluviosidade e movimentos de massa nas áreas de risco do
Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES : um estudo de correlação
como subsídio para boas práticas de Proteção e Defesa Civil /
Fernando de Almeida Felix. - 2024.
(recurso não paginado). : il.
- Orientador: Antônio Celso de Oliveira Goulart.
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.
1. Desastres Naturais. 2. Movimentos de Massa. 3. Proteção e
Defesa Civil. 4. Geomorfologia. 5. Geologia de Engenharia. I.
Goulart, Antônio Celso de Oliveira. II. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III.
Título.

CDU: 91



Programa de Pós-Graduação em Geografia
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA DO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO CENTRO DE CIÊNCIAS
HUMANAS E NATURAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – ATA Nº
210 – 31/10/2024**

Aos trinta e um dias do mês de outubro de dois mil e vinte e quatro, às catorze horas, realizada de modo remoto, conforme Portaria Normativa nº 08, da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação/UFES de 01 de julho de 2021, reuniu-se a Comissão Examinadora de Defesa de Dissertação de Mestrado, do Programa de Pós-Graduação em Geografia, composta pelos seguintes membros: o Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Goulart - UFES (Orientador e Presidente da Sessão), o Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho - UFES (Examinador Interno), o Prof. Dr. Bartolomeu Zamprogno - UFES (Examinador Interno) e o Prof. Dr. Eduardo Vedor de Paula - UFPR (Examinador Externo) para a apresentação da defesa da dissertação do discente **Fernando de Almeida Felix**, intitulado **"Pluviosidade e movimento de massa nas áreas de risco do Maciço de Jaburuna, Vila Velha- ES: um estudo de correlação como subsídio para boas práticas de Proteção e Defesa Civil"**. Finalizada a apresentação, o Presidente passou a palavra aos examinadores, que procederam à arguição do candidato. Ao final, a Comissão, em sessão reservada, deliberou pela **APROVAÇÃO** da referida dissertação nos termos do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Geografia e alertou que o aprovado somente terá direito ao título de Mestre após entrega da versão final de sua dissertação, em meio digital, à Secretaria do Programa. Encerrada a sessão, eu, Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Goulart, presidente da Comissão Examinadora, lavrei a presente ata que vai assinada por mim e pelos demais componentes da Comissão.

Documento assinado digitalmente
gov.br **ANTONIO CELSO DE OLIVEIRA GOULART**
Data: 05/11/2024 13:40:53-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

f. Dr. Antonio Celso de Oliveira Goulart (UFES)
Orientador e Presidente da Sessão

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

Documento assinado digitalmente
gov.br **ANDRÉ LUIZ NASCENTES COELHO**
Data: 05/11/2024 12:15:59-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Bartolomeu Zamprogno (UFES)
Examinador Interno

Documento assinado digitalmente
gov.br **BARTOLOMEU ZAMPROGNO**
Data: 05/11/2024 09:43:24-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Vedor de Paula (UFPR)
Examinador Externo

Documento assinado digitalmente
gov.br **EDUARDO VEDOR DE PAULA**
Data: 04/11/2024 23:37:11-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Secretaria Integrada de Programas de Pós-Graduação – SIP

Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo situada à Av. Fernando Ferrari, 514,
Goiaberais - 29075-910 – Vitória/ES - sip.ufes2@gmail.com – www.secretaria.cchn.ufes.br

Aos amigos da Defesa Civil de Vila Velha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que a todos concede os dons e capacidades para cumprir as suas vocações, e por reunir as condições necessárias para que este trabalho pudesse ser realizado, condições essas que foram possíveis por diversas pessoas, e por isso utilizo este espaço para dirigir os devidos agradecimentos:

Ao meu pai e minha irmã, Ilza, pela convivência, por todo apoio e incentivo, e pela paciência comigo durante todo o período desse mestrado, sem os quais esse trabalho não seria possível.

Ao meu orientador, Celso, pelo convite desafiador de realizar este mestrado, e pela compreensão e condução nesse caminho da pós-graduação, e por ser uma fonte de inspiração nesta ampla área de conhecimento que é a ciência dos desastres.

Ao professor Bartolomeu, pela coorientação, sempre muito solícito nas dúvidas que tive e nas proposições para a pesquisa, e ao prof. Alessandro, cuja ajuda foi fundamental para a modelagem.

À professora Ana Christina Wigneron Gimenes, pelo grande interesse e disposição que demonstrou pela minha pesquisa, além de todo o apoio com bibliografias, e pelo acompanhamento na visita em campo, que foi uma verdadeira aula.

Aos professores André Luiz Nascentes Coelho e Wesley de Souza Campos Correa, pelas contribuições à pesquisa, que foram importantíssimas para organizar e melhorar o texto e o enfoque deste trabalho.

À Defesa Civil de Vila Velha, nas pessoas do Coronel D'Isep, do Gilvandro e do Belenda, por terem despertado a vontade de realizar essa pesquisa, e por todo o incentivo e apoio que me foi dado para realização deste trabalho. Aos amigos Alexandre, Maury, Railla, Larissa, Alecsander, Raimundo, Daiany, Vivaldi, Marcelos, Fernanda, Paulo e Kennedy, por todo aprendizado, companheirismo e presença em grande parte desta jornada.

À Marcela, liderança comunitária de Jardim Petrópolis (bairro Jaburuna), por toda disponibilidade e apoio nessa pesquisa.

Ao geógrafo e técnico do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias (LCGGEO), Leonardo, pelo grande apoio e disponibilidade em me auxiliar na concepção e produção de mapas.

Ao meteorologista do INCAPER, Hugo Ely dos Anjos Ramos, pela disponibilidade e atenção em esclarecer todas as dúvidas que tive.

Ao Prof. Frederico Damasceno Bortoloti, pela atenção e por prontamente disponibilizar os dados pluviométricos do Projeto Mapenco.

Aos colegas do DER-ES, pelo apoio e compreensão na finalização desta pesquisa.

Aos colegas de mestrado da turma de 2022. Mesmo tendo sido tão poucos os encontros que tivemos, devido à dinâmica própria da vida da pós-graduação, nossos encontros foram sempre muito ricos e cheios de trocas de experiência e descontração.

À psicóloga Gabriela, aos companheiros de caminhada da comunidade Nossa Senhora da Penha, ao prof. Everton e aos colegas do *kickboxing*/CT Gabriel Fagundes, e a todos os profissionais de saúde pelos quais passei durante esse tempo. O cuidado conjunto do corpo, da mente e do espírito é importantíssimo para a vida de um pós-graduando, e todos eles foram fundamentais em me ajudar a trilhar esse caminho de maneira saudável.

*“De que se entendermos o barro
comum da terra, entenderemos tudo.”*

G. K. Chesterton

RESUMO

O município de Vila Velha, situado na Região Metropolitana da Grande Vitória, Espírito Santo, tem sido historicamente afetado por movimentos de massa, associados a eventos de precipitação extrema. A ocorrência desses fenômenos em ambientes urbanos apresenta grande potencial para provocar desastres e perdas humanas, materiais e ambientais. O presente trabalho tem como objetivo a elaboração de estudo para estimar uma correlação entre a pluviosidade e os movimentos de massa, por meio da modelagem de base empírica de dados de registros pluviométricos e de processos geodinâmicos nas áreas de risco do Maciço de Jaburuna, Vila Velha, ES, a fim de produzir subsídio para implantação de sistemas de alerta antecipado e implementação de outras boas práticas de proteção e defesa civil. Foram identificadas 43 ocorrências geológicas registradas nessa localidade durante o período de 2005 a 2022 por meio da análise de relatórios de vistoria da Defesa Civil municipal, levantando-se a especificação do movimento de massa, a data do evento, o horário, o tipo de ruptura ocorrido e as coordenadas geográficas de cada um desses processos, os quais puderam ser correlacionados com as informações obtidas de banco de dados pluviométricos construído para essa região. A avaliação da curva de correlação indicou que os intervalos de 6h, 24h e 96h possuem maior influência na deflagração de deslizamentos, com destaque para as chuvas de grande intensidade e curta duração, que a análise sugere que podem provocar movimentos de massa independentemente do volume prévio acumulado. Os valores mínimos observados para a ocorrência de eventos geológicos foram de 22,99 mm/6h, 39,22 mm/24h e 53,63 mm/96h, definidos como limiares de monitoramento para níveis de observação. Os valores acima de 39,22 mm/6h; 39,22 mm/24h e 58,08 mm/96h foram definidos como limiares para níveis de atenção. Como limiares para níveis de alerta, estabeleceu-se os valores acima de 93,91 mm/6h; 111,23 mm/24h e 132,05 mm/96h.

Palavras-chave: Redução de riscos de desastres; movimento de massa; índices pluviométricos; proteção e defesa civil; sistemas de alerta antecipado.

ABSTRACT

The town of Vila Velha, placed on the Metropolitan Region of Grande Vitória, Espírito Santo, has been historically affected by mass movement, associated to extreme events of rain. The occurrence of those phenomenon in urban environments shows great potential to cause disasters and human, material, and environmental losses. This research has the objective of elaborating a study to estimate a correlation between rainfall and mass movements events, by means of an empirical based model of measured rain database and geodynamic process registers in the risk areas of Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES through the analysis of inspection report from municipality Civil Defense, in order to produce a subsidy to deploy early warning systems and to implement others good practices on Civil's Protection and Defense. There were identified 43 geological occurrences registered in this location during the period of 2005 to 2022, surveying the specification of the landslide, the event date, the horary, the kind of rupture occurred and the geographic coordinates of each one of these processes, which could be correlated with the information obtained from the rainfall database built to this region. The evaluation of the correlation curves indicates the time intervals of 6 hours, 24 hours and 96 hours are the most influential in triggering landslides. Notably, the great intensity and short-term rains play a significant role. The analysis suggests that these rains can cause mass movement independently of early accumulated rainfall. The minimum values observed for geological events are 22.99 mm/6h, 39.22 mm/24h and 53.63 mm/96h, defined as monitoring thresholds at the observation level. Values above 39.22 mm/6h, 39.22 mm/24h and 58.08 mm/96h have been defined as attention level thresholds. As warning level thresholds, values above 93.91 mm/6h, 111.23 mm/24h and 132.05 mm/96h were established.

Keywords: Disaster risk reduction; mass movement; rainfall indexes; civil's protection and defense; early warning systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização do Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES.	19
Figura 2 - Evolução do conhecimento e desenvolvimento de diretrizes em Redução de Risco de Desastres (RRD) capitaneados pelas Nações Unidas.	22
Figura 3 - Histórico e desenvolvimento das políticas de Proteção e Defesa Civil no Brasil.	24
Figura 4 – Diagrama esquemático da relação entre o Risco e os fatores responsáveis pela deflagração de um desastre.	29
Figura 5 - Esquema gráfico representando a ocorrência de rastejo.	35
Figura 6 – Esquema gráfico representando a ocorrência de queda de blocos.	35
Figura 7 – Esquema gráfico representando a ocorrência de corrida de massa.	36
Figura 8 – Esquema gráfico representando a ocorrência de deslizamento rotacional.	37
Figura 9 – Esquema gráfico representando a ocorrência de um deslizamento translacional.	38
Figura 10 – Esquema gráfico representando a ocorrência de deslizamento em cunha.	38
Figura 11 – Mapa de relevo do Maciço de Jaburuna.	48
Figura 12 - Mapa hipsométrico do Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES.	49
Figura 13 - Mapa de Declividade do Município de Vila Velha, com destaque para o Maciço de Jaburuna.	50
Figura 14 – Vistas da face nordeste (A) e sudoeste (B) do Maciço de Jaburuna, obtidas por meio de registro fotográfico por drone, em 2019.	51
Figura 15 – Litologia do Maciço de Jaburuna.	53
Figura 16 - Afloramento rochoso com fraturamentos aparentes. Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES.	54
Figura 17– Incidência típica dos solos no Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES.	56
Figura 18 – Representação do quadro evolutivo da ocupação no Maciço de Jaburuna no período entre 1970 e 2020.	58
Figura 19 – Padrão construtivo e de infraestrutura do Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES.	59
Figura 20 – Setorização de Risco SGB/CPRM – Município de Vila Velha – ES. Destaque para o Maciço de Jaburuna.	61

Figura 22 – Carta de Suscetibilidade SGB/CPRM – Município de Vila Velha – ES. Destaque para o Maciço de Jaburuna.....	63
Figura 23 – Carta Geotécnica de aptidão SGB/CPRM – Município de Vila Velha – ES. Destaque para o Maciço de Jaburuna.....	65
Figura 24 – Mapa de setorização de grau de risco do Morro do Jaburuna.	67
Figura 25 - Mapeamento de risco do PMRR – Município de Vila Velha – ES. Destaque para o Maciço de Jaburuna.	69
Figura 26 – Gráfico de Correlação da Precipitação Acumulada de 15 dias x Precipitação no dia da ocorrência, para Hong Kong.	74
Figura 27 – Carta de Periculosidade – Rio de Janeiro.	77
Figura 28 - Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil.....	78
Figura 29 – Gráfico da Envoltória de Escorregamentos induzidos para Serra do Mar.	81
Figura 30 – Envoltórias de escorregamentos, de acordo com a modelagem proposta por Tatizana <i>et al.</i>	81
Figura 31 - Etapas de concepção da pesquisa.	88
Figura 32 – Pluviômetro automático instalado em Vila Velha.	92
Figura 33 - Tipologia dos processos geodinâmicos ocorridos no município de Vila Velha – ES (2005-2022).	98
Figura 34 - Gráfico da incidência das ocorrências registradas no município de Vila Velha - ES por mês (2005-2022).	99
Figura 35 - Gráfico da distribuição das ocorrências registradas no município de Vila Velha - ES por ano (2005-2022).	99
Figura 36 - Diagrama de ocorrências registradas por bairro de Vila Velha – ES (2005-2022).	100
Figura 37 - Tipologia dos processos geodinâmicos ocorridos no Maciço de Jaburuna, Vila Velha - ES (2005 a 2022).	101
Figura 38 - Gráfico da distribuição das ocorrências registradas no Maciço de Jaburuna, Vila Velha - ES, por ano (2005-2022).	102
Figura 39 - Mapa com a localização das ocorrências geológicas inventariadas registradas e suas tipologias no Maciço de Jaburuna (2005-2022).	104
Figura 40 - Intervenções humanas com o meio e a suscetibilidade a movimentos de massa.....	105

Figura 41 - Gráfico dos índices pluviométricos anuais (2005-2022) – baseados nas informações da estação INMET Vitória (Cód. 83648).	106
Figura 42 - Gráfico da média mensal de precipitação – Normal Climatológica do Brasil (1991-2020): estação INMET Vitória (Cód. 83648).	107
Figura 43 - Disposição dos pluviômetros utilizados para análise de pluviosidade em Vila Velha – ES e estudo de correlação no Maciço de Jaburuna.	108
Figura 44 - Comparação das médias mensais entre dados pluviométricos do INMET Vitória, Mapenco SEMOB E CEMADEN Jaburuna, Centro, Coqueiral de Itaparica, Jesus de Nazareth e Romão (2016-2022).	110
Figura 45 - Eventos de Movimento de Massa em Vila Velha (2005-2022), distribuídas em relação à média mensal de precipitação - Normal Meteorológica do Brasil (1991-2020): estação INMET Vitória (Cód. 83648).	112
Figura 46 - Gráficos de dispersão de precipitação acumulada por ano nos intervalos de 6h, 24h e 48h.	117
Figura 47 - Gráficos de dispersão de precipitação acumulada por ano nos intervalos de 72h, 96h e 120h.	118
Figura 48 - Gráficos de dispersão de precipitação acumulada por ano nos intervalos de 144h, 168h e 15 dias.	119
Figura 49 - Gráfico de dispersão de precipitação acumulada por ano no intervalo de 30 dias.	120
Figura 50 - Gráficos de correlação entre precipitação acumulada de 6h e acumulada para 24h, 48h, 72h e 96h.	122
Figura 51 – Indicativos visuais de correlação entre Movimentos de Massa e Pluviosidade nos intervalos de acumulado 6h x 24h para o Maciço de Jaburuna...	125
Figura 52 - Indicativos visuais de correlação entre Movimentos de Massa e Pluviosidade nos intervalos de acumulado 6h x 96h para o Maciço de Jaburuna...	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese dos principais eventos e conferências relacionados com a temática de Sistemas de Alerta Antecipado.....	26
Quadro 2 – Critérios de alerta e comunicação do risco.....	32
Quadro 3 – Classificação simplificada de movimentos de massa.....	33
Quadro 4 – Principais tipos de movimentos de massa, ajustados à dinâmica ambiental do Brasil.....	34
Quadro 5 – Principais instituições que realizam mapeamento de risco e suas metodologias.....	42
Quadro 6 – Níveis de ativação do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) e principais ações correspondentes.....	82
Quadro 7 – Limiares críticos utilizados pelo GEORIO para emissão de alertas de deslizamentos, de acordo com os níveis de pluviosidade de risco (R1, R2 e R3). ...	85
Quadro 8 – Níveis de monitoramento e ativação de Plano Preventivo proposto para Vitória (ES).....	87
Quadro 9 – Estações pluviométricas automáticas do CEMADEN instaladas em Vila Velha – ES.....	91
Quadro 10 - Estações pluviométricas automáticas do CEMADEN instaladas em Vitória – ES.....	92
Quadro 11 – Estações pluviométricas automáticas mantidas pelo Projeto Mapenco instaladas em Vitória – ES.....	93
Quadro 12 - Limiares críticos de risco para emissão de alertas de Movimento de Massa (Vitória e Vila Velha).....	128
Quadro 13 - Histórico de emissão de alertas para o Município de Vila Velha (2013-2022).....	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias mensais de valores de chuva das estações pluviométricas do INMET, Mapenco e do Cemaden (2016-2022).....	109
Tabela 2 – Inventário de ocorrência de movimentos de massa no Maciço de Jaburuna (2017-2022), e seus respectivos volumes de chuva acumulada.	115
Tabela 3 - Valores de acumulados nos intervalos de 6h, 24h, 48h, 72h e 96h, em relação aos eventos geodinâmicos registrados pela Defesa Civil de Vila Velha no Maciço de Jaburuna.	124
Tabela 4 - Proposição de limiares críticos de deflagração de movimentos massa, associados a conceitos de severidade e níveis de alerta, para o Maciço de Jaburuna.	127
Tabela 5 - Quadro comparativo do inventário de ocorrências registradas pela Defesa Civil de Vila Velha no Maciço de Jaburuna em relação aos alertas emitidos pelo Cemaden (2017-2022).	130

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CEMADEN – Centro Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais

CENAD – Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres

CEPDEC – Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil

CPRM – Companhia de Prospeção e Recursos Minerais

FIDE – Formulário de Informações sobre Desastres

GEORIO – Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IG/SMA-SP – Instituto Geológico da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo

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

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IPT-SP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

PMRR – Plano Municipal de Redução de Risco

PMVV – Prefeitura Municipal de Vila Velha

PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

PNGRRDN – Plano Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais

PPDC – Plano Preventivo de Defesa Civil

RRD – Redução de Risco de Desastre

S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

SAA – Sistema de Alerta Antecipado

SEDEC – Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

SEMPDEC – Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SINPDEC – Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SGB – Serviço Geológico do Brasil

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

UN – The United Nations

UNDRR – The United Nations Office for Disaster Risk Reduction

UNISDR – The United Nations International Strategy for Disaster Reduction

USGS – The United States Geological Survey

UTM – Projeção Universal Transversa de Mercator

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	Objetivo geral.....	18
2.2	Objetivos específicos	18
3	REVISÃO DE CONTEÚDO	20
3.1	Proteção e Defesa Civil e Redução de Risco de Desastre	20
3.1.1	Diretrizes Internacionais para redução de risco de desastres.....	20
3.1.2	Diretrizes e legislações nacionais	23
3.1.3	Sistema de Alerta Antecipado.....	25
3.1.3.1	<i>Conhecimento do Risco</i>	<i>28</i>
3.1.3.2	<i>Monitoramento do risco.....</i>	<i>29</i>
3.1.3.3	<i>Comunicação de Risco</i>	<i>30</i>
3.1.3.4	<i>Preparação para Resposta</i>	<i>30</i>
3.1.3.5	<i>Critérios de Monitoramento e Alerta.....</i>	<i>31</i>
3.2	Conhecimento do Risco Geológico: conceitos, mapeamento de risco e fatores condicionantes climáticos e meteorológicos.....	32
3.2.1	Movimentos de massa.....	32
3.2.1.1	<i>Rastejo (creep).....</i>	<i>34</i>
3.2.1.2	<i>Quedas (falls).....</i>	<i>35</i>
3.2.1.3	<i>Corridas (flow).....</i>	<i>36</i>
3.2.1.4	<i>Deslizamentos ou escorregamentos (landslides).....</i>	<i>36</i>
3.2.1.5	<i>Fatores condicionantes dos movimentos de massa.....</i>	<i>39</i>
3.2.2	Mapeamento de risco	41
3.2.3	Precipitação pluviométrica	43
3.3	Descrição e caracterização da área de estudo: Maciço de Jaburuna em Vila Velha – ES	45
3.3.1	Clima e meteorologia.....	46
3.3.2	Relevos e processos	47
3.3.3	Estrutura litológica	52
3.3.4	Solos	54
3.3.5	Processo de ocupação	57
3.3.6	Mapeamento de risco e produção cartográfica em Vila Velha.....	60
4	REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO.....	70

4.1	Monitoramento de riscos geológicos e os índices para emissão de alertas	70
4.2	Correlações de base empírica e física	70
4.3	Estudos de correlação entre chuvas e movimentos de massa	73
4.4	Materiais e métodos	87
4.4.1	Revisão de conteúdo	88
4.4.2	Levantamento dos dados	89
4.4.2.1	<i>Inventário de Movimentos de Massa</i>	89
4.4.2.2	<i>Banco de Dados Pluviométricos</i>	89
4.4.2.3	<i>Produção de Mapas</i>	93
4.4.3	Tratamento e Modelagem de dados	94
4.4.3.1	<i>Análise primária dos dados</i>	94
4.4.3.2	<i>Correlação entre pluviosidade e movimentos de massa</i>	96
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	97
5.1	Inventário de Movimentos de Massa	97
5.2	Índices pluviométricos	106
5.2.1	Análise de consistência	107
5.3	Correlação entre Movimentos de Massa e Pluviosidade em Vila Velha ...	111
5.4	Correlação entre Movimentos de Massa e Pluviosidade no Maciço de Jaburuna	113
5.4.1	Análise do intervalo de chuva acumulado	116
5.4.2	Análise da relação entre precipitação e movimento de massa	121
5.5	Critérios de Monitoramento e Alerta	127
6	CONCLUSÕES	131
7	REFERÊNCIAS	137
APÊNDICE A – Inventário de Movimentos de Massa no município de Vila Velha (2005-2022)		153
APÊNDICE B – Inventário de Movimentos de Massa no Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES (2005-2022).		167
APÊNDICE C - Episódios de chuva identificados para realização de estudo de correlação (2015-2022)		170
Apêndice D - Gráficos de dispersão entre precipitação acumulada de 6h e intervalos de chuva acumulada.		175

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de movimentos de massa e a possibilidade do acontecimento de desastres, especialmente em grandes áreas urbanas, são vistas pela sociedade e pelas autoridades constituídas com grande interesse, devido ao elevado potencial de provocar perdas e danos humanos, materiais e ambientais. De acordo com Marchezini *et al.* (2020), esses desastres, bem como as inundações e as enxurradas, estão diretamente relacionados a variabilidade climática de fenômenos de origem natural e seus extremos, potencializados por vulnerabilidades socioeconômicas que aumentam a exposição das populações aos efeitos desses eventos.

De fato, diversas organizações e instituições têm apontado para a necessidade de se desenvolver estratégias e ordenamentos em vistas da minimização dos impactos desses desastres e de outros tipos, bem como de promover ações para reduzir o risco de ocorrência destes. Atualmente, a nível internacional, esses apontamentos têm sido realizados por meio da Agência das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres (UNDRR) e, a nível nacional, no Brasil, por meio da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), legislação federal promulgada pela lei n.º 12.608/2012.

No Brasil, os impactos de desastres causados por movimentos de massa afetaram um total de 4.210.000 pessoas, no período entre 1991 e 2022, provocando danos totais, em valores corrigidos, de R\$ 14,74 bilhões, de acordo com o Atlas Digital de Desastres no Brasil (2023). Macedo e Sandre (2022) estimam que esses eventos geológicos vitimaram 4.126 pessoas entre 1988 e 2022.

Em um país de clima predominantemente tropical, a alta pluviosidade atua enquanto principal agente não antrópico desencadeador de movimentos de massa (PARIZZI *et. al.*, 2010). Contudo, segundo relatório do Projeto GIDES (BRASIL, 2018a), a vulnerabilidade social, institucional e infraestrutural é um fator preponderante na ocorrência desse tipo de desastre, uma vez que eventos meteorológicos extremos causam impactos em todos os continentes, mas geralmente se observa uma maior número de vítimas em países em desenvolvimento do que em países desenvolvidos. De fato, o escritório regional das Américas e do Caribe da UNDRR (UNDRR, 2013) estima que 90% do número total de vítimas e das perdas materiais em 16 países latino-americanos e caribenhos foram causadas por desastres em escala local e recorrentes.

A utilização de sistemas de monitoramento, previsão, elaboração e de transmissão de alertas e alarmes, ou Sistema de Alerta Antecipado (SAA), consolidada pelo conhecimento em torno do tema de Redução de Riscos de Desastres (RRD) e pela experiência ao longo dos anos, é apontada pela UNDRR (2022) como uma das principais ações não estruturais para prevenção e redução de risco, potencializando as medidas de mitigação e preparação para desastres, além de antecipar a resposta por parte dos poderes públicos locais e das populações vulneráveis, e que o uso de um sistema de alerta centrado nas pessoas, de ponta a ponta, multiriscos, bem-preparado e testado tem se comprovado uma medida de ação eficiente e de bom custo-benefício para redução de vítimas fatais e de minimização de perdas ocasionadas por desastres.

A então Estratégia Internacional para Redução de Desastres (UNISDR, 2006) apresentou os principais elementos necessários para elaboração de um sistema de alerta antecipado eficiente, que consiste na abordagem de quatro pilares distintos: o conhecimento do risco, o monitoramento do risco, a comunicação do risco e a preparação para a resposta.

No que diz respeito aos desastres relacionados a eventos geológicos, Marchezini *et al.* (2020) destacam ser fundamental, para se estabelecer níveis operacionais e funcionais de sistemas de alerta e planejamento de ações de contingência, compreender a influência dos índices pluviométricos na deflagração de movimentos de massa. A ciência dessa correlação pode ser conhecida por meio do reconhecimento desses processos, isto é, dos dados de chuva (precipitação) na deflagração de processos geodinâmicos, que pode ser obtido pela elaboração de uma base de dados estruturada em um conjunto de informações – um banco de dados, permitindo analisar e propor abordagens em um único local.

Contudo, registra-se a dificuldade existente na fixação dos valores de pluviosidade e da quantidade de dias de chuva necessários para a deflagração de movimentos de massa. Tanto é verdade que a correlação entre esses fenômenos é objeto de investigação em diversas localidades, visto que as características próprias de cada região limitam a extrapolação de um índice geral de correlação (GUZZETTI *et al.*, 2007; SILVA, 2014b).

Diante do exposto, este trabalho busca compreender a correlação existente entre o índice de pluviometria e o acumulado de chuvas com a deflagração de movimentos de massa no território de Vila Velha, mais especificamente na região do

Maciço de Jaburuna, por meio da elaboração de inventário de eventos geodinâmicos, construído por meio de consulta aos relatórios de vistoria de risco da Defesa Civil do município em um recorte temporal de 18 anos (2005 a 2022) e aos registros pluviométricos das instituições de monitoramento meteorológico atuantes.

Esta pesquisa se justifica pela possibilidade de produzir informações importantes para subsidiar a implementação de ações não estruturais de Proteção e Defesa Civil, como a elaboração de sistema de alerta comunitário e de plano de contingência específico para o cenário de movimentos de massa.

2 OBJETIVOS

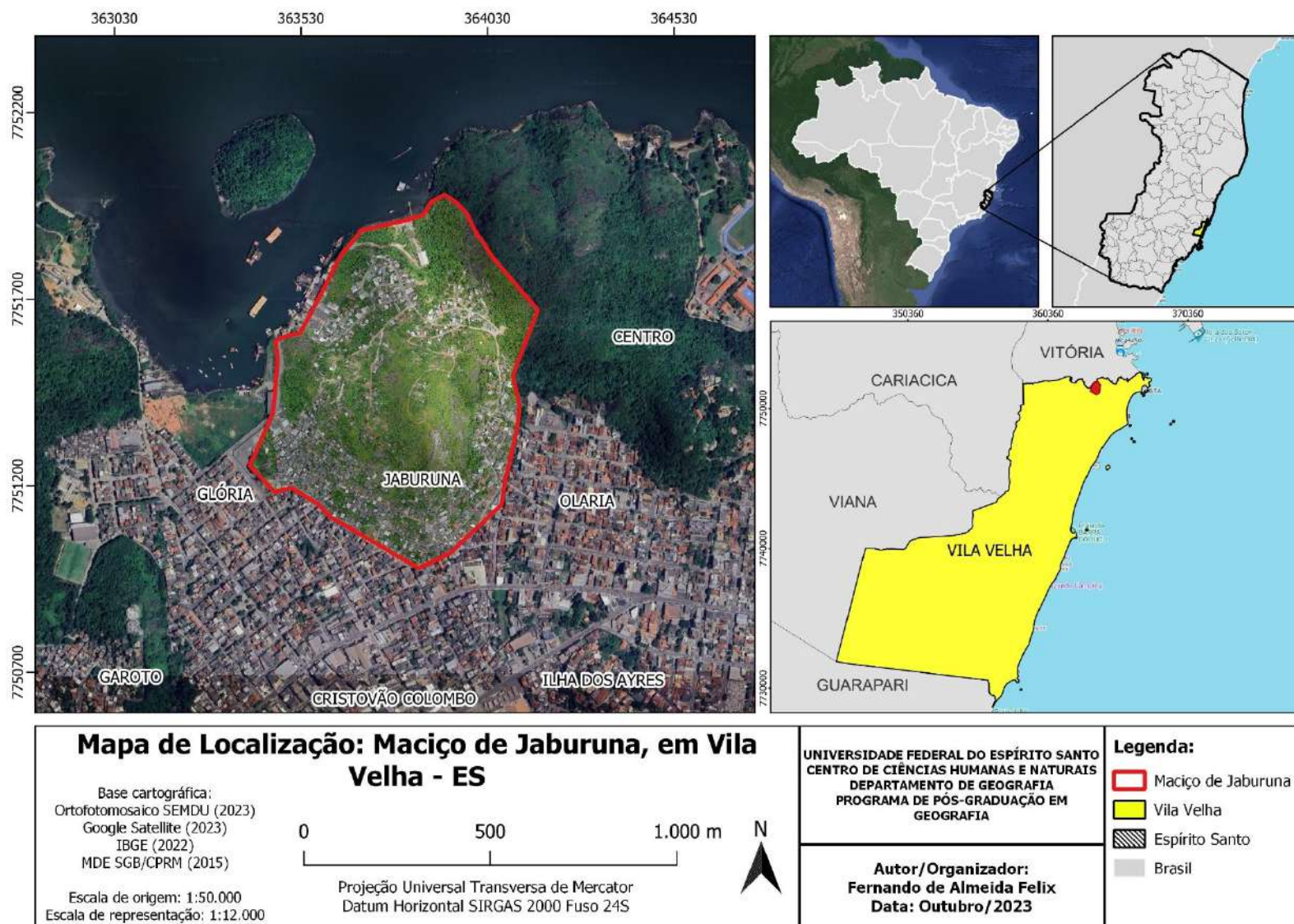
2.1 Objetivo geral

Verificar a correlação existente entre os movimentos de massa e os índices pluviométricos, por meio da modelagem de base empírica de dados de registros pluviométricos e de processos geodinâmicos registrados, nas áreas de risco geológico-geotécnico do Maciço de Jaburuna, município de Vila Velha, ES (Figura 1) de modo a proporcionar subsídio para a elaboração de Sistema de Alerta Antecipado para a localidade.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar inventário de ocorrências de movimentos de massa no município de Vila Velha no período de 2005 a 2022;
- Elaborar um modelo matemático de base empírica que correlacione os registros de processos geodinâmicos deflagrados e a pluviosidade respectiva;
- Definir parâmetros críticos de deflagração de movimentos de massa em função do acumulado pluviométrico, que possibilitem a implementação de um sistema de alerta antecipado para a comunidade de Jaburuna;
- Avaliar os critérios de monitoramento e alerta atualmente empregados pelo Cemaden no envio de alertas antecipados para Vila Velha – ES.

Figura 1 - Mapa de Localização do Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES.



Fonte: Organizado pelo autor (2023).

3 REVISÃO DE CONTEÚDO

No presente capítulo, apresentamos as principais referências relacionadas à ciência de desastres, no âmbito das diretrizes nacionais e internacionais para Redução de Riscos de Desastres, com enfoque especial na conceituação de Sistemas de Alerta Antecipado. Uma vez abordados os principais conceitos relativos a desastres, adentramos nas teorias e fundamentações a respeito de movimentos de massa e eventos pluviométricos extremos. Finalmente, caracterizamos a área de estudo definida nesta pesquisa, reunindo as principais informações relativas à meteorologia, geomorfologia, geologia e ocupação do Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES, bem como os produtos cartográficos concernentes ao estudo.

3.1 Proteção e Defesa Civil e Redução de Risco de Desastre

3.1.1 Diretrizes Internacionais para redução de risco de desastres

Os desastres de origem de fenômenos naturais têm sido objetos de atenção da comunidade global desde a década de 1960, com a adoção, por parte da Organização das Nações Unidas (ONU), de resoluções para auxílio a comunidades atingidas por desastres (UNDRR, 2023). Em 1971, a institucionalização dessas medidas de apoio culminou na formação do Gabinete de Ajuda a Desastres (*Disaster Relief Office*), onde se observou a necessidade de ações continuadas e intensificadas por parte da ONU (UN, 1972).

A partir da década de 1990, as Nações Unidas (1989) provocaram uma sensível mudança de enfoque, reafirmando a necessidade de mobilização da comunidade internacional quanto à mitigação de desastres, compreendendo que as ações prioritárias deveriam estar relacionadas à prevenção e à redução dos riscos de desastres. Esse entendimento impulsionou o desenvolvimento e evolução da gestão de Redução de Riscos de Desastres (RRD), com a promoção de esforços científicos e técnicos destinados ao preenchimento de lacunas críticas na ciência dos desastres, e também com a divulgação de informações relativas a medidas de avaliação, previsão, prevenção e mitigação de desastres, bem como o capitaneio da elaboração de diretrizes e estratégias de governança para aplicação dos conhecimentos existentes, e proposição às nações signatárias da adoção dessas estratégias em suas legislações (UN, 1989).

A escalada na evolução do conhecimento sobre a temática ao longo dos anos e as principais proposições adicionadas a cada momento podem ser observadas esquematicamente no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Evolução do conhecimento e desenvolvimento de diretrizes em Redução de Risco de Desastres (RRD) capitaneados pelas Nações Unidas.



Fontes: UN (1989 e 1994), BRASIL (2022a), UNISRD (2005) e UNDRR (2015a). Organizado pelo autor (2024).

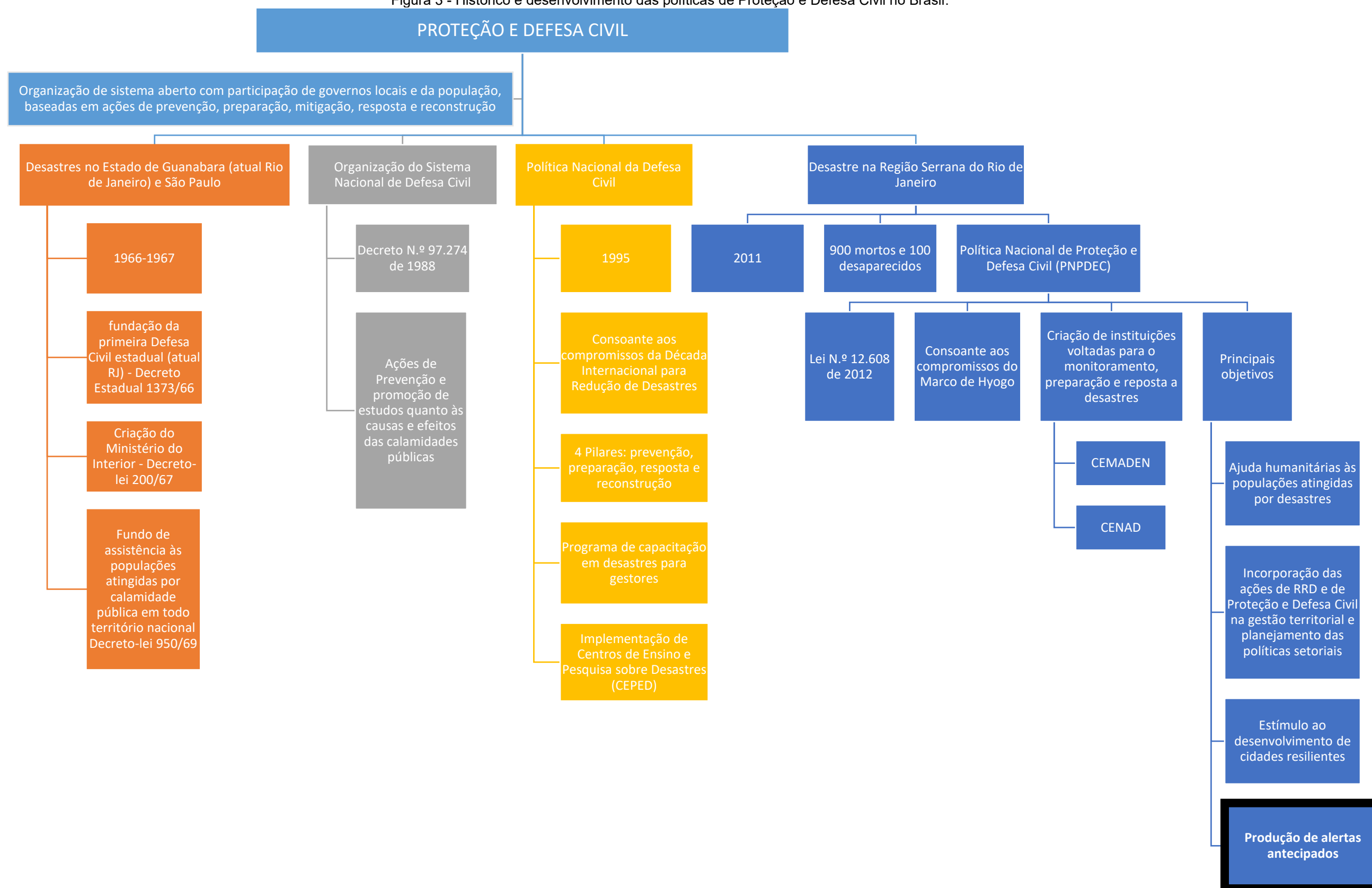
3.1.2 Diretrizes e legislações nacionais

No Brasil, a gestão de Redução de Risco de Desastres está tradicionalmente ligada às atividades de Proteção e Defesa Civil (NASCIMENTO, 2017). De acordo com Marchezini *et al.* (2017), as primeiras iniciativas de Defesa Civil surgiram durante a Segunda Guerra Mundial na forma de ações, estruturas e estratégias visando a segurança e a proteção da população civil frente aos conflitos armados desencadeados. No contexto nacional, isso se traduziu na necessidade de proteção do litoral brasileiro frente a possíveis ameaças. Ao final da guerra, tanto no Brasil quanto no mundo, a expressão “Defesa Civil” passou a corresponder a organizações de sistemas abertos com a participação dos governos locais e da população no desencadeamento das ações preventivas e de resposta aos desastres, seguindo o princípio da Defesa Comunitária (RIO DE JANEIRO, 2018).

De fato, de acordo com Nascimento (2016), as grandes mobilizações ocorridas no sentido de organizar esse sistema puderam ser observadas após a ocorrência de grandes calamidades públicas, como as grandes chuvas que provocaram deslizamentos e enchentes no estado de Guanabara (atual Rio de Janeiro – RJ), na Serra das Araras – RJ e Caraguatatuba – SP na década de 1960. Outros eventos paradigmáticos para o desenvolvimento de estatutos legais de Proteção e Defesa Civil foram o furacão que atingiu o sul do estado de Santa Catarina em 2004 e as fortes chuvas que provocaram deslizamentos generalizados na Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, com grande número de vítimas, fatais e ou não (BARON, 2004; RIO DE JANEIRO, 2018).

Esse último evento foi responsável pela reformulação e reestruturação das legislações concernentes às ações de Defesa Civil, com a promulgação da lei federal n.º 12.608, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, que atualmente orienta todos os entes federativos do Brasil nas ações de RRD. Esse arcabouço legal culminou também na criação e reestruturação de instituições voltadas exclusivamente para a prevenção e preparação de desastres, como o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEN e o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD (BRASIL, 2012a e 2012b; CEMADEN, c2017). Um breve resumo desse histórico pode ser observado no fluxograma da Figura 3.

Figura 3 - Histórico e desenvolvimento das políticas de Proteção e Defesa Civil no Brasil.



Fontes: BRASIL (1988, 1993, 2012a, 2012b e 2019); CEMADEN (c2017 e 2020); G1 (2022); NASCIMENTO (2016); RIO DE JANEIRO (2018). Organizado pelo autor (2024).

3.1.3 Sistema de Alerta Antecipado

A ciência da Redução de Riscos de Desastres (RRD) tem consolidado o conhecimento da necessidade de implementação de medidas mitigadoras de risco que providenciem o aumento na capacidade das comunidades vulneráveis em promover ações e medidas de autoproteção em resposta à iminência de um desastre. Uma dessas principais medidas tem sido confirmada nas diversas conferências e encontros que tratam da temática de RRD, e é concebida, organizada e sintetizada nos Sistemas de Alerta Antecipados – SAA (*Early Warning Systems*) (UN, 1989 e 1994; UNISDR, 2005; UNDRR, 2015).

Diversas literaturas que tratam do tema também costumam chamar essa medida de RRD pelos nomes de Sistema de Alerta Prévio, Sistema de Alerta Precoce, Sistema de Monitoramento, Alerta e Alarme, entre outros. No entanto, esta pesquisa utilizará a nomenclatura “Sistema de Alerta Antecipado” por ser a forma utilizada há mais tempo pelos autores, e por estar referenciada assim na PNPDEC.

Define-se Sistemas de Alerta Antecipado como:

Um conjunto de capacidades necessárias para gerar e disseminar, com tempo e de forma compreensível, informações que possibilitem que indivíduos, comunidades e organizações vulneráveis a desastres possam se preparar e agir, de forma apropriada e em tempo suficiente, para reduzir sua possibilidade de sofrer danos e/ou perdas (UNISDR, 2012 *apud* MARCHEZINI *et al.*, 2020, p. 38).

A capacidade de monitorar eventos que podem transformar uma ameaça (anormalidade) em um desastre (o pior resultado de um evento), associada à comunicação em tempo hábil e a medidas de contingência, tem potencial de aumento na capacidade da população vulnerável em promover medidas de autoproteção, e a ajudar a salvar vidas e meios de subsistência das populações expostas ao risco (COWAN *et al.*, 2014).

De fato, a UNDRR (2022) estima que a implementação de Sistemas de Alertas Antecipados como estratégia de Redução de Risco de Desastres preservou dezenas de milhares de vidas e poupou bilhões de dólares em danos e prejuízos.

Ao longo dos anos, foi se consolidando o conhecimento e a importância de se desenvolver SAA como ação de RRD. Diversas proposições têm sido elaboradas por organismos internacionais, e as legislações nacionais de Proteção e Defesa Civil

incorporaram essa temática em suas diretrizes, conforme se observa no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Síntese dos principais eventos e conferências relacionados com a temática de Sistemas de Alerta Antecipado.

Período	Assunto/Evento
1984-1985	A Fome no Sudão e na Etiópia Os Estados Unidos estabeleceram um sistema de alerta antecipado (FEWS) – agora conhecido pela sigla FEWS NET – em resposta à notícia de eventos de fome generalizada que terá causado um milhão de mortes. O sistema visa prever surtos iminentes de fome e aconselhar os decisores sobre as medidas a tomar para prevenir a fome.
1990-1999	Década Internacional de Redução do Risco de Desastres Promoveu a sensibilização sobre o potencial dos sistemas de alerta antecipado.
1994	Conferência internacional sobre a Redução do Risco dos Desastres Naturais (Yokohama, Japão) A Conferência produziu a Estratégia e o Plano de Ação de Yokohama para um Mundo Mais Seguro, que providencia as diretrizes para a prevenção, preparação e mitigação de desastres e reconhece os sistemas de alerta antecipado de desastres iminentes e sua disseminação eficaz usando telecomunicações, incluindo serviços de transmissão, como uma componente crucial para a prevenção e preparação bem-sucedidas para desastres.
1995	Pedido para pesquisa sobre previsões No processo de preparação de recomendações para sistemas de aviso prévio eficientes, a UNISDR (Estratégia Internacional para a Redução dos Desastres) solicitou que fosse prestada consideração adicional para as novas metodologias científicas que melhorem a precisão e reduzam o tempo de formulação das previsões de curto prazo.
1998	I Conferência Internacional de Sistemas de Alerta Antecipado para Redução de Desastres Naturais (Potsdam, Alemanha) Confirmou os Sistemas de Monitoramento e Alerta como um componente central das estratégias nacionais e internacionais de prevenção aos desastres no século XXI.
2003	II Conferência Internacional de Sistemas de Alerta Antecipado para Redução de Desastres Naturais (Bonn, Alemanha) A Conferência ressaltou que as informações técnicas dos Sistemas de Monitoramento e Alerta devem ser traduzidas para as realidades locais de maneira clara e objetiva, para que medidas adequadas de resposta sejam tomadas, com foco na integração do alerta antecipado às políticas públicas relevantes dos países.
2004	Lançamento da Plataforma para a Promoção do Alerta Antecipado Contribuição da ONU para a promoção de SAA, com o objetivo de colaborar para o desenvolvimento de boas práticas em Sistemas de Monitoramento e Alerta, estimulando a cooperação entre as organizações envolvidas.
2005	II Conferência Mundial para Redução de Desastres (Hyogo, Japão) Foi adotado o Marco de Ação de Hyogo, que propôs como um de seus cinco princípios de ação a implementação de um sistema de alerta antecipado como política pública centrado nas pessoas, através do desenvolvimento de ferramentas tecnológicas de modelagem e previsão climática com compartilhamento de dados.
2006	III Conferência Internacional de Sistemas de Alerta Antecipado para Redução de Desastres Naturais (Bonn, Alemanha) Conferência inserida no contexto do Marco de Ação de Hyogo 2005-2015, onde foi apresentado o desenvolvimento de uma lista de verificação pela UNISDR para ajudar os governos e comunidades a estabelecerem sistemas de alerta antecipado efetivos.

Período	Assunto/Evento
2011	Desastre na Região Serrana do Rio de Janeiro Tragédia foi considerada a maior já registrada na história do Brasil, que deixou mais de 900 mortos, quase 100 desaparecidos e cerca de 35 mil pessoas perderam suas casas ou tiveram que deixá-las por risco de deslizamento. Esse desastre mobilizou o poder público para promover a atualização na legislação sobre Defesa Civil e a criação de órgãos de gestão de risco de desastres, como o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).
2012	Lei n.º 12.608/2012 – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil Estabelece a responsabilidade dos entes federativos de produzir alertas antecipados sobre a possibilidade de ocorrência de desastres naturais.
2015	III Conferência Mundial para Redução de Riscos de Desastres (Sendai, Japão) Adotou-se o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, em que, na Prioridade 4, é mencionada a necessidade de investir, desenvolver, manter e fortalecer sistemas de previsão e alerta antecipado focados nas pessoas, acessível, para vários perigos e multissetoriais.
2018	PORTARIA MIN Nº 413/2018 Define procedimentos sobre o envio de informações pelos órgãos e entidades estaduais e municipais de Defesa Civil, de alerta de proteção e defesa civil à população, nos termos da Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, e alterações posteriores, e da Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, e utilização do sistema Interface de Divulgação de Alertas Públicos - IDAP para envio via SMS, televisão por assinatura ou Plataforma Alertas Públicos da Google.
2020	PORTARIA MDR Nº 3.027/2020 Define procedimentos para o envio de alertas à população sobre a possibilidade de ocorrência de desastres, em articulação com os órgãos e entidades estaduais, distritais e municipais de proteção e defesa civil, e para utilização do sistema Interface de Divulgação de Alertas Públicos para envio de alertas via mensagem de texto (SMS), televisão por assinatura ou plataforma de avisos públicos.
2022	27ª Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas – COP27 (Sharm El Sheikh, Egito) O Secretário-Geral das Nações Unidas anuncia Plano Executivo de Ação para implementação da meta de que “todas as pessoas do planeta devem estar protegidas por Sistemas de Alerta Antecipado dentro de cinco anos”, capitaneado pelo UNDRR e pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM).
2024	Lançamento do Projeto Piloto do Sistema de Alertas “Defesa Civil Alerta” (Defesa Civil Nacional) Sistema de Transmissão Via Telefonia Celular, denominado internacionalmente como alerta de emergência sem fio (<i>Cell Broadcast</i>), que permite o envio de mensagens de texto para celulares de pessoas que estejam em localidades com risco de desastres, a ser inicialmente testado em 11 municípios brasileiros.

Fontes: COWAN *et al.* (2014), *United Nations* (1994), UNISDR (2005 e 2006), G1 (2022), Brasil (2012a, 2018b e 2020), UNDRR (2015 e 2022), Sinimbu (2024). Organizado pelo autor (2024).

Em relatório da III Conferência Internacional de Sistemas de Alerta Antecipado para Redução de Desastres Naturais (UNISRD, 2006), propôs-se a conceituação dos principais aspectos necessários para concepção de um SAA, de modo a se organizar em quatro pilares temáticos: conhecimento do risco, monitoramento do risco, comunicação de risco, e preparação para resposta.

A sistematização desses conceitos relacionados com a elaboração, implementação e operacionalização de um SAA possibilita uma abordagem otimizada da gestão do risco de desastre, no que diz respeito à relação ao conhecimento da dimensão espaciais e cronológicas das ameaças, elemento fundamental para a determinação dos processos de monitoramento (BRASIL, 2022b).

3.1.3.1 Conhecimento do Risco

De acordo com a UNDRR (2022), conhecer o risco é a primeira e fundamental etapa para se obter um Sistema de Alerta Antecipado eficaz. Segundo a Agência, menos da metade dos países que possuem SAA operacionais tem acesso a informações sobre risco de desastres apropriadas, o que evidencia uma lacuna a nível mundial no conhecimento e avaliação dos riscos.

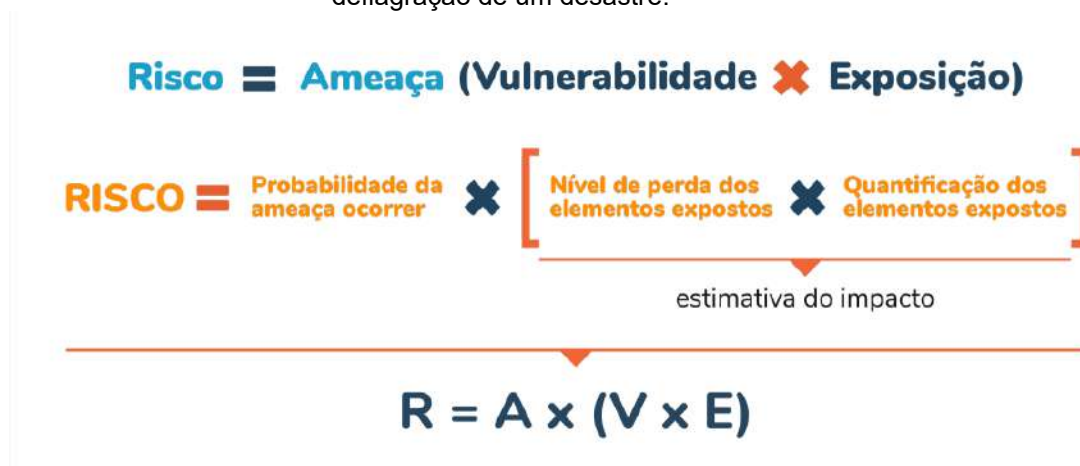
De fato, Segundo Marchezini e Londe (2018), cada tipo de desastre deve ser estudado e analisado de acordo com suas especificidades, o que ressalta a importância de se conhecer o seu risco de ocorrência, bem como os processos pelos quais os riscos são formados em escala local, ou seja, os aspectos de ameaças, vulnerabilidade, exposição e capacidades, os quais são responsáveis pela deflagração do desastre.

Nesse sentido, conceitua-se Risco como a:

Circunstância potencial da ocorrência de um evento adverso sob um cenário vulnerável, sendo três os fatores que, combinados, influenciam na concretização dessa possibilidade: a ameaça, a exposição e a vulnerabilidade (BRASIL, 2022b, p. 18).

A terminologia utilizada pelo Marco de Sendai na avaliação de riscos costuma adicionar a esses fatores a capacidade (*capacity*), que é a combinação de todas as forças, atributos e recursos disponíveis em uma organização, comunidade ou sociedade para gerenciar e reduzir riscos de desastres e fortalecer a resiliência desse sistema (UNDRR, 2015). No entanto, as diretrizes brasileiras atuais têm considerado em suas terminologias somente os três primeiros fatores citados, o que também será considerado neste estudo. A Figura 4 ilustra essa esquematização.

Figura 4 – Diagrama esquemático da relação entre o Risco e os fatores responsáveis pela deflagração de um desastre.



Fonte: Brasil (2022b).

Onde, de acordo com o glossário da UNDRR (2015b):

- Ameaça: processo, fenômeno ou atividade humana que possa causar perdas de vidas, lesões ou outros impactos à saúde, danos materiais, perturbação social e econômica ou degradação ambiental.
- Vulnerabilidade: é determinada por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a predisposição aos impactos de um evento natural, tecnológico ou de origem antrópica em um indivíduo, uma comunidade, infraestruturas, propriedades ou sistemas.
- Exposição: refere-se às pessoas, propriedades, infraestruturas e outros elementos ou sistemas localizados em áreas sujeitas a ocorrências de ameaças. Essas situações podem referir-se ao número de pessoas ou variar em função do tipo de infraestrutura e edificações expostas. Pode ser combinada com a vulnerabilidade e a capacidade dos elementos frente a uma ameaça para avaliar o seu impacto nas pessoas ou na economia, por exemplo, e suas consequências futuras.

Os riscos geológicos e os aspectos relacionados ao seu conhecimento, objeto de estudo dessa pesquisa, serão abordados de forma mais apropriada no tópico 3.2.

3.1.3.2 Monitoramento do risco

Os serviços de monitoramento são o núcleo dos sistemas de alerta, uma vez que correlacionam o risco conhecido com as ações de comunicação e preparação para resposta por meio da determinação probabilística de ocorrência de um desastre.

O monitoramento precisa ter uma base científica sólida para prever e prognosticar situações de anormalidade e deve contar com um sistema confiável que opere 24 horas por dia. Os parâmetros de riscos e os indicativos de desastres devem ter supervisão contínua para que se possa gerar alertas de forma precisa e oportuna (ISR, 2006).

O acompanhamento da ameaça gera diversos produtos, que costumam incluir estudos hidrológicos e climáticos, previsão de tempo, *nowcasting* (previsão de curtíssimo prazo), análises de geoprocessamento, obtenção de dados e elaboração de estatísticas, entre outros (BRASIL, 2022b).

A nível nacional, de acordo com Marchezini *et al.* (2020), é o Cemaden o órgão responsável pelo monitoramento de riscos hidrológicos e geológicos, por meio da reunião e organização de diversos dados produzidos por diversas instituições federais, estaduais e municipais. A partir dessas informações, monitora as informações e elabora análises de risco de desastres associados a inundações, deslizamentos e secas.

3.1.3.3 Comunicação de Risco

A comunicação por meio de alertas de risco está incluída em um contexto de preparação e resposta a um desastre, e é essencial que a mensagem transmitida seja clara e contenha informações simples e úteis, que permitam respostas adequadas por parte da população receptora exposta ao risco. A comunicação também deve ser rápida e eficiente entre os órgãos responsáveis pelo monitoramento e entre os entes governamentais e de gestão. Existe a necessidade de se identificar previamente e estabelecer sistemas de comunicação a nível regional, nacional e comunitário, em que se garanta que haja atores confiáveis e com autoridade para realização da comunicação de risco (UNISRD, 2006 e BRASIL, 2022b).

3.1.3.4 Preparação para Resposta

As populações devem estar preparadas para a ocorrência de desastres, por meio de ações que visem educar as comunidades a compreender os riscos aos quais estão expostas, a respeitar os serviços de comunicação de risco e a saber como agir durante as situações de anormalidade. É essencial que os entes governamentais e órgãos de resposta estejam preparados para agir em desastres, e que os seus recursos existentes estejam concatenados em planos de contingência bem

qualificados e testados. Deve-se buscar a integração entre os sistemas de alerta antecipado e os planos de contingência, bem como providenciar capacitações e treinamentos às equipes técnicas e às comunidades, de modo que cada um possa desencadear suas atribuições e responsabilidades em tempo e forma adequados (UNISRD, 2006 e BRASIL, 2022b).

3.1.3.5 Critérios de Monitoramento e Alerta

No contexto brasileiro, cabe ao Cenad redistribuir os alertas de risco de desastres produzidos pelo Cemaden aos órgãos de Proteção e Defesa Civil nas esferas estaduais e municipais. Segundo Marchezini *et al.* (2020), normalmente o alerta aos cidadãos é realizado por esses órgãos por meio de mensagens SMS, aplicativos e redes sociais. Em algumas localidades, há também a possibilidade de acionamento de alarmes, por meio de sirenes e outras ferramentas, a fim de que os moradores de áreas expostas aos riscos possam realizar ações de evacuação e permitir a prestação de apoio por parte dos órgãos de resposta.

Os alertas têm diferentes níveis de severidade (ou criticidade) e, por isso, são emitidos de acordo com a probabilidade de ocorrência desses eventos, sendo eles classificados em: baixo, moderado, alto e muito alto. Os protocolos de comunicação e atuação dos órgãos para cada um desses níveis correspondem, respectivamente, a uma nomenclatura associada a uma cor, a saber: normalidade (cor verde), observação (cor amarela), atenção (cor laranja) e alerta / alerta máximo (cor vermelha) (BRASIL, 2022b), conforme pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de alerta e comunicação do risco.

Nível de Severidade do Alerta	Nível de comunicação CENAD/CEMADEN	Indicação do Cenad para órgãos estaduais e municipais
Baixo (cessar)	Normalidade	Significado: Sem possibilidades de ocorrências. Ação: realizar a prevenção de riscos futuros simultaneamente com políticas e ações que minimizem os fatores de riscos já existentes.
Moderado	Observação	Significado: Início do planejamento da preparação. Ação: desenvolver capacidades, instrumentos e mecanismos que permitam, antecipadamente, assegurar uma resposta adequada e efetiva aos desastres
Alto	Atenção	Significado: Probabilidade alta, com impacto potencial para a população. Ação: manter plantão permanente de monitoramento, com mobilização da equipe técnica interna da defesa civil municipal.
Muito Alto	Alerta / Alerta Máximo	Significado: Probabilidade muito alta, com grande impacto para a população. Ação: mobilizar os órgãos com ações previstas em plano de contingência, estimular e auxiliar a saída preventiva de moradores de áreas de risco com preparação de abrigos e postos de comando.

Fonte: BRASIL (2022b), adaptado pelo autor.

3.2 Conhecimento do Risco Geológico: conceitos, mapeamento de risco e fatores condicionantes climáticos e meteorológicos

3.2.1 Movimentos de massa

Neste estudo, que objetiva investigar os aspectos que influenciam na deflagração de processos geodinâmicos, entende-se que a chave para compreender esses fenômenos passa por analisar as ameaças que afetam um sistema, isto é, a probabilidade que as ameaças têm de ocorrer. Essas ameaças, conforme versado no tópico anterior, associadas a populações e estruturas vulneráveis expostas a elas, são os elementos constituintes do risco.

O risco geológico, de acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE (2012), está relacionado a todos os eventos ligados a processos geológicos, induzidos ou não, que provocam situação de perigo, perda ou dano à vida humana, à propriedade pública e particular e ao meio ambiente, e está associado a fenômenos como terremotos, erupções vulcânicas, erosões e movimentos de massa.

No Brasil, são os movimentos de massa os eventos que constituem os desastres relacionados a riscos geológicos com maiores perdas de vida.

Conceitua-se o movimento de massa como:

O movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. A contribuição de outro meio, como água ou gelo se dá pela redução da resistência dos materiais de vertente e/ou pela indução do comportamento plástico e fluido dos solos (TOMINAGA, 2015, p. 27).

Os movimentos de massa receberam diversas classificações ao longo dos anos, sendo a proposta por Varnes (1978) a mais utilizada internacionalmente devido à sua simplicidade em explicar as tipologias desse fenômeno. Essa proposição subdivide os movimentos de massa em seis grupos principais: queda, tombamento, escorregamento, expansão lateral, escoamento e movimento complexo; cujos materiais envolvidos são divididos em duas classes: rocha e solo, com este último subdividido em grosseiro e fino, conforme observado no Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação simplificada de movimentos de massa.

TIPO DE MOVIMENTO		TIPO DE MATERIAL	
		Rochas	Solos (engenharia)
			Grosseiro Fino
Quedas		De rocha	De detritos De terra
Tombamento		De rocha	De detritos De terra
Deslizamento/ Escorregamento	Rotacional	De rocha De blocos rochosos	Abatimento de terra De blocos de terra De terra
	Translacional		
Expansão lateral		De rocha	De detritos De terra
Escoamento/corridas de massa		De rocha (rastejo profundo)	De detritos De terra
			(Rastejo de solo)
Movimento complexo		Combinação de dois ou mais dos principais tipos de movimento de massa	

Fonte: Varnes (1978), com adaptações de Gerscovich (2016).

Considerando que a maioria das classificações tem aplicabilidade regional e que se baseiam nas condições geológicas e climáticas locais, de acordo com Gerscovich (2016), procurou-se propor uma classificação adequada dos movimentos de massa para ambientes tropicais como os do Brasil. Dentre essas propostas, desataca-se a de Augusto Filho (1992) – tradicionalmente utilizada em trabalhos acadêmicos e técnicos, e em materiais de divulgação de Proteção e Defesa Civil; em que se adaptou a classificação de Varnes (1978) às características dos principais grandes grupos de processos de escorregamentos a dinâmica ambiental brasileira (GEORIO, 1999), conforme ilustrado no Quadro 4.

Quadro 4 – Principais tipos de movimentos de massa, ajustados à dinâmica ambiental do Brasil.

PROCESSOS	DINÂMICA/GEOMETRIA/MATERIAL
Rastejos	• vários planos de deslocamento (internos); • velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade; • movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; • solo, depósitos, rocha alterada/fraturada; • geometria indefinida;
Quedas	• sem planos de deslocamento; • movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado; • velocidades muito altas (vários m/s); • material rochoso; • pequenos a médios volumes; • geometria variável: lascas, placas, blocos etc.; • rolamento de matacão; • tombamento;
Corridas	• muitas superfícies de deslocamento; • movimento semelhante ao de um líquido viscoso; • desenvolvimento ao longo das drenagens; • velocidades médias a altas; • mobilização de solo, rocha, detritos e água; • grandes volumes de material; • extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas;
Deslizamento e escorregamentos	• poucos planos de deslocamento (externos); • velocidades médias (m/h) a altas (m/s); • pequenos a grandes volumes de material; • geometria e materiais variáveis; 1. planares – solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; 2. circulares – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; 3. em cunha – solos e rochas com dois planos de fraqueza.

Fonte: Augusto Filho (1992, *apud* TOMINAGA, 2015), adaptado pelo autor.

3.2.1.1 Rastejo (*creep*)

Segundo Tominaga (2015), rastejos (ou fluência) (Figura 5) são escoamentos de massa movimentados em velocidades lentas e contínuas de material de encostas com limites indefinidos, que geralmente envolvem grandes volumes de solo, sem que se apresente superfície de ruptura visível entre o material movimentado e o estacionário. A autora indica que a ação da gravidade é a principal causadora do processo de rastejo, associada também aos efeitos de variação de temperatura e umidade.

Na superfície, de acordo com Gerscovich (2016), os rastejos podem ser constatados por meio de indicativos de deslocamentos de eixo de estrada, blocos, postes ou cercas, ou mudanças na verticalidade de árvores, postes etc.

Figura 5 - Esquema gráfico representando a ocorrência de rastejo.



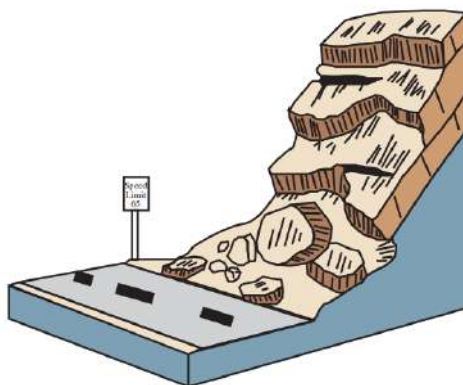
Fonte: USGS (2004), adaptado pelo autor.

3.2.1.2 Quedas (*falls*)

Esse tipo de movimento de massa, de acordo com Salaroli (2003), consiste no desprendimento de material rochoso (Figura 6) de um talude íngreme ou de um penhasco, pela ação da gravidade, e pela ausência de uma superfície de deslizamento. A velocidade desse movimento costuma ser alta e extremamente alta, não necessariamente precedido de movimentos menores. Tominaga (2015) recorda que outras movimentações podem estar associadas às quedas de bloco, como rolamento de blocos e fragmentação no impacto com o substrato; e suas causas podem ter origens diversas como: variação térmica do maciço rochoso, perda de sustentação dos blocos por ação erosiva da água, alívio de tensões de origem tectônica, vibrações etc.

A movimentação de blocos rochosos e matacões, nos capítulos seguintes, será referida como rolamento de bloco e queda de blocos, quando se tratar de tombamento, fragmentação e deslocamento de rocha ou substrato rochosos.

Figura 6 – Esquema gráfico representando a ocorrência de queda de blocos.



Fonte: USGS (2004), adaptado pelo autor.

3.2.1.3 Corridas (*flow*)

De acordo com Varnes (1978), a movimentação de material inconsolidado, geralmente sob a forma de fluxo, rápida ou lenta, seca ou úmida, é chamada de corrida de massa (Figura 7).

Rodrigues *et al.* (2012) ressaltam que a corrida de massa de característica rápida é ocasionada pela perda de atrito interno das partículas do solo, saturadas pela presença excessiva de água, usualmente condicionada por eventos de intensa precipitação precedidas por épocas chuvosas de baixa intensidade, elevando a poro-pressão do meio e provocando a ocorrência de escorregamentos próximo à cabeceira do eixo principal de drenagem, local de maiores declividades, causando a deposição de grande volume de materiais (como solo, rocha e vegetação) que, incorporando ao fluxo de água superficial advindo da pluviosidade, geram uma massa de elevada densidade e viscosidade.

Figura 7 – Esquema gráfico representando a ocorrência de corrida de massa.



Fonte: USGS (2004), adaptado pelo autor.

3.2.1.4 Deslizamentos ou escorregamentos (landslides)

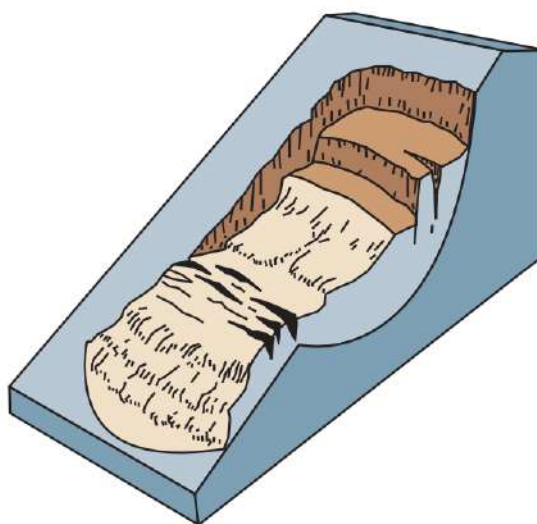
De acordo com Vieira (2007), deslizamentos ou escorregamentos são os processos que consistem em movimentos rápidos de porções de terreno (solo, rocha, tálus, colúvio e detritos), de volumes e planos de ruptura bem definidos, por ação da gravidade.

A ocorrência de um deslizamento, explica Tominaga (2015), está ligada com a diminuição progressiva da relação entre a resistência ao cisalhamento do material e a tensão de cisalhamento na superfície potencial de movimentação até o ponto em que se forma uma superfície de ruptura, provocando o escorregamento. Nesse momento, prossegue a autora, a força gravitacional se torna maior que o atrito interno das partículas, desestabilizando a massa de solo.

Conforme as condições geomorfológicas, de acordo com Gerscovich (2016), os deslizamentos podem ser subdivididos em três classes: deslizamentos rotacionais ou circulares, deslizamentos translacionais ou planares e deslizamentos em cunha.

Deslizamentos rotacionais: de acordo com Highland e Bobrowsky (2008), deslizamento rotacional (Figura 8) é o movimento cuja superfície de ruptura é curvada para cima (em formato de colher), deslocando-se de modo rotacional, com um eixo de giro paralelo ao contorno da encosta. Esse fenômeno costuma ocorrer em solos espessos e homogêneos, originários da alteração de rochas argilosas. Tominaga (2015) aponta que esse processo é muitas vezes deflagrado pela remoção de solo da base de encostas desse material, como nos cortes para implantação de infraestruturas rodoviárias e para construção de edificações, ou ainda por erosão fluvial no sopé da vertente, provocando desestabilização e sobrecarga no maciço.

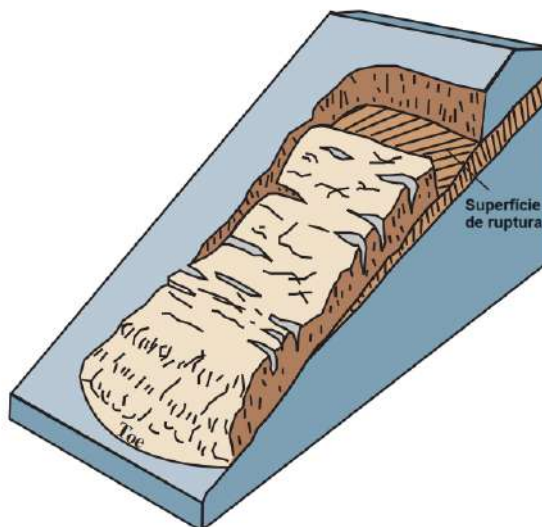
Figura 8 – Esquema gráfico representando a ocorrência de deslizamento rotacional.



Fonte: USGS (2004), adaptado pelo autor.

Deslizamentos translacionais: de acordo com Vieira (2007), esses processos são os movimentos de massa mais frequentes na região sudeste do Brasil, de cuja superfície de ruptura se apresenta sob forma plana (Figura 9), com profundidades que variam de 0,5 a 5,0 m em geral, condicionadas pela presença de estruturas geológicas (ex.: acamamentos, fraturas etc.), depósitos de encostas, contatos entre solo e rocha e entre horizontes do solo etc., e são deflagrados em encostas mais íngremes com presença de solos rasos.

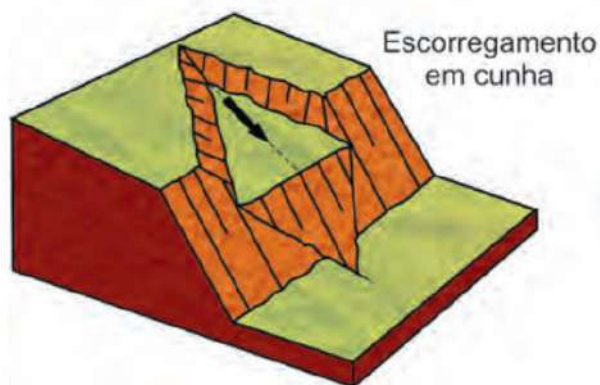
Figura 9 – Esquema gráfico representando a ocorrência de um deslizamento translacional.



Fonte: USGS (2004), adaptado pelo autor.

Deslizamentos em cunha: Tominaga (2015) descreve esses deslizamentos como processos fortemente governados pela estrutura geológica de seus relevos, associados a maciços rochosos pouco ou muito alterados. Ocorrem, diz ainda a autora, quando os planos de fraqueza se cruzam, ou quando as camadas de menor resistência não são paralelas à superfície do talude, apresentando o formato prismático de uma cunha (Figura 10), que se deslocam ao longo do eixo de intersecção desses planos de fraqueza, tendendo a acontecer em taludes de corte ou em encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento, seja de origem natural ou produzida pela ação do homem.

Figura 10 – Esquema gráfico representando a ocorrência de deslizamento em cunha.



Fonte: Tominaga (2015).

3.2.1.5 Fatores condicionantes dos movimentos de massa

De acordo com Gerscovich (2016), a instabilidade da encosta é deflagrada quando há equivalência entre as tensões cisalhantes mobilizadas e a resistência ao cisalhamento do maciço. De fato, Varnes (1978) argumenta que o início do processo pode ser provocado tanto por fatores que contribuem para o aumento das tensões cisalhantes do meio quanto por fatores que contribuem para a diminuição da resistência ao cisalhamento.

Os fatores instabilizadores que provocam o aumento das tensões cisalhantes são:

- a) Remoção de material lateral de suporte causado por erosão, ou instabilidade causada por escorregamentos rochosos anteriores e pelas atividades de corte artificial de talude;
- b) Sobrecarga, seja por ação natural – como volume de chuva infiltrada no maciço, acúmulo de tálus e colúvio de deslizamentos prévios, vegetação, pressão por percolação de água subterrânea, entre outros –, seja por ação antrópica – tais como acúmulo de lixo, entulho, peso de construções e infraestrutura em geral sobre maciços, peso de água oriunda de vazamentos de reservatórios, tubulações hidrossanitárias, entre outras;
- c) Atividades sísmicas;
- d) Ângulos de inclinação de vertentes naturalmente altos;
- e) Remoção de material de suporte sobrejacente, como as causadas por solapamento de margens de rios; erosão subterrânea de materiais solúveis, mineração e outras atividades exploratórias semelhantes etc.;
- f) Processos vulcânicos;
- g) Pressão lateral, que pode ser causada por percolação de água em fendas e cavernas, congelamento de água em rachaduras, expansão de argilas por hidratação, entre outros.

Já os fatores contribuintes para a diminuição de resistência ao cisalhamento costumam ser:

- a) Estado inicial dos materiais, tais como composição, textura e estrutura granular e geometria angular da vertente, que são características

relacionadas ao contexto geológico do maciço que naturalmente condicionam o meio à ocorrência de deslizamentos;

- b) Intemperismo e outras reações físico-químicas, que contribuem para o amolecimento de argilas fissuradas, desintegração física de rochas, perda de coesão de materiais argilominerais por hidratação, trocas iônicas que influenciam nas propriedades físicas de argilas, percolação de água por fraturas de intemperismo, quebra e perda de coesão em argilas por ressecamento, remoção das propriedades cimentícias de material por dissolução, entre outros;
- c) Mudanças nas forças intergranulares em decorrência da poropressão excessiva nas fraturas do material causada por hidratação excessiva;
- d) Mudanças estruturais em materiais, causadas por fissuração de xistos e argilas pré-consolidadas, e fratura e perda de declividade em rochas;
- e) Múltiplas causas.

Conforme se observa, considerável parte desses fatores está relacionada com a ação da água no meio como agente desestabilizador.

3.2.2 Mapeamento de risco

A gestão do risco de desastres deve estar baseada em uma compreensão clara do risco em todas as suas dimensões de vulnerabilidade, capacidade, exposição de pessoas e bens, características dos perigos e meio ambiente. Hyogo (UNISDR, 2005) e Sendai (UNDRR, 2015) priorizam a necessidade da realização de avaliações de risco e elaboração de mapas multirriscos, bem como a sua disseminação para os tomadores de decisão, o público em geral e as comunidades em risco de desastre. As informações geradas por esses instrumentos podem ser aproveitadas para promover uma avaliação de riscos pré-desastre, para prevenção e mitigação e para o desenvolvimento e a implementação de preparação adequada e resposta eficaz a desastres. Há ainda o incentivo à utilização de tecnologia de informação geoespacial e sistemas de informação geográfica (SIG) como ferramentas para divulgação e acesso em tempo real.

De acordo com a PNPDEC, é de competência dos Estados a identificação e mapeamento de áreas de risco, e a realização de estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades, em articulação com a União e os Municípios (Art. 7º, Inciso IV), cabendo também aos municípios a identificação e mapeamento das áreas de risco, além de promover ações que visem coibir novas ocupações nessas áreas identificadas (Art. 8º, Incisos IV e V) (BRASIL, 2012a).

Para atendimento das diretrizes da Lei 12.608/2012 quanto à identificação de áreas de risco geológico, tem sido adotado por parte dos entes federativos diferentes métodos para a elaboração de mapas de risco geológico, métodos estes desenvolvidos por instituições que tradicionalmente promovem estudos nessas áreas no Brasil. Conforme Nascimento (2016), destacam-se: o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT-SP); o Serviço Geológico do Brasil (SGB) e o Instituto Geológico de São Paulo (IG/SMA-SP), conforme apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Principais instituições que realizam mapeamento de risco e suas metodologias.

Instituição	Histórico	Objetivo	Atuação	Mapeamento	Metodologia	Finalidade dos produtos cartográficos
IPT-SP	Elabora cartas geotécnicas desde os anos 1970, para órgãos públicos municipais, estaduais e federais. Destaques para as cartas geotécnicas de áreas urbanas dos morros de Santos e São Vicente (1979), da cidade de São Paulo (1984), da Região Metropolitana de São Paulo (1990) e do Estado de São Paulo (1994)	Produção de cartas que identificam problemas potenciais em área de interesse, entendidos como a suscetibilidade do terreno; apoio metodológico em estudos do governo federal para o PDAP e o PMRR	Realização de pesquisas sobre métodos e técnicas para abordagem de processos geodinâmicos externos em planejamento e gestão territorial, por meio da elaboração de cartas geotécnicas para municípios e estados	Produção de cartas geotécnicas, que podem ser classificadas em: (I) Carta de suscetibilidade; (II) Carta de aptidão à urbanização; e (III) Carta de risco (metodologia de mapeamento de risco desenvolvida para o Ministério das Cidades)	1.Análise de zoneamento de risco geológico: pré-setorização das áreas; 2.Validação da setorização de risco: vistorias em campo; 3.Setorização de risco: identificação das áreas de risco com auxílio de geotecnologias. 4.Classificação em quatro graus de risco: R1 (risco baixo/inexistente), R2 (risco médio), R3 (risco alto) e R4 (risco muito alto)	Produzir subsídios para gestão do planejamento urbano e indicar áreas que necessitam de estudos com uma escala maior de detalhes.
SGB	Antiga CPRM, empresa ligada ao Ministério de Minas e Energia, realiza mapeamentos desde 1990 com um programa voltado à disponibilização de informações básicas: mapas temáticos de geologia, hidrogeologia, morfologia etc.	Oferecimento de capacitação em percepção de risco e realização de mapeamento de áreas de risco geológico para municípios	Atuação em consonância com o Plano Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais (PNGRRDN) em: 1) mapeamento; 2) prevenção; 3) monitoramento e alerta; 4) resposta	Elaboração de produtos para prevenção de desastres, como: Setorização de Riscos, Avaliação Técnica Pós-Desastres, Diagnóstico da População em Áreas de Risco Geológico, Cartas de Perigo, Cartas Geotécnicas e Cartas de Suscetibilidade	A identificação de áreas de risco é feita por meio de vistorias em campo e se baseia na observação das características morfológicas do terreno, na identificação de indícios de instabilidade de taludes e encostas, no histórico de ocorrência dos eventos adversos de natureza geológica, e no grau de vulnerabilidade das construções e de seus moradores	Disponibilização dos produtos de Setorização de Risco ao CEMADEM (as áreas identificadas como risco alto e muito alto) para emissão de alertas para prevenção de desastres nas comunidades. Integração de informações com o CENAD e a SEDEC
IG/SMA-SP	Realiza trabalhos sobre desastres naturais há mais de 20 anos. Instituição ligada a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP), produzindo o seu primeiro estudo integrado em 1987, com o mapeamento das regiões de Sorocaba e Campinas	Prevenção e mitigação de desastres naturais; desenvolvimento de ações e instrumentos de gestão ambiental e de ordenamento territorial no âmbito da SMA-SP	Elaboração de planos diretores municipais, zoneamentos ambientais, Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro, Planos de Manejo de Unidades de Conservação, gerenciamento de riscos geoambientais e em ações de prevenção dos riscos da Defesa Civil, de licenciamento ambiental e de fiscalização	Mapeamento desenvolvido a partir de método de abordagem de paisagem com a criação de Unidades Territoriais Básicas (UTBs) elencando setores de risco	1.Inventário de dados e informações sobre eventos e acidentes; 2.Definição das unidades de análise (Unidades territoriais básicas – UTBs); 3.Definição e obtenção dos atributos e seleção dos fatores de análise; 4.Modelo e cálculo das variáveis de risco; 5.Produção cartográfica final.	Desenvolver cartografia geotécnica voltada a avaliação de risco geológico por compartimentação fisiográfica e do uso e cobertura da terra

Fontes: Bitar *et al.* (2015), Brasil (2007), Brasil (2012a), Diniz *et al.* (2012), IPT-SP (c2023), Nascimento (2017), São Paulo (2014), SGB (c2023). Organizado pelo autor (2024).

3.2.3 Precipitação pluviométrica

De acordo com Tominaga (2015), a precipitação pluviométrica, na região úmida do Brasil, notadamente está associada aos processos de movimento de massa, principalmente nas ocorrências de chuvas intensas, com potencial para produzir eventos catastróficos.

No contexto das ações preventivas e de preparação para desastres, segundo Marchezini *et al.* (2020), a chuva é considerada o elemento deflagrador de processos geodinâmicos e é utilizado como prerrogativa para envio de alertas pelo Cemaden. Para isso, a visualização do cenário de risco deve-se valer de diversas especialidades para que seja construído um modelo de previsão (diagnóstico) confiável – leva-se em conta o diagnóstico de especialistas em meteorologia, hidrologia, geociências e em desastres. O prognóstico de risco é dado pela previsão meteorológica, que é o fator decisivo para configuração do risco, sendo de grande importância o conhecimento dos sistemas atmosféricos atuantes para a confecção de um diagnóstico meteorológico, com o qual é possível produzir e emitir informações por meio de avisos, boletins, informes e alertas sobre a possibilidade de ocorrência de desastres (BRASIL, 2022b; MARCHEZINI *et al.*, 2020).

Os sistemas atmosféricos são resultantes das interações entre a superfície (topografia, superfícies continentais), oceanos (superfícies e correntes oceânicas) e a atmosfera. Esses movimentos ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais e sua variabilidade e distribuição nas diferentes latitudes e altitudes do globo proporcionam o regime de precipitações (chuva e neve) e temperatura, e, conseqüentemente, determinam o clima de cada localidade, influenciando as atividades humanas de modo considerável (AYODE, 1996; RIBEIRO, 1993; DIAS e SILVA, 2009).

Para a temática deste estudo, interessa observar os sistemas atmosféricos que provocam precipitações pluviométricas extremas, eventos atmosféricos dentre os quais pode-se citar as Linhas de Instabilidade (COEN *et al.*, 2009; FERREIRA e MELLO, 2005), Complexos Convectivos de Mesoescala (OLIVA, 2019; DIAS *et al.*, 2009), Frentes Frias (MARCHIORO, 2012; SELUCHI *et al.*, 2016), com destaque para a ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (NIELSEN *et al.*, 2019; CARVALHO e JONES, 2009).

A influência do fenômeno da ZCAS em episódios de chuvas intensas está associada a diversos impactos socioambientais e prejuízos econômicos no meio urbano, conforme atestam os seguintes estudos:

- Lucas (2007), para a cidade de Belo Horizonte – MG, registrando eventos de ZCAS ocorridos em janeiro e novembro de 2000, janeiro e dezembro de 2004 e novembro de 2005;
- Correa e Albuquerque (2012), para a cidade de Vitória - ES, registrando evento de ZCAS ocorrido em novembro de 2008;
- Santos e Fialho (2016), para o município de Ubá - MG, registrando evento de ZCAS ocorrido em dezembro de 2013; e
- Silva (2014a), para o município de Vila Velha – ES, registrando evento de ZCAS ocorrido de 11 a 26 de dezembro de 2013.

A deflagração de movimentos de massa também é relacionada com a atuação da ZCAS, conforme apontam os estudos de Seluchi e Chou (2009); Parizzi *et al.* (2010) e D’Orsi (2011). Isso se deve ao fato de que, segundo D’Orsi (2011), a permanência de uma banda de nebulosidade semi-estacionária por dias seguidos favorece a ocorrência de deslizamentos nas áreas afetadas.

3.3 Descrição e caracterização da área de estudo: Maciço de Jaburuna em Vila Velha – ES

O município de Vila Velha foi escolhido como local para desenvolvimento deste estudo em função da ocorrência de episódios de processos geodinâmicos no território registrados com considerável frequência, mormente gerando diversos transtornos sociais, econômicos e ambientais. Mais especificamente, esta pesquisa se concentrou em um recorte do município, a região do Maciço de Jaburuna, tendo em vista o histórico de movimentos de massa e a vulnerabilidade da população ao risco, a fim de contribuir para as ações de redução de risco de desastres locais.

Vila Velha está localizada na Região Metropolitana de Vitória (RMGV), do Estado de Espírito Santo, situado à latitude sul 20°19'48" e longitude oeste 40°17'31", a 12 Km ao sul da capital Vitória, fazendo limite com Cariacica e Viana, ao oeste; Guarapari, ao sul; Vitória, ao norte; e ao leste, com o Oceano Atlântico, totalizando 32 Km de extensão litorânea (VILA VELHA, 2022a). De acordo com o Censo de 2022, o território municipal possui área de 210.225 km² e população total de 467.722 habitantes (IBGE, 2023).

A localidade conhecida como Morro do Jaburuna está situada entre um complexo de três maciços rochosos na porção norte do município de Vila Velha, denominados Jaburuna, Soares e Inhoá, e possui 72,31 ha de área. De acordo com a delimitação oficial do município, os bairros limítrofes a Jaburuna são: Olaria e Centro, ao leste; Glória, ao oeste e ao norte; e Ilha dos Ayres, ao sul. A população do bairro estimada é de 6.584 habitantes¹ (VILA VELHA, 2018a; IBGE, 2023).

De acordo com o Plano Diretor Municipal de Vila Velha (2018b), o território do Morro de Jaburuna é reconhecido como um bem natural de interesse de preservação, mais precisamente uma Zona de Especial Interesse Ambiental – ZEIA, classe B, que se caracteriza por:

“[...] parcelas do território municipal, de domínio público ou privado, com características ambientais e paisagísticas cujas funções são proteger o meio ambiente e com ocupação urbanística restrita de uso predominantemente

¹ No momento da redação deste tópico, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) havia apenas divulgados os resultados do Censo 2022 à nível municipal, de modo que a estimativa de população do bairro Jaburuna foi feita levando em consideração que houve uma variação proporcional, a partir dos dados de população total de Vila Velha (414.586 hab.) e Jaburuna (5.836 hab.) de acordo com o Censo 2010 e a população total segundo o Censo atual (467.722 hab.) chegando assim ao valor aproximado de 6.584 habitantes morando em Jaburuna.

residencial unifamiliar ou multifamiliar com baixa densidade para oferecer espaços públicos qualificados ao lazer da população.” (VILA VELHA, 2018b, Art. 106, II)

Doravante, para fins de identificação, a área de estudo em questão passará a ser referida exclusivamente como Maciço de Jaburuna, ainda que partes do território oficialmente não estejam dentro da delimitação do bairro Jaburuna ou mesmo do “morro Jaburuna”, mas que pelo fato de haver ocupação humana nessas partes, passam a fazer parte do objeto de interesse deste estudo.

3.3.1 Clima e meteorologia

O clima de Vila Velha – e consequentemente, do Maciço de Jaburuna – é definido como do tipo “Awa”, de acordo com a Classificação Climática genérica de Köppen, significando que o município é classificado como clima tropical chuvoso (representado pela letra A), com chuvas de verão (representado pela letra w) em que o mês mais quente tem temperatura média acima de 22 °C (representado pela letra a). De fato, a temperatura média anual é de 24 °C, enquanto as médias nos meses mais quente e mais frio são, respectivamente, 26,7 °C (em fevereiro) e 21,2 °C (em julho) (INCAPER, 2020).

A média anual de precipitação em Vila Velha é de 1.188,7 mm. Historicamente, o município apresenta uma estação seca que corresponde aos meses de abril a setembro, os menos chuvosos do ano, com média de 320,2 mm, ou 26,9 % do total. O período úmido, onde há a ocorrência de chuvas abundantes, corresponde às estações de primavera e verão, ou seja, entre os meses de outubro e março, possuem média de 868,6 mm de chuva acumulada, o que corresponde a 73,1 % do total (INCAPER, 2020; VILA VELHA, 2022a).

Os sistemas meteorológicos que costumam ocorrer no município ao longo do ano são os mesmo que atuam sobre a região sudeste; isto é, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), as frentes frias e os sistemas convectivos locais, entre outros; e são responsáveis por gerar grandes volumes de acumulado de chuvas em curtos períodos (MARCHIORO *et al.*, 2016; SILVA, 2013; EFFEGEN e MARCHIORO, 2017; VILA VELHA, 2022a).

3.3.2 Relevos e processos

Não obstante o relevo de Vila Velha apresentar-se preponderantemente plano, em média quatro metros acima do nível do mar, compostos por planícies e terraços fluviomarinhos, manguezais e tabuleiros costeiros, também ocorrem, em um percentual consideravelmente menor, relevos de morros e colinas, localizados mais precisamente no norte do município, costeados pelo estuário do rio Santa Maria da Vitória, onde se encontra o Maciço de Jaburuna, caracterizado como morro baixo (classificação onde se considera altitudes de até 190 metros), porém, com elevada inclinação (acima de 30%), conforme mapa da Figura 11 (VILA VELHA, 2022a; ORIGGE *et al.*, 2020).

De acordo com o Projeto Mapeamento ES do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) (ESPÍRITO SANTO, 2015), a área de estudo delimitada possui aproximadamente 160 metros de altitude (Figura 12). Ao se observar o Mapa de Declividades da Figura 13, nota-se a predominância de inclinações de 20 a 45% (relevo forte ondulado) e de 45 a 75% (relevo montanhoso), além de uma das faces do maciço apresentar relevo escarpado (declividade acima de 75%).

Foram identificadas duas feições geomorfológicas importantes para esta análise: um anfiteatro (*hollow*) (Figura 14A), localizado na face nordeste do Maciço de Jaburuna, apresentando-se como um vale, formado pelos terços inferiores dos morros Jaburuna e Soares, cuja bacia de recepção é mais alargada, apresentando forma oval a semicircular e formada por um conjunto de linhas de drenagem que convergem à jusante, no sentido do estuário do rio Santa Maria; e uma sequência de vertentes convexas e retilíneas dispostas nas faces restantes da área de estudo (Figura 14B), com exposição parcial do maciço na face noroeste, e ocorrência de escarpas naturais fraturadas e com presença de blocos, na face sudeste do maciço (MIRISOLA, 2018).

Figura 11 – Mapa de relevo do Maciço de Jaburuna.

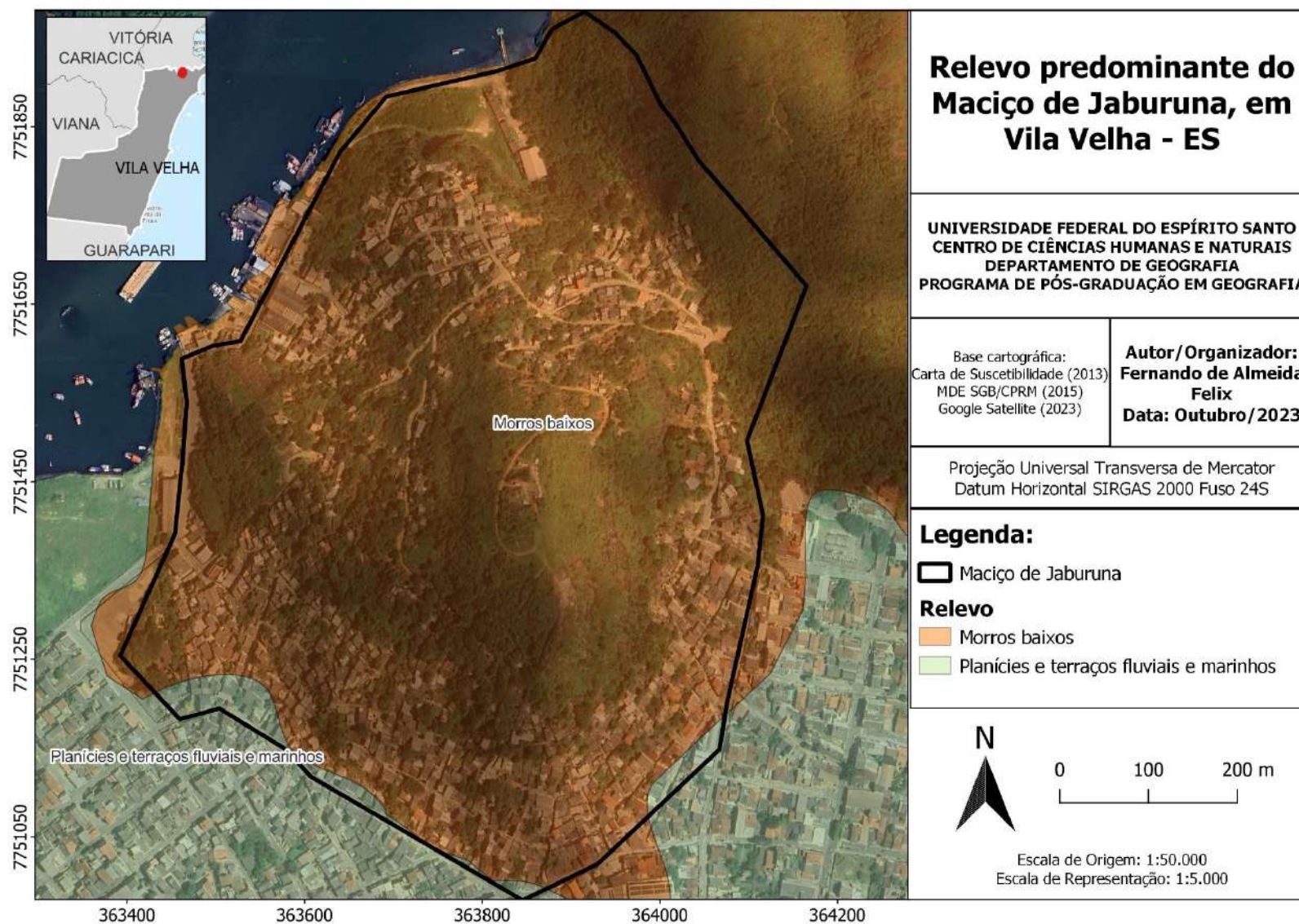
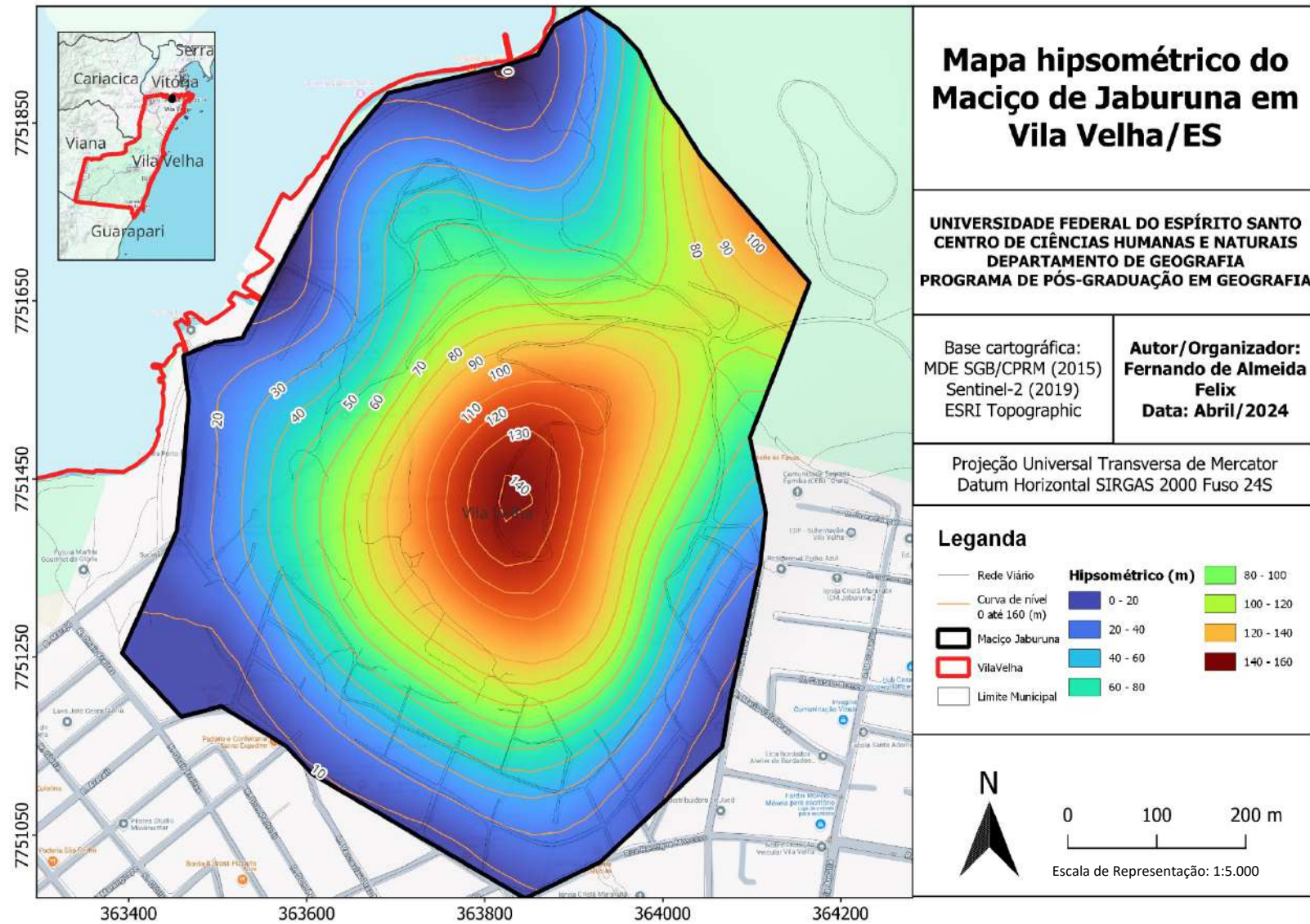


Figura 12 - Mapa hipsométrico do Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES.



Fonte: Organizado pelo autor (2024).

Figura 13 - Mapa de Declividade do Município de Vila Velha, com destaque para o Maciço de Jaburuna.

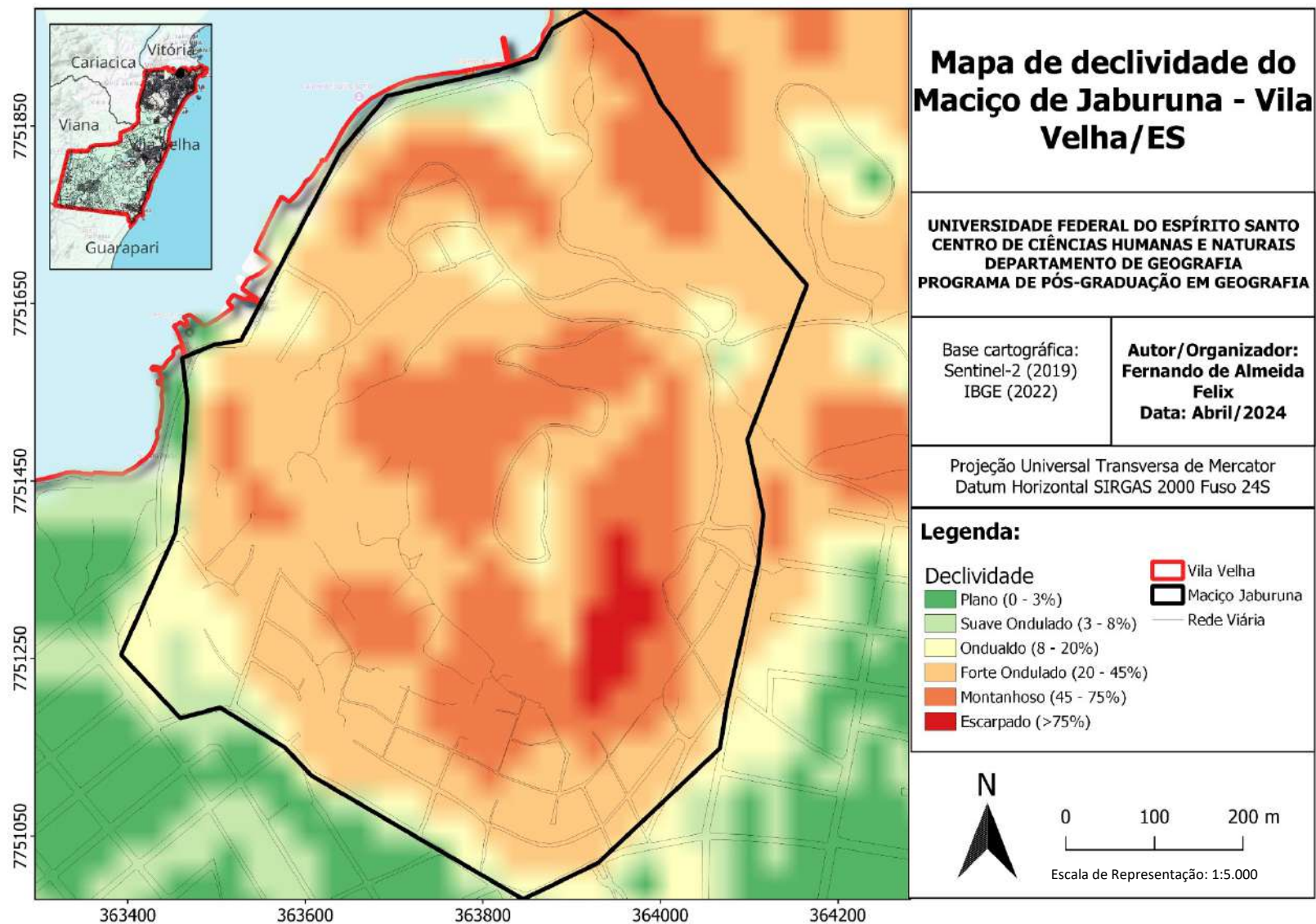


Figura 14 – Vistas da face nordeste (A) e sudoeste (B) do Maciço de Jaburuna, obtidas por meio de registro fotográfico por drone, em 2019.

Nota-se a região de encosta em (A) menos adensada e com edificações em fase de construção, denotando-se o potencial de expansão irregular. Em (B), observa-se ocupação em consolidação sobre a superfície declivosa.



Fonte: Acervo SEMPDEC (2020).

3.3.3 Estrutura litológica

O Maciço de Jaburuna está inserido na Suíte Intrusiva Espírito Santo, que consiste em um conjunto predominantemente granítico a granodiorítico, de caráter sin a pós-tectônico em relação ao Ciclo Brasileiro, que ocorre na região sul do Estado do Espírito Santo, conforme identificação feita pelo Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1983). No Maciço Vitória, análogo ao Maciço de Jaburuna, de acordo com Vieira e Menezes (2015), predomina a presença de Granito Porfírico em seus afloramentos rochosos, apresentando uma matriz de granulação média e cor cinza, envolvendo megacristais com dimensões de até 3 x 1 cm, além de localmente exibir foliação de fluxo magmático e estar cortado por diques de basalto. O Maciço de Jaburuna (mapa da Figura 15), por sua vez, apresenta-se como um granito de granulação média, porfírico, exibindo lineamento mineral marcante e muito fraturado, contribuindo para a formação de blocos de dimensões variadas. O topo rochoso encontra-se exposto em parte do maciço, onde são observadas famílias de fraturas responsáveis pela geração de blocos e lascas instáveis, conforme se observa na Figura 16 (MIRISOLA, 2018).

Figura 15 – Litologia do Maciço de Jaburuna.

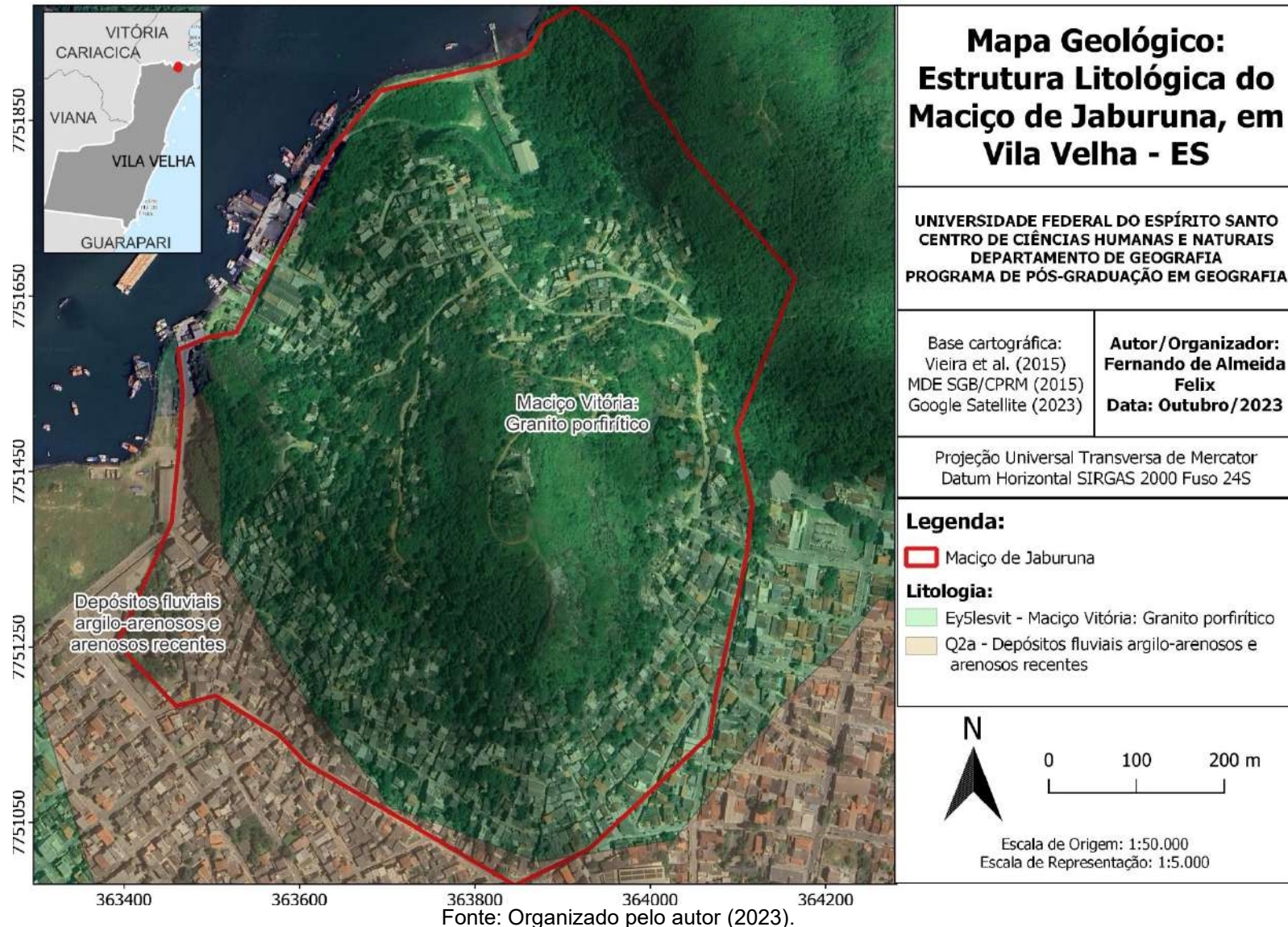


Figura 16 - Afloramento rochoso com fraturamentos aparentes. Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES. Coordenadas UTM – Datum Sirgas 2000 – 363911,188E; 7751593,695N. Nota-se a incidência de família de fraturamentos e lascas de esfoliação (setas amarelas) e movimentação de blocos rochosos (círculo amarelo), caracterizando indícios de geodinâmica no local. No topo, observa-se a presença de domicílios (círculo vermelho), indicando a configuração de vulnerabilidade dos habitantes inseridos nesse contexto geológico.



Fonte: levantamento de campo feito pelo autor (2023).

3.3.4 Solos

De acordo com o Mapa de Reconhecimento de Solos do Estado do Espírito Santo (CUNHA *et al.*, 2016), o solo predominante na região do Maciço de Jaburuna é o argissolo vermelho-amarelo distrófico (PVA_d3). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (2018), argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta desde que conjugada com

saturação por bases baixa ou com caráter alumínico na maior parte do horizonte B. O argissolo encontrado na área de estudo, de acordo com a identificação de Cunha *et al.* (2016) apresenta horizonte A com textura típica moderada argilosa média a muito argilosa, encontrados em relevos montanhosos e fortemente ondulados.

No Maciço de Jaburuna, o solo se apresenta de dois modos, de acordo com as feições geomorfológicas identificadas. Observa-se, na região do anfiteatro, depósitos de tálus compostos por solo argiloso-arenoso inconsolidado e com baixa capacidade geotécnica com presença de blocos de dimensões de médio a grande porte, dispersos ao longo da vertente, com baixa estabilidade e pouca ou nenhuma compartimentação natural. Quanto às regiões de encostas convexo retilíneas, ocorrem camadas de solo argilo arenoso (areia média e grossa), de espessura não uniforme, normalmente pouco espesso, e depositado diretamente sobre a rocha sã, com a presença de blocos pouco estáveis nesses trechos decorrentes da região escarpada a montante da vertente (MIRISOLA, 2018).

Em levantamento de campo, na Figura 17A, pode ser identificado, na região do anfiteatro, camadas de argissolo com horizonte B de 100 cm de espessura, aproximadamente, e início da camada do horizonte C, observados em decorrência da realização de corte mecanizado do talude, conforme indicativos das marcas oblíquas, possivelmente para fins de assentamento de domicílios. Na Figura 17B, em ponto localizado nas regiões de encostas convexo retilíneas, por sua vez, pode-se confirmar a incidência de camadas de solo delgadas e com exposição do maciço rochoso (seta amarela).

Figura 17– Incidência típica dos solos no Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES. Coordenadas UTM – Datum Sirgas 2000. 364041,730E; 7751668,667N (A). 363766,318E; 7751171,871N (B). Em (A), representação gráfica (em amarelo) aproximada dos horizontes B e C verificados em talude de corte. Em (B), seta amarela indicando afloramento rochoso sob camada delgada de solo movimentado em episódio de deslizamento.



Fonte: levantamento de campo feito pelo autor (A) (2023) / Acervo SEMPDEC (B) (2021).

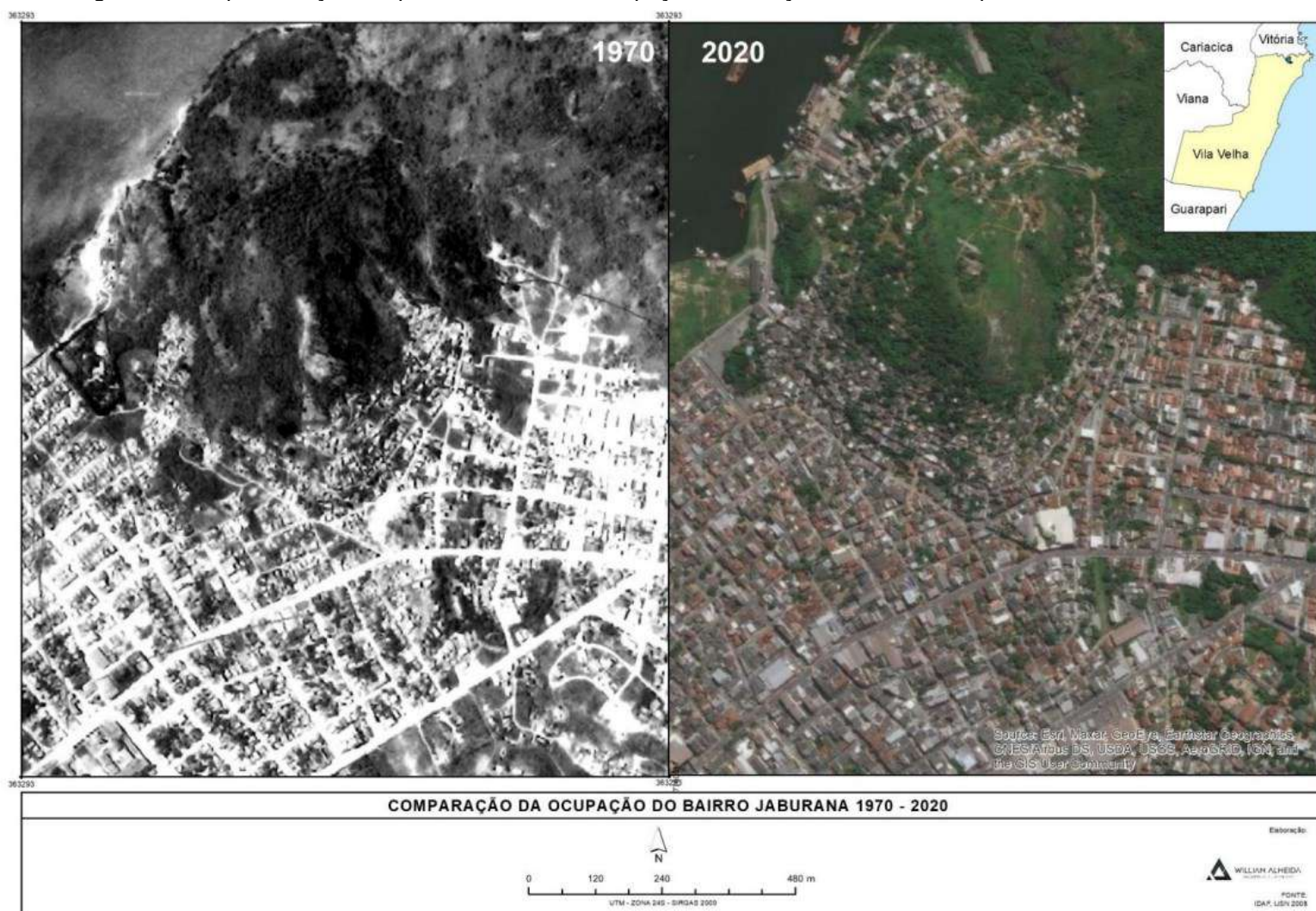
3.3.5 Processo de ocupação

Marques (2021) observa que tem ocorrido nos últimos 50 anos um avanço considerável na ocupação da área do Maciço de Jaburuna, mormente em assentamentos precários, sem a infraestrutura mínima adequada, de modo especial na face norte e oeste do maciço. A autora também observa que a ocupação desordenada avança sobre áreas de fragmentos florestais, provocando prejuízo para o meio ambiente e para os recursos naturais, e sobre áreas de fragilidade geológica, configurando risco para a população vulnerável.

Observa-se na face sul do Maciço de Jaburuna, especialmente nos terços inferior e médio dessa elevação, uma densificação da ocupação consolidada. A face norte encontra-se com menor taxa de ocupação e, possivelmente por causa disso, é atualmente o ponto do maciço em que se está instalado um processo crescente de ocupação ao longo dos anos, conforme se infere pelo quadro evolutivo da Figura 18.

Esse processo também contribui para a instabilização da área de estudo, uma vez que as atividades associadas à instalação dos assentamentos têm grande papel modificador na paisagem, como a implementação de cortes nas vertentes para construção de moradias, sem o devido acompanhamento técnico, expondo o talude de solo verticalmente e sem estrutura de contenção apropriada; a execução de aterros com materiais inadequados e sem a compactação necessária; a ausência de infraestrutura básica para ocupação, como sistemas de captação de águas servidas e pluviais; o acúmulo de blocos rochosos oriundos da construção de habitações descartados de forma irregular ao longo das ruas e das cristas de talude produzidos por cortes para aberturas de vias (MIRISOLA, 2018), conforme se observa na Figura 19. Nota-se a inclinação de poste observado em borda de via em encosta na área do Anfiteatro (Figura 19A). Observa-se a concentração de águas pluviais não drenadas em via após evento chuvoso situada na área de encostas convexas (Figura 19B). Na Figura 19C são observados indícios de alteração do meio geológico para assentamento de novos domicílios e arruamento.

Figura 18 – Representação do quadro evolutivo da ocupação no Maciço de Jaburuna no período entre 1970 e 2020.



Fonte: Mapa elaborado por Marques (2021).

Figura 19 – Padrão construtivo e de infraestrutura do Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES. Coordenadas UTM – Datum Sirgas 2000. 363876,811E; 7751598,968N (A). 363761,144E; 7751146,996N (B). 363671,581E; 7751550,205N (C).



Fonte: levantamento de campo feito pelo autor (A) (2023) / Acervo SEMPDEC (B) (2021). / levantamento feito em campo pelo autor (C) (2023).

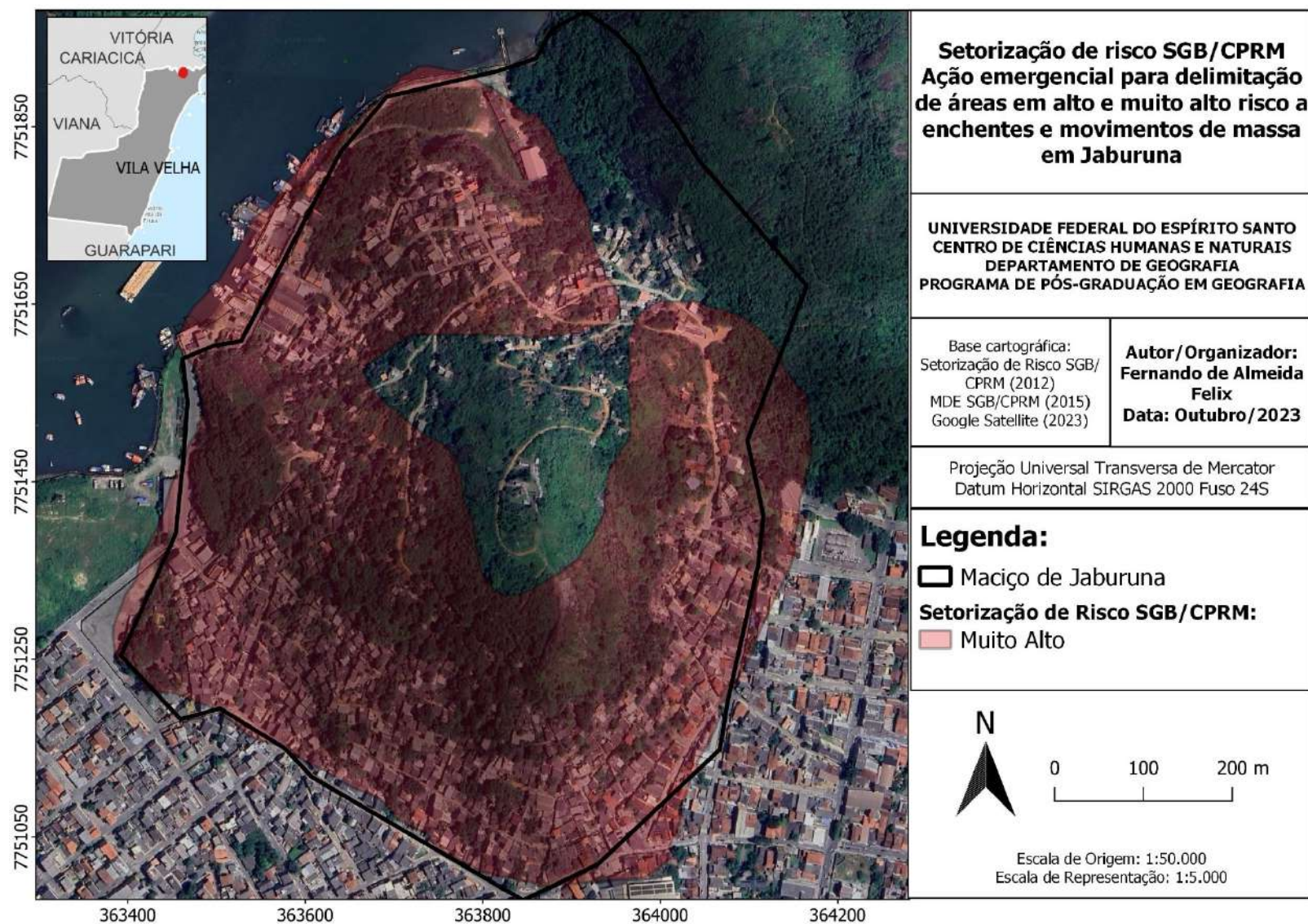
3.3.6 Mapeamento de risco e produção cartográfica em Vila Velha

No município de Vila Velha têm sido produzidas, ao longo dos anos, diversas cartas geotécnicas, que se dispõem a retratar e descrever as características fisiográficas da localidade. Na esteira dos desastres ocorridos no Nordeste, em Santa Catarina e na região serrana do Rio de Janeiro, entre os anos de 2010 e 2011, e atendendo às diretrizes previstas no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres – PNGRD, objeto 0602², seguiu-se no município de Vila Velha a elaboração de produtos de cartografia geotécnica realizados pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB. Os mapas produzidos foram a Setorização de Risco, em 2012; a Carta de Suscetibilidade e a Carta Geotécnica de Aptidão, ambas em 2015.

O primeiro mapeamento de áreas de risco do município, produzido pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB, na nomeada “Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa”, identificou 17 áreas de risco suscetíveis a deslizamentos e inundações. Nessa ação emergencial, a setorização de risco indicou no Maciço de Jaburuna – mapa da Figura 20 – a possibilidade de ocorrência de quedas de muro, deslizamentos localizados e rolamento de blocos na delimitação do setor de abrangência do risco, em que se estimou a existência de aproximadamente 500 edificações e 2.500 pessoas vulneráveis a esses riscos observados (BRASIL, 2012d).

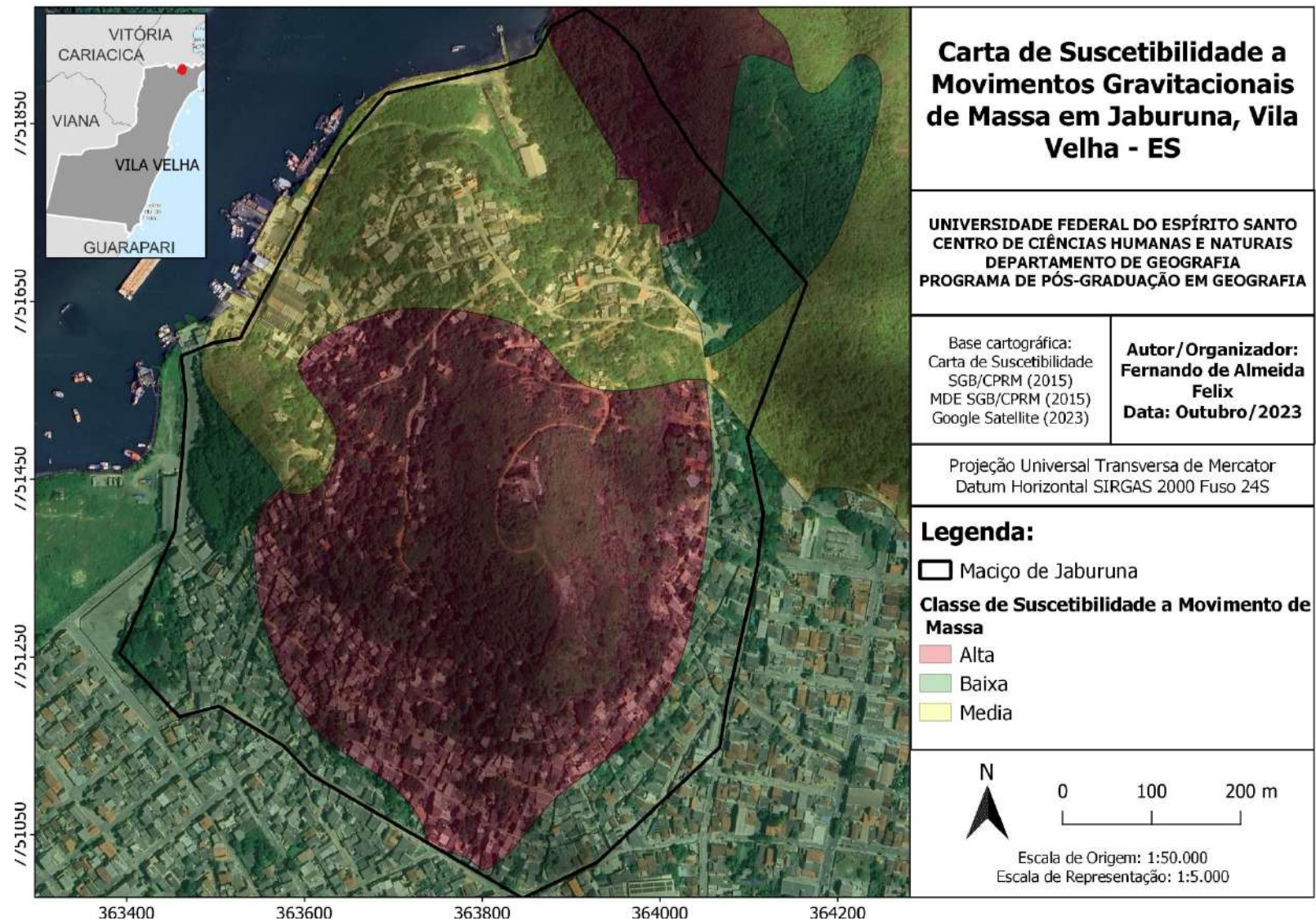
² O Objeto 0602 consistiu na diretriz de Mapeamento do PNGRD, isto é, na produção do conhecimento geológico-geotécnico em municípios com alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações por meio de elaboração de produtos cartográficos, de incumbência do Serviço Geológico do Brasil – CPRM/SGB (SAMPAIO *et al.*, 2013; SGB, c2024).

Figura 20 – Setorização de Risco SGB/CPRM – Município de Vila Velha – ES. Destaque para o Maciço de Jaburuna.



A “Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações” foi um documento complementar de cartografia geotécnica previsto no PNGRD, objeto 0602, que se propõe a analisar a suscetibilidade do município de Vila Velha, indicando áreas propensas ao desenvolvimento de processos do meio físico que possam gerar desastres naturais em face da presença de fatores predisponentes básicos em terrenos edificadas e não edificadas, elaborada para uso exclusivo em atividades de planejamento e gestão do território (BRASIL, 2015a; BITAR, 2014). O Maciço de Jaburuna está delimitado predominantemente em região classificada como área de média a alta suscetibilidade a movimentos de massa, conforme se observa na Figura 21.

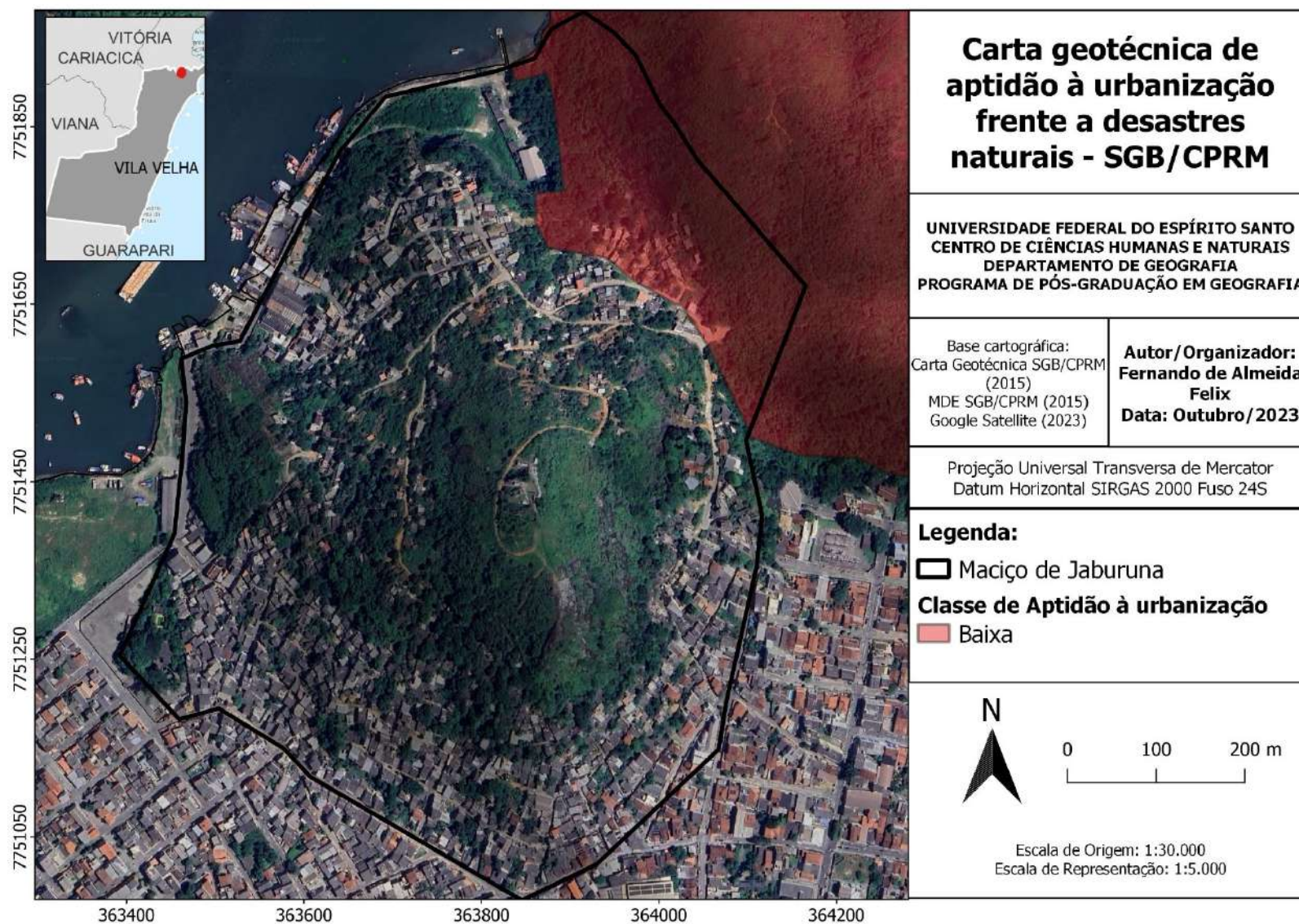
Figura 21 – Carta de Suscetibilidade SGB/CPRM – Município de Vila Velha – ES. Destaque para o Maciço de Jaburuna.



Também no contexto do objeto 0602 do PNGRD, a “Carta geotécnica de aptidão à urbanização frente a desastres naturais” é o documento cartográfico elaborado com o intuito de caracterizar os terrenos e áreas não ocupadas do território municipal do ponto de vista geológico-geotécnico, enfatizando a indicação das aptidões de uso do solo frente aos desastres naturais e seus processos deflagradores, com o intuito de orientar as políticas municipais com vistas para o planejamento de uso e ocupação territorial municipal, indicando as áreas mais favoráveis à expansão urbana, classificando-as de acordo com a aptidão à urbanização, em face da existência ou não de restrições geotécnicas no terreno, que favoreceriam a instalação de novas áreas de risco (BRASIL, 2015b). De acordo com esse produto cartográfico, uma parcela da área da delimitação do Maciço de Jaburuna é classificada como área de baixa aptidão à urbanização, conforme se observa na Figura 22.

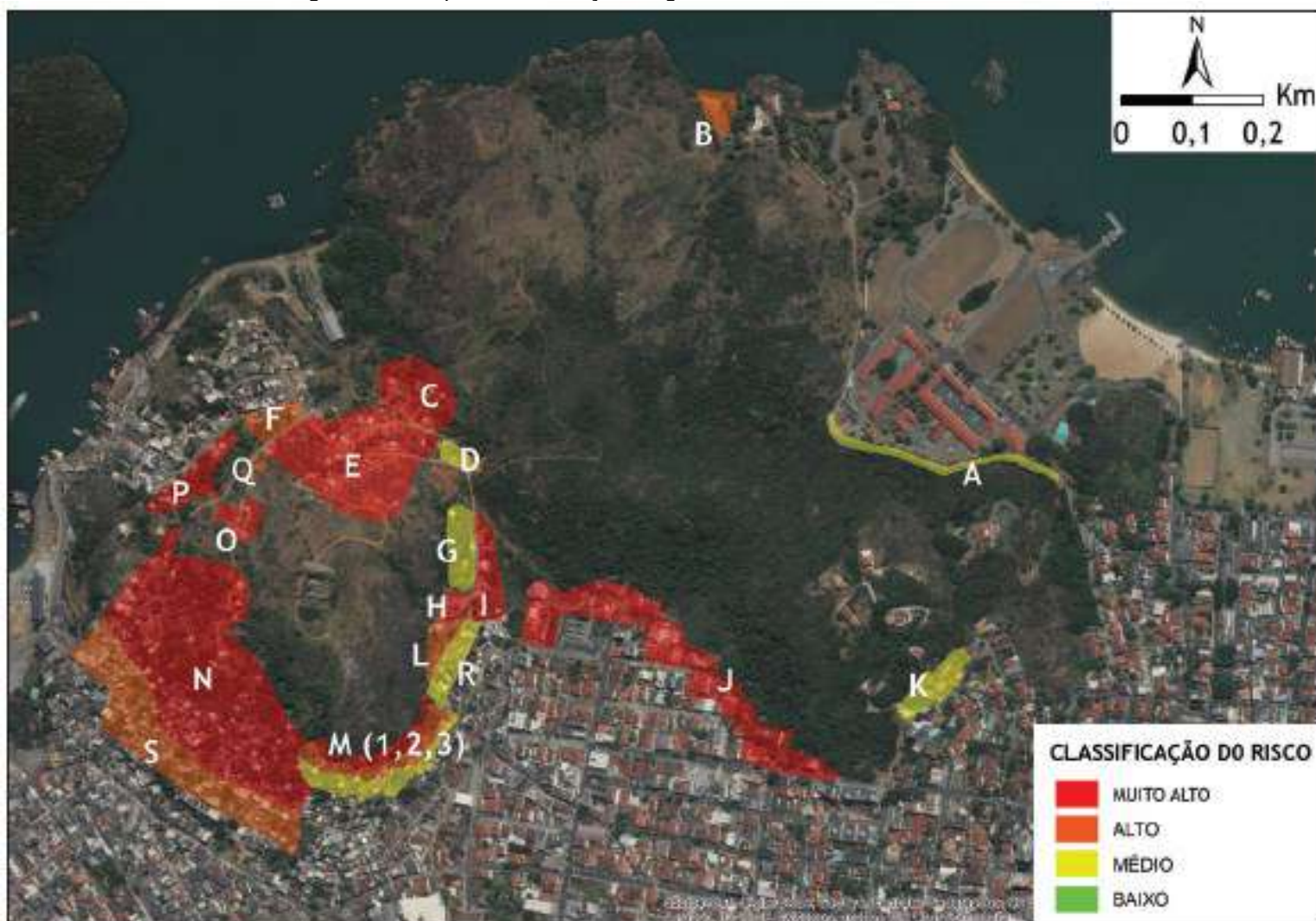
Ressalta-se que, observando a representação gráfica dessa mesma Figura, é possível notar-se a existência de edificações construídas sobre a mancha delimitando a área de baixa aptidão. Isso possivelmente se deve ao fato de a carta geotécnica ter sido concebida em 2015, enquanto a base cartográfica utilizada na Figura 22, oriunda do *Google Satellite*, é datada de 2023; o que indica um provável avanço de ocupações irregulares sobre áreas de suscetibilidade que se deram nesse intervalo de tempo, consequentemente produzindo novas áreas de risco e aumento no número de pessoas vulneráveis a riscos geológicos.

Figura 22 – Carta Geotécnica de aptidão SGB/CPRM – Município de Vila Velha – ES. Destaque para o Maciço de Jaburuna.



Origge *et al.* (2020), no ano de 2017, revisitaram a área do complexo de maciços rochosos em Jaburuna e propuseram uma nova setorização de áreas impróprias para ocupação urbana. Os autores empregaram a metodologia proposta pelo Ministério das Cidades/IPT (BRASIL, 2007), adaptado com outras abordagens complementares, para hierarquizar os riscos existentes na área em função da declividade, tamanho dos blocos, quantidade de blocos rochosos por 100 m², presença de ocupação e outros fatores predisponentes de escorregamentos. Como resultado obtido, foram identificados 21 setores de risco suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de terra e de rocha na área em questão, conforme Figura 23 a seguir.

Figura 23 – Mapa de setorização de grau de risco do Morro do Jaburuna.

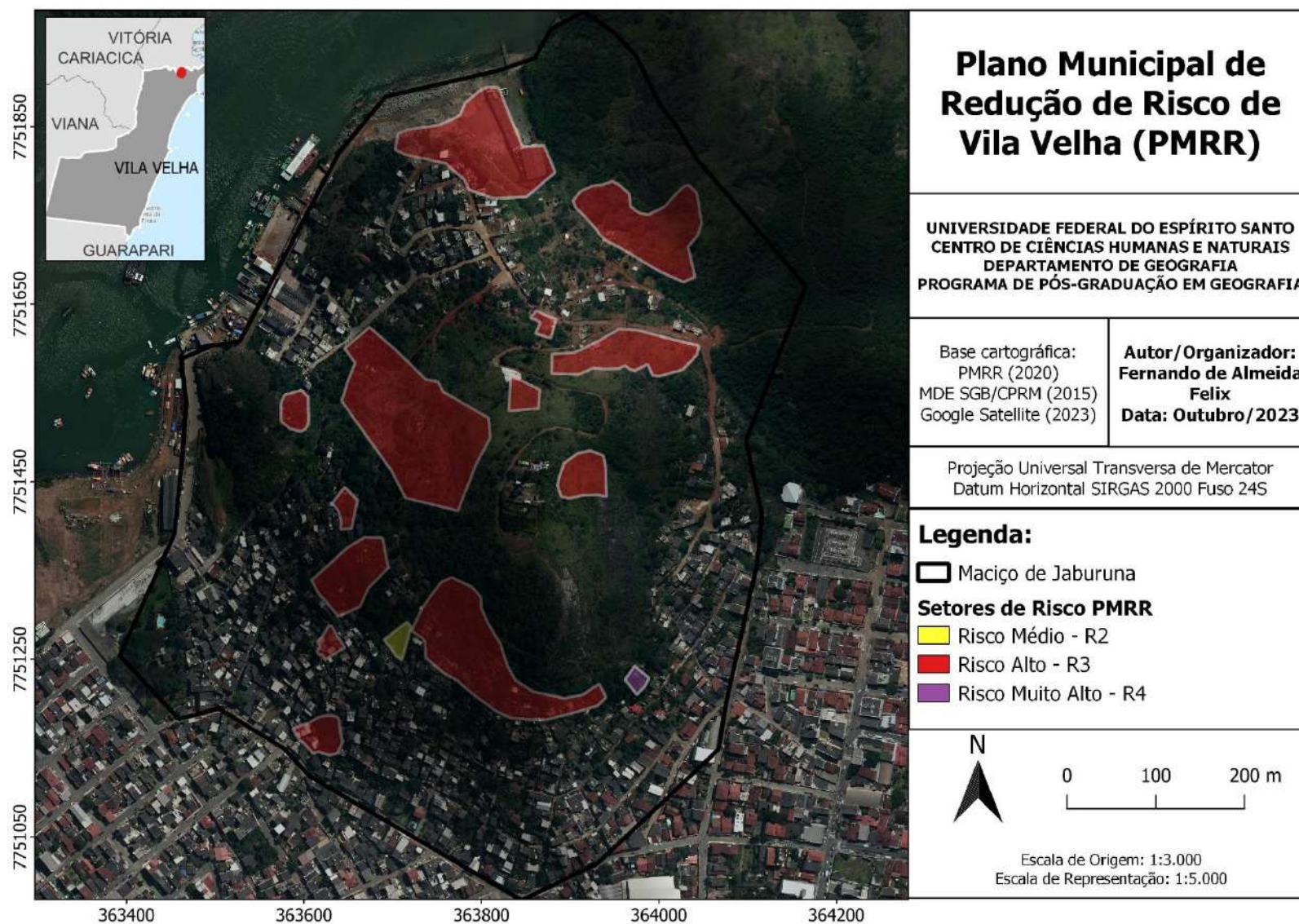


Fonte: Mapa elaborado por Origge *et al.* (2020).

No ano de 2020, foi publicado o Plano Municipal de Redução de Risco de Vila Velha (PMRR), elaborado por empresa contratada pela prefeitura municipal, apresentando como produtos o mapeamento de setores de risco suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e processos geodinâmicos correlatos; projetos conceituais de propostas de intervenções estruturantes para as áreas de risco identificadas e suas estimativas de custos de execução; e apontamento de medidas não estruturais de redução de risco. Essa setorização de risco seguiu a metodologia proposta pelo Ministério das Cidades/IPT (BRASIL, 2007), e obteve como resultado a identificação de 103 setores de risco em todo o município. No maciço de Jaburuna, foram indicados 15 setores, classificados como áreas de risco médio (R2), risco alto (R3) e risco muito alto (R4), conforme mapa da Figura 24 (VILA VELHA, 2020).

Em ação realizada pela Defesa Civil municipal, foi promovido o cadastramento familiar dos moradores das áreas mapeadas pelo PMRR, onde se buscou conhecer o perfil familiar dos moradores dos setores de risco, identificando a localização de seu imóvel, a situação de saúde e vulnerabilidade de cada membro familiar, faixa etária, além de verificar a existência de moradores assistidos por algum programa social. Nas áreas de risco existentes no Maciço de Jaburuna, foram cadastradas 66 famílias, totalizando 211 pessoas (VILA VELHA, 2022b).

Figura 24 - Mapeamento de risco do PMRR – Município de Vila Velha – ES. Destaque para o Maciço de Jaburuna.



4 REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO

Neste capítulo, procuramos relacionar o objetivo desta pesquisa, isto é, os estudos de correlação com a aplicação na gestão de Redução de Riscos de Desastres e sua fundamentação teórica, por meio da revisão bibliográfica de trabalhos análogos realizados em outras localidades. Por fim, realizamos as devidas considerações metodológicas a respeito da nossa pesquisa, bem como relacionamos os materiais e métodos empregados para o desenvolvimento dos capítulos finais desta dissertação.

4.1 Monitoramento de riscos geológicos e os índices para emissão de alertas

A implementação de um sistema de alerta antecipado para a perspectiva de ocorrência de movimentos de massa, considerando como principal agente deflagrador a pluviosidade, passa por responder a seguinte pergunta: qual a quantidade de chuva necessária para provocar um processo geodinâmico? A resposta a essa pergunta é fundamental para as ações de Proteção e Defesa Civil em um contexto de anormalidade (risco de desastre), pois, a partir do monitoramento dos índices pluviométricos (chuva horária e acumulada), em conjunto com informações de previsão meteorológica, vistorias de campo e atendimentos de emergência, se possibilita com maior grau de precisão o planejamento de ações de evacuação de populações vulneráveis habitantes em áreas de riscos geológicos (MENDES et al., 2015).

Contudo, responder a essa pergunta requer a inserção de outras incógnitas além dos índices pluviométricos, pois, segundo Temóteo (1993), outros fatores importantes que influenciam na deflagração dos movimentos de massa, e que eles ocorrem em escala regional e local – como a geologia e geomorfologia, a vegetação, os aspectos climáticos e a atividade antrópica, o que torna o estabelecimento de limiares críticos uma tarefa complexa.

4.2 Correlações de base empírica e física

A inferência de que os processos geodinâmicos são governados por fatores que se diversificam de região para região tem motivado a realização de estudos que buscam compreender a correlação existente entre movimentos de massa e pluviosidade em diversas localidades e ao longo dos anos.

Esses estudos, de modo geral, objetivam a determinação de índices mínimos representativos de chuva crítica a qual possui maior probabilidade de ocorrência de movimento de massa. O índice, também chamado de limite ou limiar é, conforme conceituação proposta pelo Projeto GIDES (BRASIL, 2018a):

A representação gráfica da fronteira teórica que separa a zona segura (onde os índices de chuva efetiva apontam para menor probabilidade de evento) e a zona insegura (onde os índices de chuva efetiva apontam para maior probabilidade de evento) (BRASIL, 2018a, p. 29).

Esses limiares, de acordo com Guzzetti *et al.* (2007), podem ser determinados por meio de modelos baseados em processos físicos ou empiricamente a partir da combinação entre séries históricas de precipitação e/ou bases estatísticas e registros de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, com as devidas limitações e vantagens existentes em cada uma dessas metodologias.

Os modelos de base física, ainda segundo Guzzetti *et al.*, utilizam de modelagens de estabilidade de taludes incorporadas a modelos de infiltração para definição de limiares pluviométricos críticos. Uma dessas metodologias de estabilidade de taludes é o modelo de talude infinito, que consiste na investigação de um talude modelo em que uma de suas dimensões geométricas seja muito maior do que as outras, estimando a ruptura a partir da medição da precipitação e cálculo das taxas de infiltração das águas das chuvas.

Para esse tipo de método, contudo, faz-se necessário, para fins de melhor calibração dos resultados almejados, a obtenção de dados geológicos e geotécnicos do solo em questão, bem como o levantamento de informações detalhadas a respeito de características hidrológicas, litológicas e morfológicas da região investigada, normalmente difíceis de se encontrarem disponíveis. Outra limitação para esses modelos de base física é no que diz respeito ao desempenho da modelagem, que tem maior eficácia na representação de deslizamentos rasos, e que possuem características geométricas mais condizentes com as da definição do método dos taludes infinitos, de aproveitamento menor quando da previsão de escorregamentos profundos. Além disso, está presente também nesse modelo a dificuldade de representar matematicamente alguns aspectos e processos físicos, como as estruturas geológicas (GUZZETTI *et al.*, 2007; MASSAD, 2003; VIEIRA e MARTINS, 2016).

No que diz respeito aos modelos empíricos, conforme Guzzetti *et al.* (2007), a fixação dos limiares pluviométricos é definida mediante o estudo de eventos de chuvas que resultaram em movimentos de massa. Segundo Silva (2014b), a correlação entre os índices pluviométricos e os eventos de deslizamento deflagrados por esses fenômenos é representada por meio de limiares traçados em gráficos semilogarítmicos ou logarítmicos; sendo que, com a adição de dados de precipitação que não resultaram em escorregamentos, é possível estimar um limiar com a separação das condições pluviométricas críticas de estabilidade da encosta. Além disso, ainda de acordo com Silva (2014b), o número de escorregamentos desencadeados também pode ser utilizado como um dado para construção de um limiar.

Esse modelo tem como limitação, conforme apontam Vieira e Martins (2016), o fato de se considerar a chuva como único agente deflagrador dos escorregamentos, o que faz com que os resultados obtidos por esse modelo possam não ser capazes de explicar a distribuição e magnitude desses processos geodinâmicos, por não incluir características físicas do meio em seu modelo, como as propriedades do solo. Vieira e Martins também ressaltam a exigência de se dispor de séries de dados extensos de pluviosidade e do mapeamento de movimentos de massa para a aplicação do modelo de correlação.

O ponto crucial, segundo Silva (2014b), para a construção de um modelo empírico é a fixação da intensidade da chuva, ou seja, a quantidade de precipitação acumulada em um período, usualmente medida em milímetros por hora. A autora ressalta a dificuldade de se determinar a duração do período de observação da intensidade das chuvas, pois esse fator pode gerar resultados com significados físicos diferentes: para períodos curtos, a intensidade de chuva medida pode representar uma medida instantânea da taxa de pluviosidade, ou uma média de precipitação ao longo de horas, dias ou intervalos maiores; para períodos de observação mais longos, a intensidade pluviométrica representa um valor médio que subestima a taxa de precipitação máxima ocorrida durante o período.

Quanto à abrangência territorial dos modelos empíricos, de acordo com Guzzetti *et al.* (2007) e Silva (2014b), os limiares pluviométricos podem ser divididos em:

- Limiares globais, que tendem a definir um nível mínimo geral, sob o qual abaixo dele não ocorre deslizamentos, independente das características litológicas e

morfológicas da região, além de suas variedades, do uso do solo e do regime local ou regional de chuvas;

- Limiares regionais, que buscam determinar os limites pluviométricos para regiões de poucos ou muitos quilômetros quadrados de extensão de áreas com características meteorológicas, climáticas e fisiográficas semelhantes, com grande potencial para subsidiar a implementação de sistemas de alerta de deslizamento;
- Limiares locais, que consideram áreas específicas com configuração geomorfológica e regime climático próprios, cujos limites são aplicáveis para previsão de escorregamentos individuais ou para grupos de escorregamentos em áreas de extensão de poucos quilômetros quadrados.

Silva (2014b) assevera que não existe um intervalo de tempo ideal para caracterizar as condições pluviométricas em que são prováveis as ocorrências de escorregamentos, tendo cada região o seu intervalo de tempo ótimo, inviabilizando a comparação de limiares de pluviosidade entre localidades diferentes.

De fato, conforme apontam Vieira e Martins (2016), existe a dificuldade de se implementar esse modelo em circunstâncias fora da faixa dos dados originais, o que limita a modelagem a aplicações em outras áreas com registros pluviométricos diversos.

Devido a essas limitações, impõe-se a necessidade de se realizar estudos de acordo com as características próprias de cada região ou área, de modo a estabelecer correlações empíricas com maior lastro na realidade.

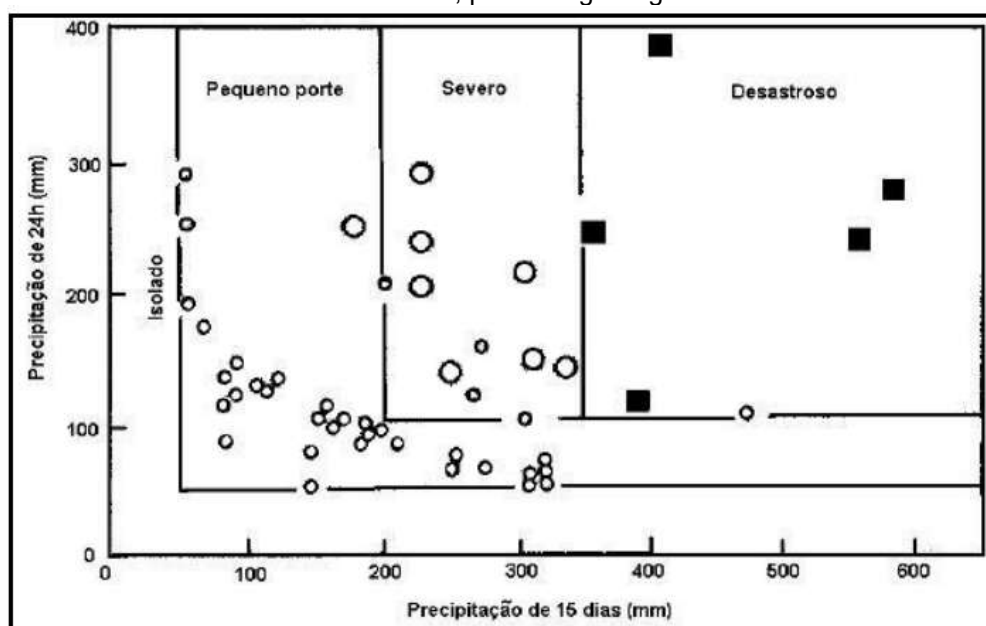
4.3 Estudos de correlação entre chuvas e movimentos de massa

A temática relacionada à correlação entre a pluviosidade e os processos geodinâmicos têm sido objeto de estudo desde a década de 1960 (TATIZANA *et al.*, 1987a), em localidades em que normalmente tiveram sido afetadas por eventos desastrosos, com diversos prejuízos sociais e econômicos. Os principais objetivos desses estudos, de acordo com Marchezini *et al.* (2020), são a obtenção de valores de limiares críticos que possibilitem a análise de comportamento da chuva deflagradora de processos geodinâmicos, permitindo a emissão de alertas às populações expostas aos riscos, o acionamento de planos de contingência e

planejamentos de ações de evacuação, inserindo-se nas ações de gestão de Redução de Riscos de Desastres.

As primeiras pesquisas representativas nessa área ocorreram em Hong Kong, que fora afetada por eventos catastróficos em 1972. De acordo com Pedrosa (1994), o primeiro estudo a apontar a relevância na correlação entre deslizamentos e chuvas antecedentes foi a investigação desenvolvida por Lumb (1975), ao postular que a infiltração de águas pluviais e consequente saturação do solo é a causa primordial de eventos de ruptura de taludes, com especial atenção para o volume pluviométrico acumulado, potencializador da redução gradativa de resistência efetiva dos solos; por meio de sua pesquisa, que envolveu a catalogação de eventos de movimentos de massa ocorridos na região entre os anos de 1950 e 1973. Lumb classificou esses eventos de acordo com o volume de chuva registrado nas primeiras 24 horas do dia da ocorrência e nos 15 dias antecedentes, em função da quantidade de processos geodinâmicos registrados em cada evento, categorizados como isolados (ocorrência única), de pequeno porte (<10 ocorrências), severos (10 -50 ocorrências) e desastrosos (> 50 ocorrências). A modelagem proposta pelo autor evidencia que eventos severos e desastrosos tendem a ocorrer quando a chuva acumulada nos quinze dias antecedentes ultrapassa 200 e 350 mm, respectivamente, deflagrados quando a pluviosidade nas 24 horas ultrapassa os 100 mm, conforme se observa na Figura 25.

Figura 25 – Gráfico de Correlação da Precipitação Acumulada de 15 dias x Precipitação no dia da ocorrência, para Hong Kong.



Fonte: Lumb (1975), *in* Castro (2006) (adaptado).

Lumb (1975) apontou a prevalência de fatores combinados determinantes para a ocorrência de eventos de deslizamentos para o caso de Hong Kong: topografia, regime de chuvas locais, geologia e uso do solo, além de inferir que os solos de origem vulcânica da região são mais propensos a processos geodinâmicos generalizados que os de origem granítica, que obtiveram mais registros de eventos isolados. O autor também indica que o maior número de eventos registrados nas áreas urbanas é fruto da combinação entre o intenso desenvolvimento nessas áreas que tendem a elevar a suscetibilidade a riscos e índices pluviométricos mais altos, em comparação à parte rural de Hong Kong.

Nilsen e Turner (1975) investigaram a influência da pluviosidade na deflagração de deslizamentos de solo nas áreas urbanas do condado de Contra Costa, Califórnia, e a sua relação com o uso e ocupação do solo em áreas de depósito de solo transportado por deslizamentos antigos (solos coluvionares); por meio da avaliação de eventos chuvosos (tempestades), registros de pluviosidade acumulada por estação e processos geodinâmicos que provocaram danos à infraestrutura urbana no período de 1950-1971. Os autores apontam que os principais fatores que induzem a deflagração de deslizamentos são o grau de inclinação das vertentes, que tendem a ocorrer quando estes são superiores a 15%, e a natureza da rocha sã, em cujos processos geomorfológicos promovam a formação de solos mais suscetíveis a movimentos de massa. A análise de Nilsen e de Turner sugere que os cortes e a adição de água para execução de aterros nas vertentes de depósitos de solos coluvionares são fatores predisponentes para ocorrência de movimentos de massa, e que o mapeamento de área de solos originados de processos de deslizamentos antigos pode ser útil na previsão de novas ocorrências. Os autores concluem que o padrão de distribuição de chuvas durante a estação úmida é mais importante do que a quantidade total acumulada por estação, sendo que, em chuvas com intensidade superiores a 7 pol. (180 mm), após acumulados pluviométricos de cerca de 10 pol. (250 mm) ou superior sem longos períodos secos, são mais prováveis a ocorrência de eventos de deslizamentos generalizados nas áreas analisadas.

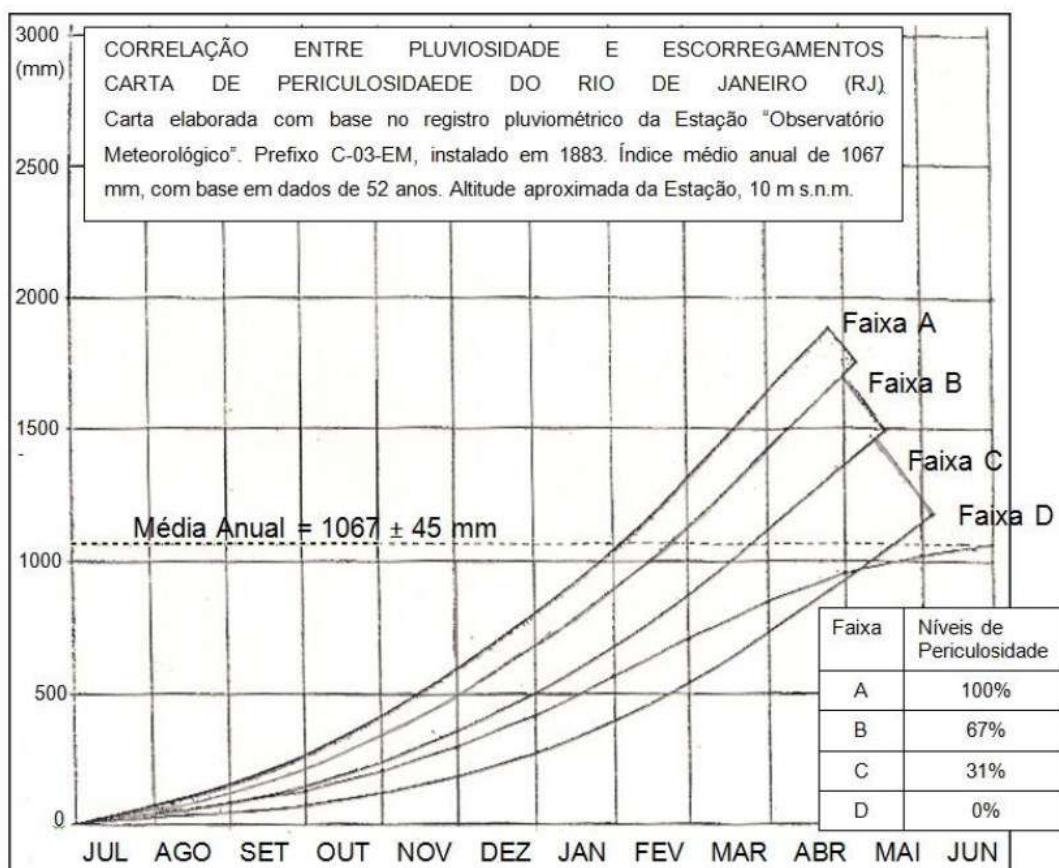
No Brasil, a experiência pioneira na temática das correlações entre pluviosidade e movimentos de massa ocorreu com Guidicini e Iwasa (1976), que realizaram estudos estatísticos de registros de chuvas e processos geodinâmicos ocorridos em diferentes regiões brasileiras, mais especificamente as áreas de

Caraguatatuba (SP), Baixada Santista (SP), Rodovia dos Imigrantes (SP), Rodovia Anchieta (SP), Serra de Maranguape (CE), Rio de Janeiro (RJ), Serra das Araras (RJ), Sul de Minas (MG) e Vale do Tubarão (SC). Essa pesquisa avaliou a influência, para os 101 eventos selecionados pelos autores, da pluviosidade acumulada nos 3, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias antecedentes aos movimentos de massa deflagrados. A fim de promover uma homogeneização dos dados provenientes de diferentes localidades, os autores introduziram coeficientes que correlacionam os dados de chuva na data de ocorrência de cada evento, de chuva acumulada até a data do evento e as médias anuais pluviométricas de cada região. Com base nisso, eles propuseram faixas de risco A, B, C e D, em que a combinação desses coeficientes corresponde com a probabilidade de ocorrência de escorregamentos em 100, 85, 33 e 0%, respectivamente.

Guidicini e Iwasa (1976) apontam que o histórico de pluviosidade intensa de uma região antes de um episódio de movimento de massa tem significativa influência na ocorrência desses eventos, uma vez que permite a avaliação de risco potencial de escorregamento antes da ocorrência da chuva que efetivamente deflagrará o processo geodinâmico, ainda que em presença de chuvas horárias de intensidade baixa. Contudo, os autores ressaltam que o gradiente de pluviosidade normalmente se apresenta com acentuada elevação próximo ao episódio, com tendência à estabilização em períodos superiores a 30 dias antecedentes ao evento.

A partir desse estudo, foram construídas cartas de periculosidade associadas a cada uma das áreas analisadas, conforme exemplo da Figura 26, tornando-se assim uma das primeiras pesquisas a produzir índices de correlação para subsidiar ações de gestão de riscos e desastres no país.

Figura 26 – Carta de Periculosidade – Rio de Janeiro.

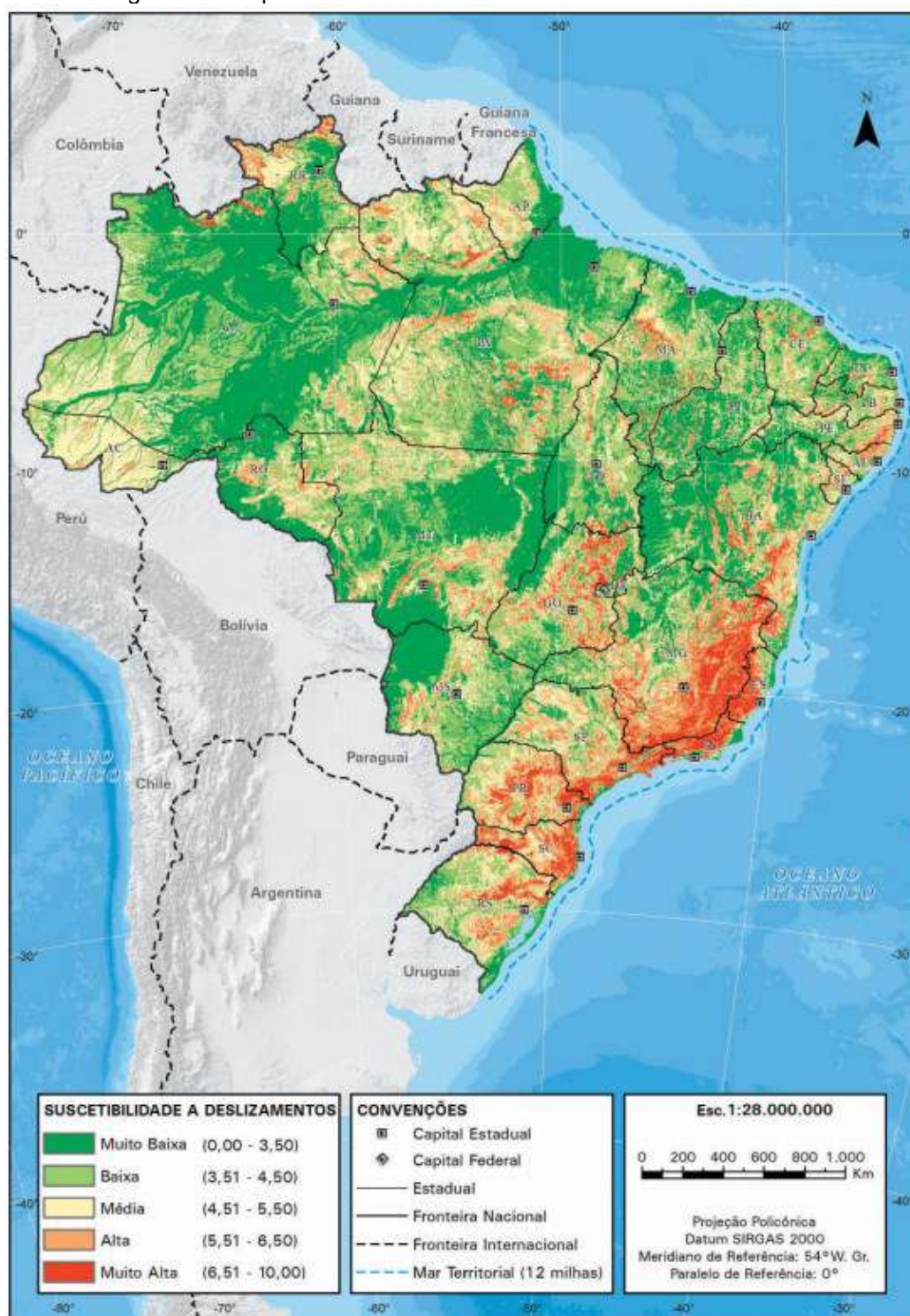


Fonte: Guidicini e Iwasa (1976), *in* Silva (2014b) – adaptado.

Macedo e Sandre (2022), em seu estudo, observaram que grande parte dos eventos de deslizamentos no Brasil com vítimas ocorre em cidades localizadas nas regiões serranas e litorâneas com áreas serranas, geralmente municípios de grande população e com alta suscetibilidade a movimentos de massa.

De acordo com o mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil elaborado pelo IBGE (2019), conforme se observa na Figura 27, o maior percentual de áreas com magnitude alta e muito alta de suscetibilidade à ocorrência de processos geodinâmicos está concentrado nas regiões sul e sudeste, constituindo áreas com grande potencial para ocorrência de desastres e prejuízos socioeconômicos.

Figura 27 - Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil.



Fonte: IBGE (2019).

Em função disso, boa parte da literatura técnico-científica a respeito de correlação entre movimentos de massa e pluviosidade tem sido produzida para essa faixa territorial brasileira. Uma das principais áreas estudadas tem sido a região da Serra do Mar, que possui um histórico de episódios recorrentes de deslizamentos, conforme estudos de Tatizana *et al.* (1987a e 1987b), Santoro *et al.* (2010), Molina *et*

al. (2015), Metodiev *et al.* (2018), D'Orsi (2011), Guerra *et al.* (2009) e Oliveira *et al.* (2016).

Faixa costeira localizada entre as áreas litorâneas do Rio de Janeiro e Santa Catarina e parte do Planalto Atlântico, modificada por tectonismo na forma de uma cordilheira de montanhas, estas por sua vez formadas por *necks* cônicos, escarpas e encostas íngremes, a região conhecida como Serra do Mar possui um dos mais notáveis relevos característicos do cinturão tropical úmido, que recebe em média cerca de 2000 mm de pluviosidade anual em seu território (DE PLOEY E CRUZ, 1979).

De Ploey e Cruz (1979), em seu estudo para a região da Serra do Mar, mais precisamente a área do município de Caraguatatuba/SP, apontaram a relação direta entre o relevo característico do local, a pluviosidade acentuada anual e a ocorrência de episódios de deslizamentos.

Tatizana *et al.* (1987a e 1987b) foram um dos primeiros a realizar estudos de determinação de correlação entre movimentos de massa e índices pluviométricos para uma localidade da região da Serra do Mar, o município de Cubatão/SP e redondezas, em que se foi analisado comportamento dos deslizamentos registrados em um período de 30 anos.

Os dados pluviométricos nesse período à disposição dos autores foram selecionados de modo a considerar como evento chuvoso significativo a pluviosidade com valores superiores a 100 mm em 1 dia, 150 mm em 2 dias ou 200 mm em 3 dias, o que resultou em 35 eventos notáveis utilizados nessa pesquisa, dos quais foram registradas as ocorrências de deslizamentos por meio de avaliação de relatórios governamentais, mídia impressa, iniciativa privada e por informação verbal.

Os objetivos que Tatizana *et al.* propuseram-se a buscar nesse estudo foram os de definir o número de dias antecedentes ao processo geodinâmico registrado que apresentam influência efetiva na deflagração desse escorregamento, o qual foi concluído pelos autores que o número que melhor apresenta a dispersão de chuva, o acumulado de 4 dias anteriores, em função das características meteorológicas e geotécnicas daquela localidade; e a relação numérica entre o acumulado de pluviosidade e intensidade horária para os casos de movimento de massa, a qual determinou-se a seguinte função representativa do modelo proposto:

$$I(AC) = K \cdot AC^{-0,933}$$

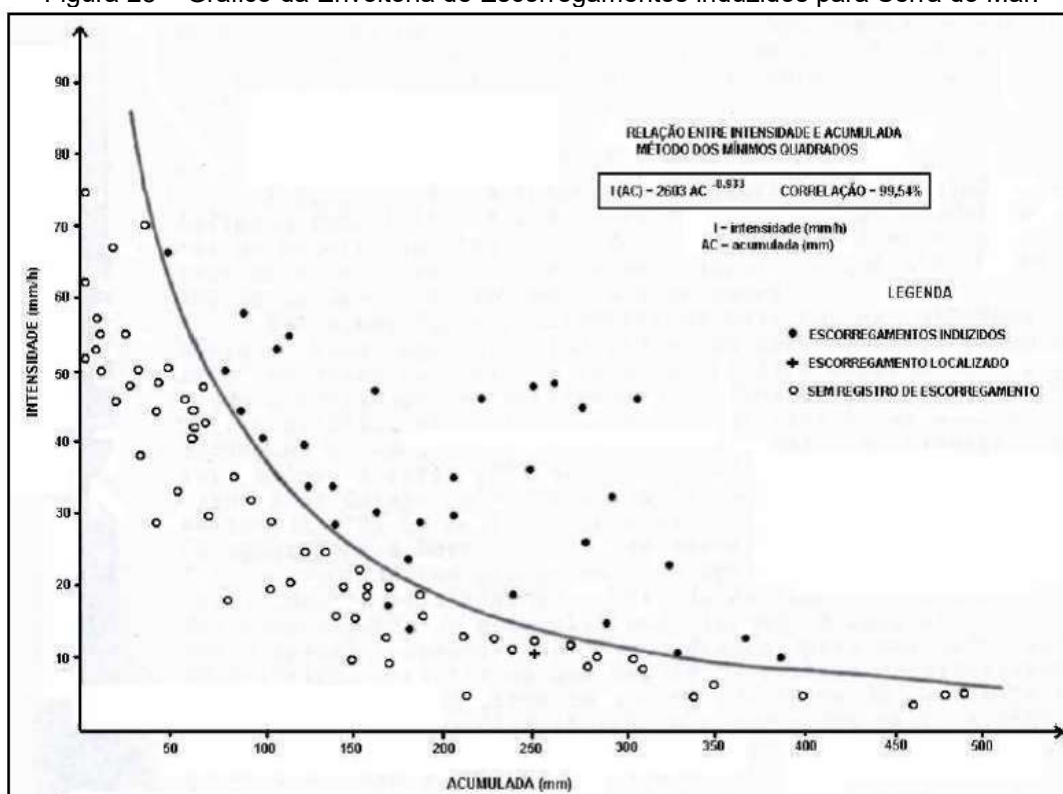
Sendo **I** = intensidade horária para deflagração de escorregamentos (mm/h); **AC** = registro de chuva acumulada nos 4 dias anteriores (mm); e **K** = constante

dependente das condições geotécnicas das encostas e da intensidade do movimento de massa, que variam de acordo com os modelos de ruptura, assumindo valores de 2603, 3579, 5466 e 10646 para escorregamentos induzidos, escorregamentos esparsos, escorregamentos generalizados e corridas de lama, respectivamente.

A concepção dessa função matemática possibilitou, assim, a construção de uma envoltória para cada tipologia de deslizamento determinado pelos autores, considerando que os escorregamentos induzidos consistem em eventos relacionados a quedas de barreira e deslizamentos em áreas urbanas – conforme diagrama da Figura 28; os escorregamentos esparsos, que ocorrem em maiores intensidades de chuva e avançam sobre as encostas naturais de modo pontual; os escorregamentos generalizados, que representam a condição de movimentação do solo de encostas naturais mais intensas que as registradas em escorregamentos esparsos; e as corridas de lama, relativas ao transporte de lama e rocha depositados em vales e talvegues resultantes de escorregamentos generalizados – conforme diagrama da Figura 29.

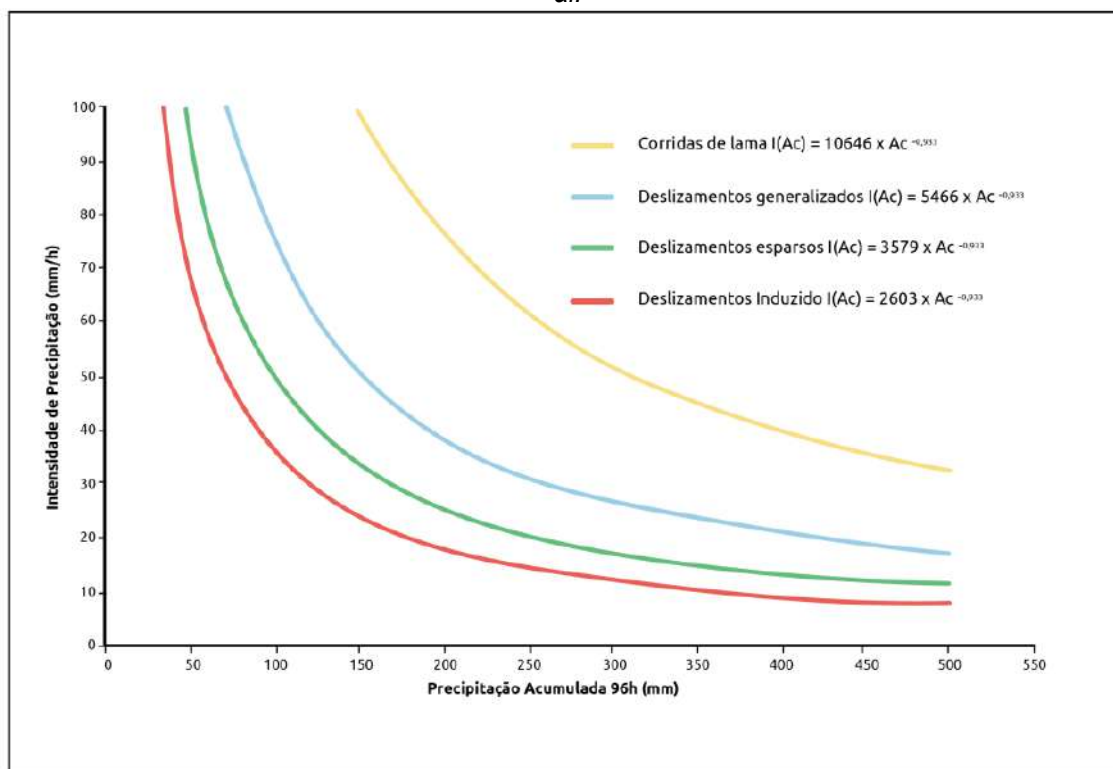
Tatizana *et al.* (1987a e 1987b) também desenvolveram o Coeficiente de Precipitação Crítica (CPC), parâmetro adimensional estabelecido para facilitar o acompanhamento de eventos chuvosos, ao medir a suscetibilidade de ocorrência de escorregamentos em função da evolução da pluviosidade. Essa relação é dada pela expressão $CPC = I_i / I_{ci}$, onde I_i é a intensidade horária da chuva (mm/h) na hora i e I_{ci} é a intensidade horária crítica para a ocorrência de escorregamentos induzidos, que é dada pela expressão anteriormente apresentada $I (AC)$.

Figura 28 – Gráfico da Envoltória de Escorregamentos induzidos para Serra do Mar.



Fonte: Tatizana *et. al* (1987a), in Castro (2006).

Figura 29 – Envoltórias de escorregamentos, de acordo com a modelagem proposta por Tatizana *et al.*



Fonte: Brasil (2022c), baseado em Tatizana *et al.* (1987a e 1987b).

De acordo com Santoro *et al.* (2010), os resultados de correlação obtidos por Tatizana *et al.* (1987a e 1987b) foram extrapolados para toda a região da Serra do Mar, que serviram como parâmetro técnico para operacionalização do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) específico para escorregamentos nas encostas nessa região, do Estado de São Paulo. O PPDC tem por objetivo promover e planejar ações de preparação para desastres, como remoção preventiva e temporária da população que ocupa as áreas de riscos, por meio do monitoramento de índices pluviométricos (CERRI *et al.*, 2023). O Quadro 6 esquematiza as principais ações de cada nível do referido plano.

Quadro 6 – Níveis de ativação do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) e principais ações correspondentes.

NÍVEL DO PLANO	PRINCIPAL AÇÃO CORRESPONDENTE
Observação	Acompanhamento dos índices pluviométricos e da previsão meteorológica
Atenção	Vistorias de campo nas áreas de risco anteriormente identificadas
Alerta	Remoção preventiva da população instalada nas áreas de risco iminente, indicadas pelas vistorias de campo
Alerta Máximo	Remoção preventiva de toda a população instalada nas áreas de risco

Fonte: Cerri et al. (2023).

O Decreto Nº 30.860 (SÃO PAULO, 1989) estabelecia que a ativação do PPDC de Alerta Máximo ocorreria de acordo com as seguintes diretrizes técnicas:

- Para os municípios de Santos, São Vicente e Guarujá, o indicador que operacionalizaria o Plano é o de acumulado de chuva de 100 mm em um período de 3 dias;
- Para Caraguatatuba, Ilha Bela, São Sebastião e Ubatuba, esse índice é de 120 mm para 3 dias;
- Para Cubatão, adotou-se o critério de acompanhamento do Coeficiente de Precipitação Crítica (CPC), tendo como referência crítica, os valores de CPC 0,5; 1,0 e 1,4.

Eventualmente, o PPDC foi atualizado para a inclusão de mais municípios, com a definição de novos critérios técnicos de chuva acumulada, em 72 horas (3 dias), para ativação do plano, considerando os limiares de: 80 mm, para as regiões de Campinas, de Sorocaba e do Vale do Paraíba (Serra da Mantiqueira; 100 mm, para as regiões da Baixada Santista, do ABCD e do Vale do Paraíba (Vale e Vale Histórico); e 120 mm para a região do Litoral Norte (SANTORO *et al.*, 2010; SÃO PAULO, 1997).

Santoro *et al.* (2010), ao analisarem a correlação estabelecida como diretriz técnica para operacionalização do PPDC em sua atuação entre 2000 e 2010, concluíram que os eventos registrados nesse período obtiveram resultados ótimos de correlação para dados de chuva acumulada de 72 horas, cujos pontos plotados ficaram sobre a envoltória proposta pela modelagem de Tatizana *et al.* (1987a e 1987b), revalidando esses parâmetros estabelecidos para a implementação do PPDC. No entanto, o estudo também apontou que se deve adotar limiares críticos mais conservadores para a ativação do Plano, em vistas da antecipação de ações de vistorias de campo, recomendando a mudança da faixa de valores dos índices críticos de precipitação, de 80 para 60 mm/72h e de 120 para 100 mm/72h, conforme as diferentes regiões abrangidas por esse plano de contingência específico.

Considerando que o Plano Preventivo de Defesa Civil de São Paulo baseia seus critérios técnicos de operação em um estudo originalmente voltado para o município de Cubatão, sendo expandido para toda a região da Serra do Mar e outras localidades com aspectos geológicos, geomorfológicos e meteorológicos diversos, é natural supor que haja alguma incompatibilidade nos modelos de previsão aplicados a essas áreas.

Mendes *et al.* (2015), por meio seu estudo de correlação para o município de São José dos Campos (Vale do Paraíba), no período de 2009 a 2013, recomendaram a adoção de limiares críticos de chuva mais conservadores, isto é, com valores menores dos que os utilizados para o local no plano de contingência.

Molina *et al.* (2015), a partir de base de dados de ocorrências de deslizamentos no período de 2003 a 2012, determinaram a relação precipitação-deslizamento para o município de São Bernardo do Campo (região do grande ABCD), de modo a apontar como limiares críticos mais bem ajustados ao modelo empírico os valores de 50 mm de chuva acumulada em 1 dia e 150 mm de chuva em 4 dias antecedentes como parâmetros que melhor representam a curva de ocorrência de movimentos de massa relacionados à precipitação.

Ao analisar os eventos de movimentos de massa ocorridos na região do Litoral Norte paulista entre os anos de 2014 e 2018, Metodiev *et al.* (2018) apontaram que, de acordo com a tipologia do movimento de massa (deslizamento translacional e rotacional, natural e induzido, e corrida de massa), magnitude do volume de material mobilizado e do nível de impacto e dano, os valores críticos de deflagração desses processos geodinâmicos deveriam ser reduzidos, em função de uma melhor

operacionalização do PPDC. Contudo, os autores ressaltam que a diminuição dos valores de limiares críticos indistintamente pode proporcionar uma elevação no número de alertas emitidos de eventos que não serão associados a ocorrência de deslizamentos, diminuindo a precisão desse sistema.

Em estudo realizado em Mauá, município pertencente à região do ABCD paulista, Damasceno *et al.* (2021) avaliaram que as condições de pré saturação do solo e a distribuição de chuva acumulada nos dias anteriores aos desastres (de 2 a 5 dias) são determinantes para a deflagração de deslizamentos generalizados, mas que, no entanto, os critérios de deflagração de movimentos de massa são restritivos quando o total de chuva diária é de 35 mm, que aumenta a probabilidade de ocorrências independentemente do valor acumulado nos dias anteriores, e que uma chuva com intensidade pluviométrica superior a 70 mm é suficiente para deflagração de processos geodinâmicos, considerando períodos sem chuva nos dias anteriores.

O Estado do Rio de Janeiro também possui um histórico recorrente de desastres relacionados a deslizamentos e à pluviosidade, muitas vezes com prejuízos sociais catastróficos, sendo o estado com maior número de acidentes geológicos com vítimas fatais, apresentando 3,8 vezes mais óbitos registrados que o segundo colocado, São Paulo (MACEDO e SANDRE, 2022).

Na cidade do Rio de Janeiro, em 1996, foi criado o Alerta Rio, um sistema de alerta antecipado de chuvas intensas e de deslizamentos em encostas, gerenciado pela Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (GEORIO), e que tem como objetivo realizar a emissão de boletins de alerta à população, quando da ocorrência de previsões de chuvas significativas com potencial para gerar inundações de vias públicas e movimentos de massa, por meio de monitoramento automático e ininterrupto da pluviosidade, em intervalos de 15 minutos (RIO DE JANEIRO, c2023). Inicialmente, o estudo realizado por D'Orsi *et al.* (1997) propôs um índice de correlação entre pluviosidade e deflagração de processos geodinâmicos, baseado na modelagem elaborada por Tatizana *et al.* (1987a e 1987b) e modificada para as condições da cidade do Rio de Janeiro, o critério de chuva de intensidade de 50 mm/h, independentemente da pluviosidade acumulada nas 96 horas anteriores. Os limiares críticos utilizados atualmente para emissão de alerta adotados pela GEORIO para operacionalização do Alerta Rio podem ser observados no Quadro 7.

Quadro 7 – Limiares críticos utilizados pelo GEORIO para emissão de alertas de deslizamentos, de acordo com os níveis de pluviosidade de risco (R1, R2 e R3).

R1 (mm/h)	R2 (mm/24h)	R2 e R3 (mm/24h e mm/96h)	Nível de Alerta
25-50	85-140	25-50 e 140-220	Moderado
50-80	140-220	50-100 e 220-300	Alto
> 80	> 220	> 100 e > 300	Muito Alto

Fonte: Calvello *et al.* (2015).

Guerra *et al.* (2009), como um dos elementos para criação de um sistema de alerta antecipado de risco de deslizamentos e inundações no município de Petrópolis (RJ), propôs um índice de correlação entre a pluviosidade e a possibilidade de deflagração de movimentos de massa, de modo a produzir alertas de risco quando os índices pluviométricos acumulados atingirem 60 mm em 24h, 100 mm em 48h ou 140 mm em 72h.

Oliveira *et al.* (2016) apresentou, para o estudo de caso do município de Nova Friburgo (RJ), uma correlação chuva-deslizamento definida por meio da análise dos dados de eventos chuvosos e de ocorrências registradas, de modo a concluir que pluviometrias acumuladas de 40 mm em 24h; ou 60 mm em 48h; ou 80 mm em 72h; ou 100 mm em 96h, são limiares críticos em que há grande probabilidade de deflagração de movimentos de massa.

Com o intuito de fornecer parâmetro técnico para implementação de sistema de alarmes de sirene para prevenção de desastres relacionados a escorregamentos de terra para Duque de Caxias (RJ), Hassan *et al.* (2017) propôs, com base na modelagem desenvolvida por Tatizana *et al.* (1987a e 1987b), que o modelo que melhor reproduz a ocorrência de deslizamentos nas encostas do município em eventos chuvosos considera os acumulados de três dias antecedentes a um processo geodinâmico deflagrado. A envoltória construída pelos autores se comporta conforme a equação $I = 45 e^{-0,011A}$, onde I é a precipitação acumulada em 24 horas; $K = 45$ é uma constante linear; $b = -0,011$ é uma constante angular; e A é a precipitação acumulada nos 3 dias antecedentes.

O estudo de correlação entre movimentos de massa e pluviosidade de Silva *et al.* (2022) para o município de Niterói (RJ) apresentou como resultado a definição dos seguintes cenários: chuvas horárias iguais ou superiores a 40 mm, como índice para início de ocorrência de deslizamentos; e precipitação acumulada de 90 mm em

um período de até 24 horas como indicador de alta probabilidade de deflagração de processos geodinâmicos generalizados no município.

Em Minas Gerais, o estudo de correlação de Castro (2006) para o município de Ouro Preto (MG) resultou no entendimento de que as chuvas associadas a acumulados de 5 dias são as mais efetivas para ocorrência de movimentos de massa, com valores a partir de 22,0 mm/5 dias capazes de deflagrar esses eventos; e que, para chuvas com a acumulado acima de 124,0 mm/5 dias, a probabilidade de acontecer eventos de deslizamentos mais severos é maior.

Silva (2014b) desenvolveu um estudo de correlação entre pluviosidade e deslizamentos para a região da sub-bacia do alto do Ribeirão do Carmo, que engloba os municípios de Mariana (MG) e Ouro Preto (MG), onde se chegou à conclusão de que o intervalo de 6 dias de chuva acumulada é mais influente na deflagração de movimentos de massa, em que se observou que o valor mínimo de precipitação acumulada necessária para provocar acidentes na região foi de 48,2mm/6 dias. Individualmente, a pesquisa não pode definir limiares mínimos satisfatórios para Mariana, enquanto para Ouro Preto, indicou-se os índices pluviométricos de 54,1mm/6 dias e 151,4mm/6 dias como limites mínimos e de atenção para monitoramento.

No Estado do Espírito Santo, Salaroli (2003) realizou um estudo de correlação entre movimentos de massa e índices pluviométricos para a cidade de Vitória, por meio da elaboração de um inventário de ocorrência e o banco de dados de registros histórico de chuvas no local, em que se possibilitou construir um diagrama de dispersão representando os dados de acumulados de chuvas significativas que tiveram ou não registros de ocorrências geológicas, em função da precipitação diária, concluindo que número de 4 dias acumulados é o que melhor representa o comportamento da distribuição de casos de escorregamentos e episódios sem registros de chuva. Com os resultados obtidos, a autora pôde propor, como subsídio para a elaboração de um plano preventivo, os parâmetros de análise de monitoramento de chuvas com três níveis de periculosidade, conforme Quadro 8.

Quadro 8 – Níveis de monitoramento e ativação de Plano Preventivo proposto para Vitória (ES).

Classe	Índice 4 dias (mm)	Nível do Plano	Ações
1	0 – 36,0	Observação	Acompanhamento dos índices pluviométricos e da previsão meteorológica
2	36,0 – 86,7	Atenção	Vistorias de campo nas áreas de risco anteriormente identificadas
3	Acima de 86,7	Alerta	Remoção preventiva da população instalada nas áreas de risco iminente, indicadas pelas vistorias de campo

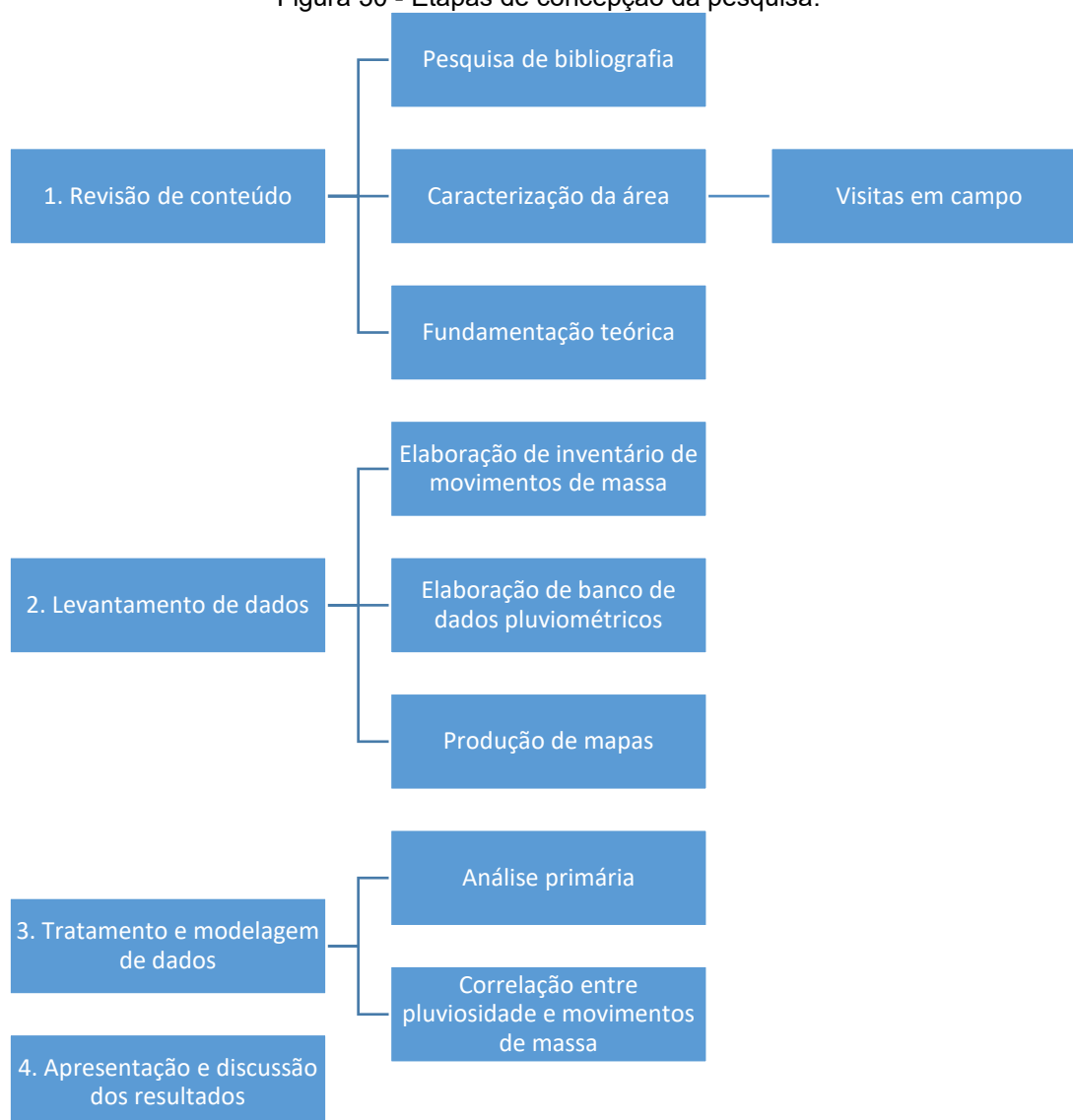
Fonte: Salaroli (2003).

4.4 Materiais e métodos

A pesquisa desenvolvida neste estudo procurou empregar técnicas e métodos para estabelecimento da correlação entre índices pluviométricos e movimentos de massa para a área de estudo, baseados na estrutura metodológica adotada nos trabalhos de Tatizana *et al.* (1987a e 1987b), Castro (2006), Silva (2014b) e Metodiev *et al.* (2018). O presente capítulo pretende apresentar as etapas e os procedimentos adotados para fundamentação da pesquisa, aquisição dos dados, tratamento e interpretação dos resultados.

O fluxograma da Figura 30 ilustra as etapas de modo esquematizado. Cada uma delas será descrita nos itens a seguir.

Figura 30 - Etapas de concepção da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.4.1 Revisão de conteúdo

A revisão de conteúdo consistiu basicamente na realização de levantamento da bibliografia para situar o presente estudo no universo do campo temático da pesquisa; na caracterização da área de estudo definida, do ponto de vista geográfico, de modo a descrever as características físicas do meio – climatologia, geologia, geomorfologia – e a interação do meio social com elas, de modo a justificar o recorte territorial escolhido; e na fundamentação teórica do conteúdo da pesquisa, isto é, das bibliografias que tratam do mesmo objetivo – a determinação de correlações entre pluviosidade e movimentos de massa.

A visita de campo em vista da caracterização da área de estudo foi empreendida no dia 24 de outubro de 2023. Ao longo do período de pesquisa, diversas outras visitas foram realizadas junto à Defesa Civil de Vila Velha.

A etapa da pesquisa de fundamentação teórica foi importante para o entendimento da metodologia a ser empregada e dos tratamentos de dados a serem realizados na modelagem, uma vez que, de acordo com Silva (2014b), não existe um método padrão adequado para todas as situações, que é dependente da disponibilidade de dados pluviométricos, registros de ocorrências de movimentos de massa, além das características do meio físico da área estudada, o que de certa forma condiciona a metodologia à qualidade dos dados levantados.

4.4.2 Levantamento dos dados

O levantamento de dados foi subdividido em três subetapas independentes entre si, que permitiram a construção das informações iniciais para o prosseguimento da pesquisa. Essas subetapas consistiram na elaboração de inventário de movimentos de massa, na elaboração de banco de dados de registros pluviométricos e na produção de mapas.

4.4.2.1 Inventário de Movimentos de Massa

Os dados de movimentos de massa foram obtidos por meio da inspeção de Relatórios de Vistoria de Risco produzidos e disponibilizados pela Secretaria municipal de Proteção e Defesa Civil – SEMPDEC de Vila Velha, entre o período de 2005 e 2022, de modo a cadastrar cada ocorrência e possibilitar a construção de um inventário de registros de processos geodinâmicos com informações pertinentes a esta pesquisa.

4.4.2.2 Banco de Dados Pluviométricos

Os registros de chuva foram obtidos por meio da compilação de dados de estações pluviométricas para o período de 2005 a 2022. Conforme Marchezini *et al.* (2020), estações pluviométricas são instrumentos que medem a precipitação que chega à superfície terrestre em tempo real, sendo que o índice pluviométrico é a medida do somatório da chuva ocorrida em um determinado local durante um período

estabelecido, que é registrado em milímetros. Esses dados são disponibilizados pelas seguintes instituições:

- **INMET:** Instituto Nacional de Meteorologia, que mantém uma estação pluviométrica convencional em que os registros de precipitação são medidos de forma manual por instrumentos convencionais e certificados no mínimo uma vez ao dia (BRASIL, 2022d). A estação Vitória – INMET (código OMM ES-83648, Código ANA 02040035) está situada à Latitude 20°18'36"S e à Longitude 40°18'36"W, no município de Vitória, bairro Ilha de Santa Maria, e está em operação desde 1923, segundo o catálogo de estações convencionais (INMET, c2024).
- **CEMADEN:** As plataformas de coletas de dados (PCD) operadas e mantidas pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) estão diretamente ligadas às atividades de monitoramento e alerta de riscos de desastres. Os pluviômetros automáticos são conectados aos servidores da instituição e transmitem dados dos acumulados de chuva em milímetros a cada 10 minutos, sendo, então, processados e disponibilizados para a Sala de Situação do CEMADEN em plataforma especializada desenvolvida pelo Centro (CEMADEN, c2017). Em Vila Velha, como uma das ações previstas no escopo do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres (BRASIL, 2012b), foram instaladas 9 estações pluviométricas automáticas no município em 2013, conforme ilustrado no exemplo da Figura 31, das quais puderam ser obtidas os registros de chuva horária acumulada para elaboração do banco de dados pluviométricos. A relação das estações que foram consultadas para realização desta pesquisa está apresentada no Quadro 9. Também se utilizaram, de modo complementar, os dados de chuva obtidos pelas estações pluviométricas automáticas instaladas no município de Vitória, conforme se observa no Quadro 10.

Quadro 9 – Estações pluviométricas automáticas do CEMADEN instaladas em Vila Velha – ES.

COD PCD	Coordenada UTM Leste (m)	Coordenada UTM Norte (m)	Nome Pluviômetro	Localização	Data Instalação	Data disponível ³	Obs.
320520007A	364060.60	7751161.30	Jaburuna	UMEF Prof. Elson José de Souza	14/02/2014	01/08/2015	
320520002A	364654.35	7750803.33	Centro	Agência Correios – Centro de Vila Velha	06/01/2014	01/08/2015	
320520010A	365136.17	7749774.07	Divino Espírito Santo	UMEF Professor Luiz Malizech	17/02/2014	01/08/2015	Remanejado para São Torquato em 11/05/2022
320520009A	364447.26	7748197.50	Coqueiral de Itaparica	Sede da Prefeitura Municipal de Vila Velha	16/02/2014	01/08/2015	
320520003A	362122.20	7750326.94	Aribiri	UMEF Ofelia Escobar	17/12/2013	01/08/2015	
320520006A	358979.9	7738807.0	Terra Vermelha	Unidade de Saúde da Família Terra Vermelha	18/12/2013	01/08/2015	
320520008A	360123.50	7750269.04	Vila Garrido	UMEF Antônio Bezerra de Farias	11/02/2014	01/08/2015	
320520004A	359058.1	7746660.0	Vale Encantado	UMEF Prof. Emília do Espírito Santo	17/12/2013	01/08/2015	Remanejado para Cobilândia em 12/05/2022
320520005A	362101.2	7746113.9	Guaranhuns	UMEF Prof. Zaluar Dias	16/12/2013	01/08/2015	Remanejado para Santa Rita em 11/05/2022
320520010A	359273.22	7751285.52	São Torquato	USF de São Torquato	11/05/2022	11/05/2022	Remanejado de Divino Espírito Santo em 11/05/2022
320520005A	361112.72	7749843.78	Santa Rita	UMEF Leonel de Moura Brizola	11/05/2022	11/05/2022	Remanejado de Guaranhuns em 11/05/2022
320520004A	358669.21	7748289.64	Cobilândia	UMEF Paulo Mares Guia	12/05/2022	12/05/2022	Remanejado de Vale Encantado em 12/05/2022

Fonte: Mascarenhas (2022).

³ Data a partir da qual os dados pluviométricos estavam disponíveis para *download*.

Figura 31 – Pluviômetro automático instalado em Vila Velha.



Fonte: Acervo SEMPDEC (2018).

Quadro 10 - Estações pluviométricas automáticas do CEMADEN instaladas em Vitória – ES.

COD PCD	Coordenada UTM Leste (m)	Coordenada UTM Norte (m)	Nome Pluviômetro	Localização	Data disponível ⁴
320530909A	358643,8	7752416	Mario Cypreste	Centro Esportivo Tancredo de Almeida Neves (Tancredão)	01/07/2014
320530905A	361838,9	7757644	Vale do Mulembá	Parque Natural Municipal de Mulembá	01/07/2014
320530906A	361977,9	7753328	Romão	CMEI Terezinha Vasconcellos Salvador	01/07/2014
320530901A	363839,1	7755668	Santa Luzia	Agência Correios – Santa Luzia	01/07/2014
320530908A	367568,9	7759571	Jardim Camburi	EMEF Elzira Vivacqua dos Santos	01/07/2014
320530910A	363861,8	7752790	Jesus de Nazareth	Escadaria Jesus de Nazareth	01/07/2014

Fonte: Mapa interativo CEMADEN (c2024).

- **MAPENCO:** o Projeto Mapenco (Mapeamento das áreas de Risco das Encostas do Município de Vitória) atua, desde 1995, nas pesquisas relativas a sistemas de alerta e monitoramento das encostas, a fim de poder disponibilizar dados confiáveis ao poder público para tomada de decisões, e um dos serviços que a instituição mantém é o de monitoramento de chuvas por meio do emprego de pluviômetros automáticos. Os dados pluviométricos são disponibilizados na plataforma do Projeto Mapenco para *download* em formato de volume acumulado diário e horário

⁴ Data a partir da qual os dados pluviométricos estavam disponíveis para *download*.

(MAPENCO, c2024). A relação de estações pode ser observada no Quadro 11:

Quadro 11 – Estações pluviométricas automáticas mantidas pelo Projeto Mapenco instaladas em Vitória – ES.

Cód.	Estação	Nome	Localização	Data Instalação	Data disponível ⁵
90	EP01	UFES	Teatro Universitário, Ufes - Campus de Goiabeiras	21/05/2008	01/01/2013
115	EP02	FAESA	Antigo Prédio A da FAESA - São Pedro	06/01/2009	01/01/2013
14	EP03	UIPC	CAJUN Caratoíra – PMV	22/05/2012	01/01/2013
13	EP04	SEMOB	Secretaria de Obras do Município de Vitória	09/12/2011	01/01/2013
12	EP05	HUCAM	HUCAM – UFES/Maruípe	24/02/2012	01/01/2013
11	EP06	ICES	Iate Clube do Espírito Santo - Casa de Rádio (Pier Sul)	13/09/2012	01/01/2013

Fonte: Mapenco (c2024).

4.4.2.3 Produção de Mapas

Todos os produtos cartográficos confeccionados para esta pesquisa foram concebidos com uso do *software* livre e aberto de sistema de informações geográfica QGIS 3.22.11 em Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e Datum SIRGAS 2000 Fuso 24 S, utilizando arquivos vetoriais (*shapefiles*) e matriciais (*raster*) consultados nos portais e repositórios do IBGE (2022), INPE, *Sentinel-2*, ESRI *Topographic*, SGB (conforme BRASIL, 2012d, 2013, 2015 e VIEIRA *et al.*, 2015) e da PMVV (2020 e 2023), e em plataforma de compartilhamento de dados espaciais governamentais estadual, o IDE-Geobases (conforme IEMA, 2015 e CUNHA *et al.*, 2016). A base cartográfica de imagem de satélite capturada pelo *Google Satellite* em 2023 foi disponibilizada pelo QGIS em extensão própria do *software*.

⁵ Data a partir da qual os dados pluviométricos horários foram disponibilizados pelo Projeto Mapenco para *download*.

4.4.3 Tratamento e Modelagem de dados

Uma vez levantados todos os principais dados necessários para o prosseguimento da pesquisa, torna-se importante a realização de uma análise anterior à compilação dos dados, de modo a corrigir inconsistências e evitar possíveis equívocos propagados para as etapas seguintes. Concluída a triagem dos dados, o estudo prosseguiu para a verificação da possibilidade de se correlacionar os dados pluviométricos com os registros de movimentos de massa, comparando os valores de acumulado que provocaram a deflagração de processos geodinâmicos com os valores de chuva que não obtiveram registros, com o objetivo de se observar uma relação numérica entre esses dois parâmetros.

4.4.3.1 Análise primária dos dados

Registros de movimento de massa: após a inspeção dos Relatórios de Vistoria de Risco emitidos pela Defesa Civil de Vila Velha ao longo do recorte temporal de 2005 a 2022, considerando as vistorias realizadas em todos os bairros suscetíveis a ocorrência de movimentos de massa, foram selecionados aqueles em que se descreviam a deflagração de um processo geodinâmico, cadastrando-os em um inventário, referenciando a localização de cada ocorrência, a especificação do movimento de massa, a data do evento, o horário (quando disponível) e a sua associação ou não com algum setor de risco mapeado pelo Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR).

Em seguida, foi realizado a filtragem dessas informações, considerando as vistorias feitas na área de estudo do Maciço de Jaburuna, elaborando-se um inventário específico para essa localidade, adicionando as informações sobre o tipo de ruptura ocorrida e o georreferenciamento de cada evento registrado.

Contudo, nem todos os relatórios que indicavam a ocorrência de movimentos de massa informavam com precisão dados importantes como a data e o horário em que o processo geodinâmico realmente ocorreu, às vezes com registros incompletos sem essas informações, ou confundindo-as com as datas e horários de acionamento e atendimento por parte do órgão de Defesa Civil, além de incertezas quanto a localização exata – por endereço incompleto e ausência de georreferenciamento, especialmente útil quando no local há

ocupações irregulares sem registros formais de endereço e numeração de domicílios.

Essas dificuldades foram contornadas, na medida do possível, com a consulta ao Formulário de Informações do Desastre, FIDE, que é o registro realizado pelas defesas civis do país quando da ocorrência de desastres, em vista do reconhecimento federal de decretos de situação de emergência (SE) e de estado de calamidade pública (ECP), e de pleitear repasses de recursos financeiros para lidar com o desastre (NASCIMENTO, 2016). Por meio desses registros, foi possível identificar o período temporal de ocorrência de alguns dos eventos registrados.

Quanto às dúvidas na localização geográfica dos eventos, recorreu-se a experiência dos agentes de Defesa Civil para localizar os endereços incompletos, seja pelo reconhecimento dos nomes dos solicitantes registrados nos relatórios, seja pela recorrência de vistorias aos mesmos locais, tornando-os facilmente identificáveis por parte dos profissionais. Também foram consultados lideranças comunitárias e moradores da região quanto a esses questionamentos.

Banco de dados pluviométricos: a análise dos dados pluviométricos buscou identificar possíveis inconsistências nas séries históricas das estações de medição, verificando a existência de lacunas nos registros e correlações entre os dados das estações, conforme métodos propostos por Castro (2006).

Uma limitação observada foi a possibilidade de os dados apresentarem valores não-homogêneos para uma mesma data, por serem obtidos por diferentes instituições ou mesmo pelo evento chuvoso não se comportar da mesma forma em localidades relativamente próximas, o que faz necessário uma análise de consistência por meio da comparação entre os dados das estações pluviométricas, assim como avaliar se a distância entre elas não compromete o limite operacional que é considerado pelos autores como eficaz para utilização dos dados pluviométricos nos estudos de correlação. Esses limites operacionais variam de 2,0 a 3,0 km (METODIEV *et al.*, 2018; MARCHEZINI *et al.*, 2020; BRASIL, 2018a).

4.4.3.2 Correlação entre pluviosidade e movimentos de massa

A determinação da correlação tem por objetivo estabelecer uma relação numérica entre os dados levantados, de modo a obter índices importantes para o planejamento de ações de Proteção e Defesa Civil, especialmente as de prevenção e preparação para desastres.

Para o desenvolvimento desse estudo, foram destacados os eventos chuvosos, considerando todos os eventos que tiveram movimentos de massa registrados e os que não tiveram. Para cada evento, foram medidos o volume acumulado total e a sua duração, de modo a se obter a intensidade de chuva para cada evento.

Concomitante a isso, procurou-se analisar a influência de um intervalo de chuva acumulada crítica anterior à deflagração de processos geodinâmicos, no que diz respeito ao papel do estado prévio de saturação do solo nesses eventos (TATIZANA *et al.*, 1987a e 1987b).

A partir desses dois parâmetros levantados (intensidade de chuva e chuva acumulada), buscou-se elaborar uma curva envoltória, conforme a proposição de Tatizana *et al.* (1987a e 1987b), de forma a obter uma relação numérica entre a chuva acumulada e o intervalo de tempo de chuva acumulada antecedente à ocorrência, definindo o intervalo crítico para isso.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo busca apresentar os resultados obtidos na análise dos dados pluviométricos e dos registros de ocorrência geodinâmica, observados no município de Vila Velha, com destaque para a área de estudo do Maciço de Jaburuna. Com esses dados, esta pesquisa também apresentou os limiares de correlação entre pluviosidade e movimentos de massa identificados na elaboração de gráficos para a referida área de estudo. As inferências e verificações a respeito de critérios propostos de monitoramento e alerta para o Maciço de Jaburuna foram expostos ao final deste capítulo.

5.1 Inventário de Movimentos de Massa

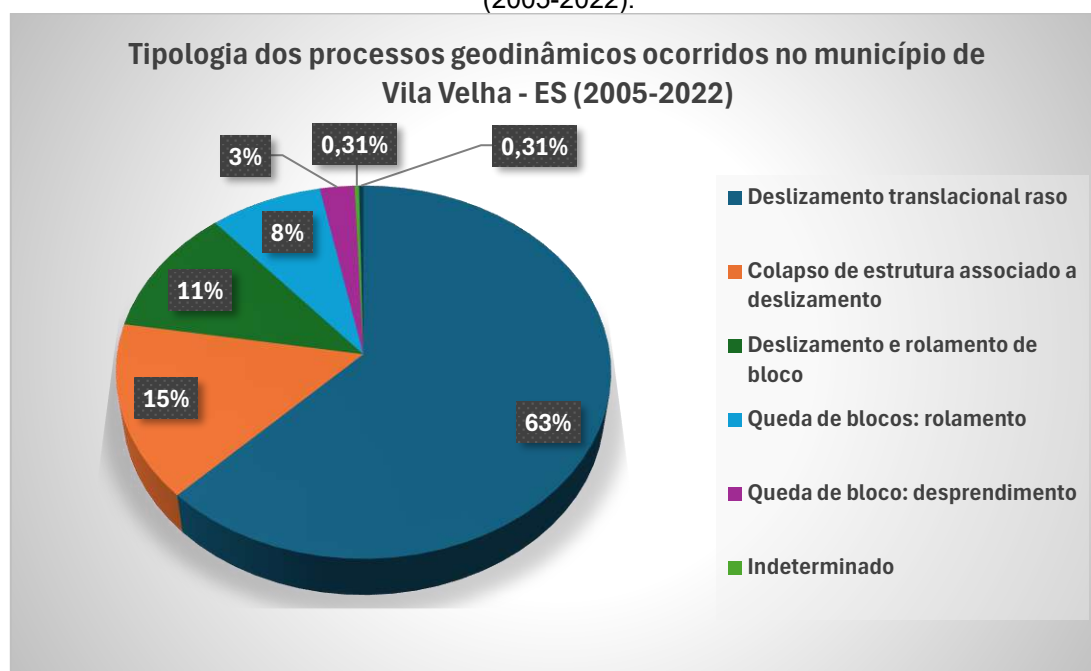
Posteriormente à inspeção e análise dos relatórios de vistoria de risco elaborados pela Defesa Civil de Vila Velha, puderam ser identificados 322 processos geodinâmicos ocorridos em todo o território do município no recorte temporal referente aos anos de 2005 a 2022.

Para fins de melhor reconhecimento, esses movimentos de massa foram classificados de acordo com as seguintes tipologias de processo geodinâmico, baseados em Varnes (1978), Tominaga (2015) e Gerscovich (2016): deslizamento translacional raso (Des), com 201 registros; deslizamento translacional associado a colapso de estrutura de contenção de talude de corte (Estrutural, Des), com 49 registros; deslizamento e rolamento de bloco associados (Des, Rb), com 36 registros; rolamento de bloco rochoso (Rb), com 26 registros; queda de bloco rochoso por desprendimento (Qb), com 8 registros; processo geodinâmico indeterminado ou de complexidade de definição (Outros), com 1 registro; e rolamento e queda de bloco rochoso (Rb, Qb), com 1 registro. Não foram observados eventos relacionados a corridas de massa ou rastejos. O inventário com os eventos de movimentos de massa em Vila Velha no período de 2005 a 2022 está relacionado na tabela do Apêndice A.

Conforme se observa na Figura 32, depreende-se que 63% dos movimentos de massa ocorridos em Vila Velha tratam-se de deslizamentos translacionais rasos. Considerando também os deslizamentos translacionais associados a colapso estrutural e rolamento de blocos rochosos, tem-se que mais de 89% dos registros de ocorrência estão relacionadas a essa tipologia de

movimento de massa. Os movimentos de massa relacionados a instabilização de rochas, isto é, a queda, desprendimento, tombamento e/ou rolamento de blocos rochosos e matacões, associados ou não a escorregamentos de solo, representam cerca de 22% do total de processos geodinâmicos registrados pela Defesa Civil de Vila Velha.

Figura 32 - Tipologia dos processos geodinâmicos ocorridos no município de Vila Velha – ES (2005-2022).

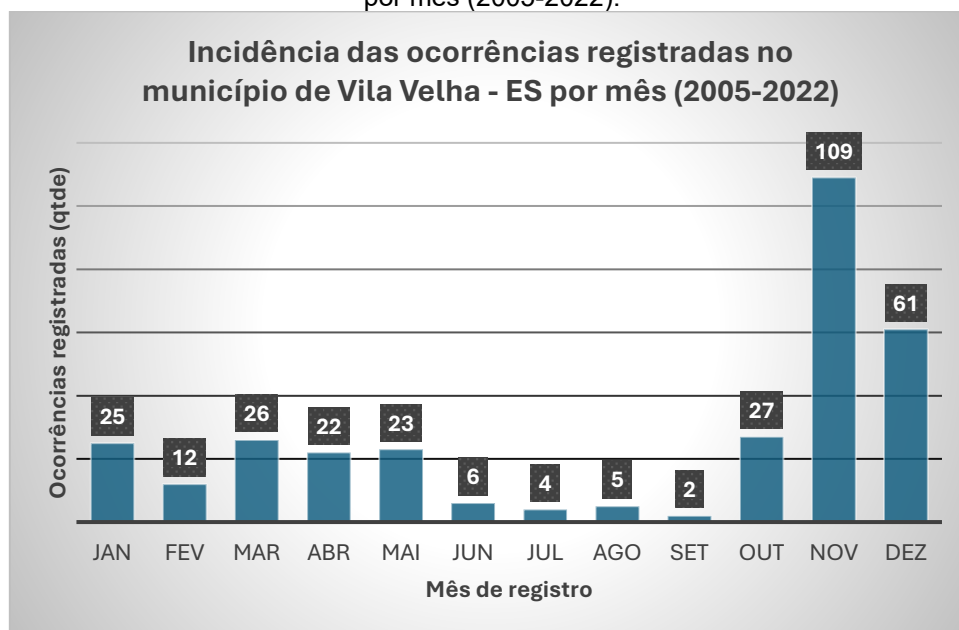


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Quanto ao período típico de recorrência desses eventos, pode ser observado que os meses em que se obtiveram mais ocorrências registradas nesse período foram novembro (109) e dezembro (61) (Figura 33), o que representa mais da metade dos processos geodinâmicos ocorridos no município de Vila Velha.

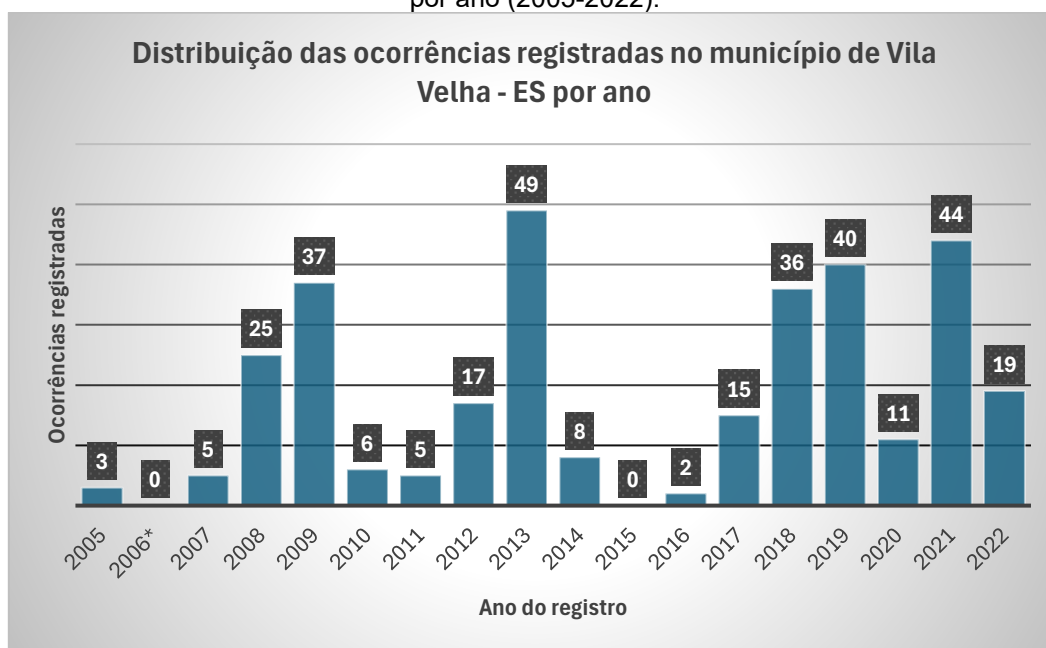
Quanto à série histórica, observa-se que 2013 foi o ano em que houve a maior quantidade de registros de movimentos de massa, com 49 ocorrências, seguido dos anos de 2021 (44), 2019 (40), 2009 (37) e 2018 (36) (Figura 34).

Figura 33 - Gráfico da incidência das ocorrências registradas no município de Vila Velha - ES por mês (2005-2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

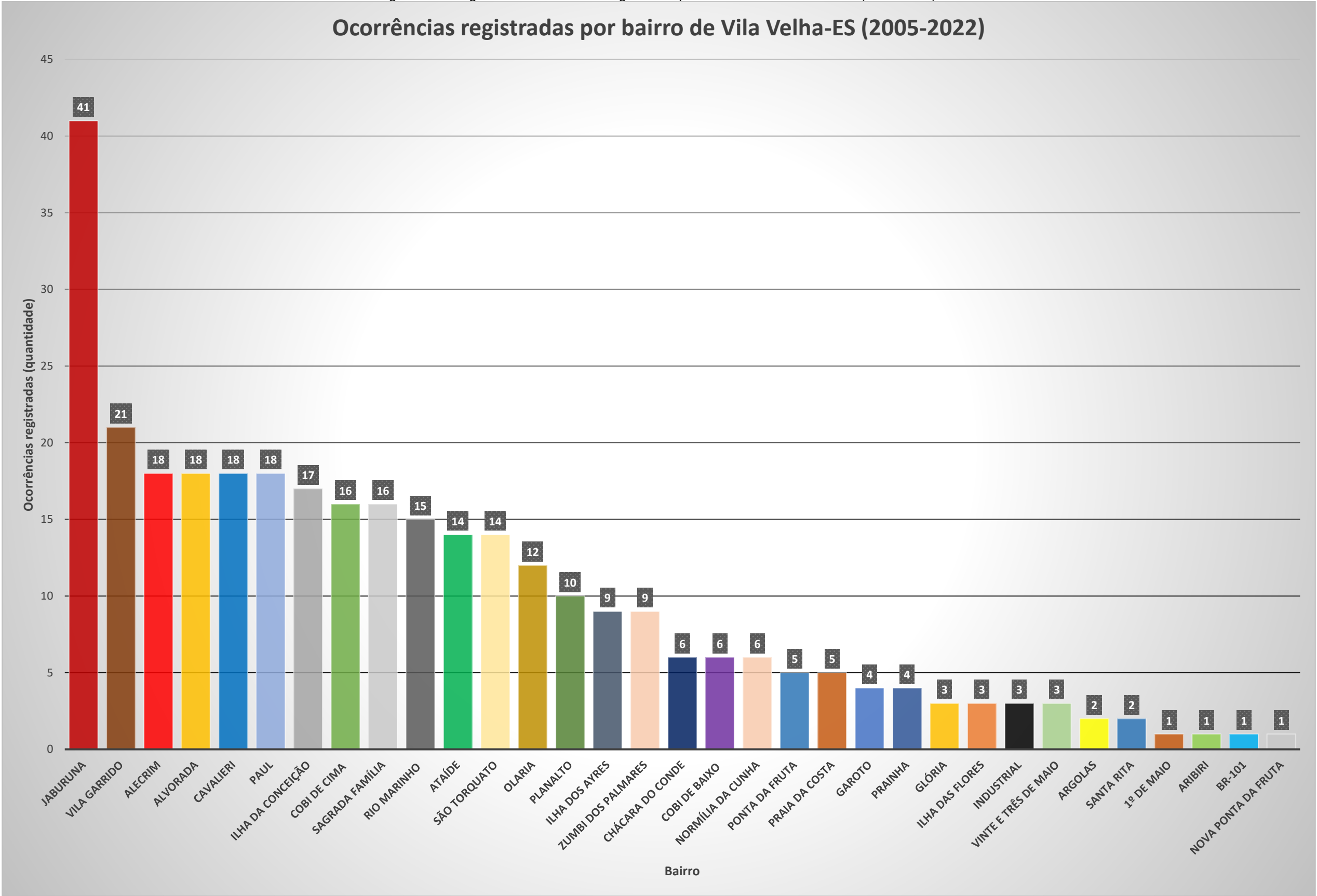
Figura 34 - Gráfico da distribuição das ocorrências registradas no município de Vila Velha - ES por ano (2005-2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A totalidade das ocorrências se distribui entre 33 bairros do município de Vila Velha, e se dá conforme observado no gráfico da Figura 35, onde se observa que o bairro Jaburuna obteve o maior número de registros de movimentos de massa no período avaliado, com 41 processos geodinâmicos atestados pelos relatórios de vistoria de risco da Defesa Civil, seguido do bairro Vila Garrido, com 21 registros; e Alecrim, Alvorada, Cavalieri e Paul, com 18 registros cada.

Figura 35 - Diagrama de ocorrências registradas por bairro de Vila Velha – ES (2005-2022).



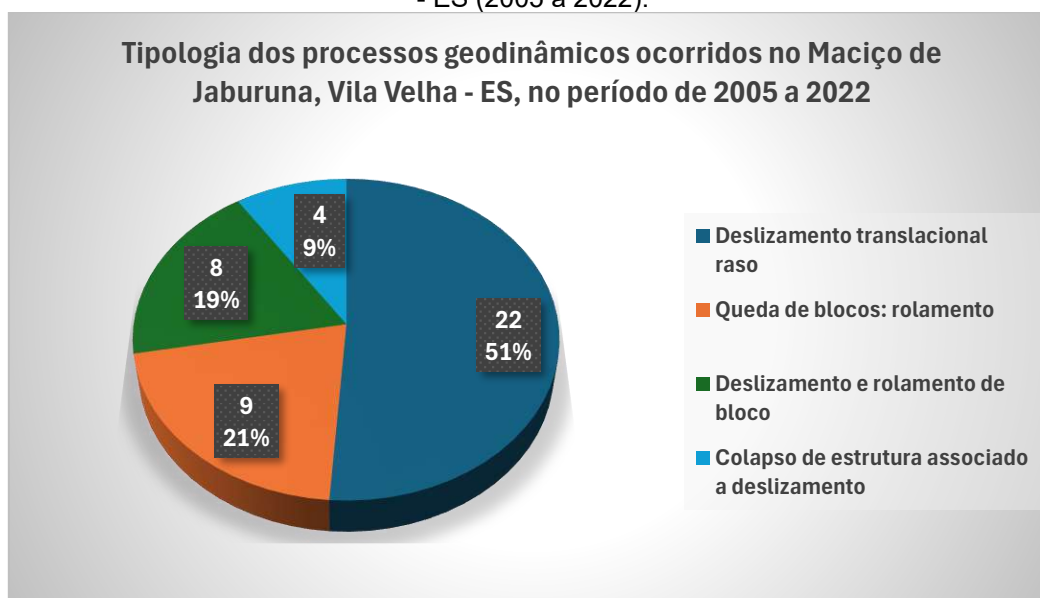
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A recorrência de eventos registrados no bairro de Jaburuna, sendo quase equivalente ao dobro do número de registros do bairro anterior, indica um cenário de suscetibilidade a movimentos de massa e justifica a escolha do Maciço de Jaburuna como área de estudo deste trabalho.

Em um segundo momento, dentre todos os registros, foram identificadas 43 ocorrências de movimento de massa localizadas no Maciço de Jaburuna – os 41 registros do bairro Jaburuna adicionados de outros 2 que, embora constando nos relatórios como pertencentes ao bairro Glória, estão inseridos na feição da área de estudo.

Conforme se observa no gráfico da Figura 36, nota-se que 51% dos movimentos de massa ocorridos no Maciço de Jaburuna correspondem a deslizamentos translacionais rasos (22), e que 21% desses registros se tratam de rolamento de blocos (9). Dentre os demais movimentos de massa, 19% desses registrados se referem à ocorrência de deslizamentos translacionais rasos associados com rolamento de blocos (8), enquanto 9% dos registros estão relacionados a deslizamentos translacionais rasos associados a colapso de estruturas de arrimo (4). O inventário de ocorrências registradas no Maciço de Jaburuna encontra-se relacionado na tabela do Apêndice B.

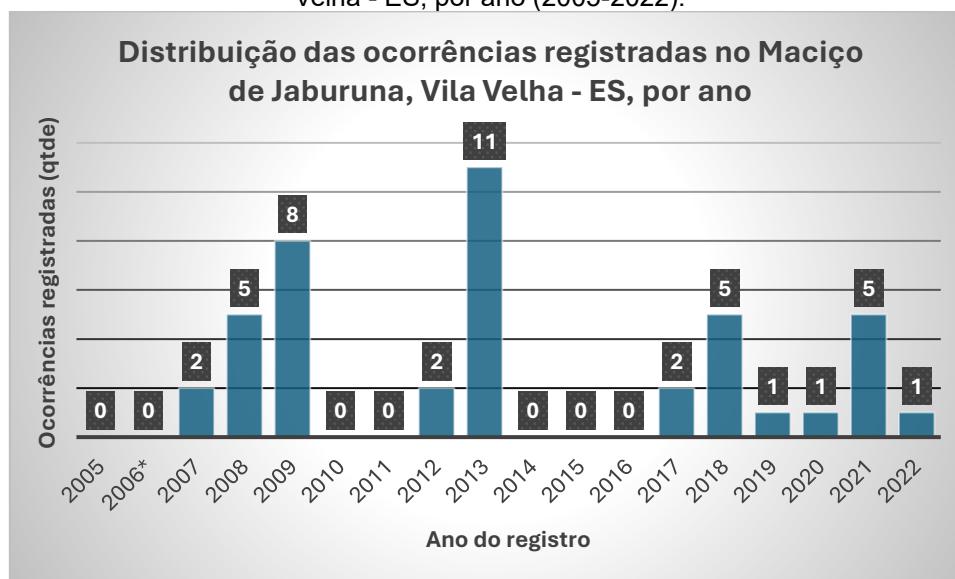
Figura 36 - Tipologia dos processos geodinâmicos ocorridos no Maciço de Jaburuna, Vila Velha - ES (2005 a 2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Esses movimentos de massa se distribuem ao longo do período estudado, conforme Figura 37, em que se observa que, no ano de 2013, houve o maior número de registros, seguido de 2009 (8), 2008 (5), 2018 (5) e 2021 (5).

Figura 37 - Gráfico da distribuição das ocorrências registradas no Maciço de Jaburuna, Vila Velha - ES, por ano (2005-2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Também foi realizado o georreferenciamento desses registros, de modo a identificar a disposição de cada um sobre a superfície do maciço, conforme se observa no mapa da Figura 38.

Pelo fato de o inventário ter utilizado como fonte primária para sua elaboração o arquivo de Relatórios de Vistorias de Risco da Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Vila Velha, e considerando o fato de que a maior parte das vistorias se deu por solicitação dos próprios moradores ou pelo Corpo de Bombeiros, todas as ocorrências registradas de alguma forma impactaram nas atividades humanas, não tendo sido relatados processos geológicos em áreas não habitadas.

O impacto desses eventos geológicos, conforme se notou na investigação dos relatórios, foi condicionado pela própria intervenção humana no meio, normalmente para fins de ocupação, contribuindo de forma determinante para a instabilização do meio. Em outras localidades, observa-se intervenções realizadas pelos próprios moradores, objetivando mitigar o risco de novos deslizamentos. Essas ações realizadas de forma individualizada por cada morador ou núcleo familiar, tendem a tornar dinâmico os processos de ocupação, aumentando ou mitigando os riscos sem, contudo, afastar totalmente a possibilidade de novas ocorrências.

A Figura 39 exemplifica alguns dos casos relatados. Observa-se a verticalização de talude, fator determinante para instabilização do meio,

enquanto a construção de domicílio próxima à vertente contribui para o processo de vulnerabilização da estrutura e do núcleo familiar que nele habita (Relatório 597/2018) (Figura 39A). Observa-se também a construção de muro de contenção, como medida de mitigação de riscos, considerando que a localidade foi afetada por deslizamentos em diversas ocasiões (conforme relatórios 49/2007, 558/2008 e 1218/2009) (Figura 39B). A intervenção, contudo, não eliminou todos os fatores naturais condicionantes de risco.

Figura 38 - Mapa com a localização das ocorrências geológicas inventariadas registradas e suas tipologias no Maciço de Jaburuna (2005-2022).

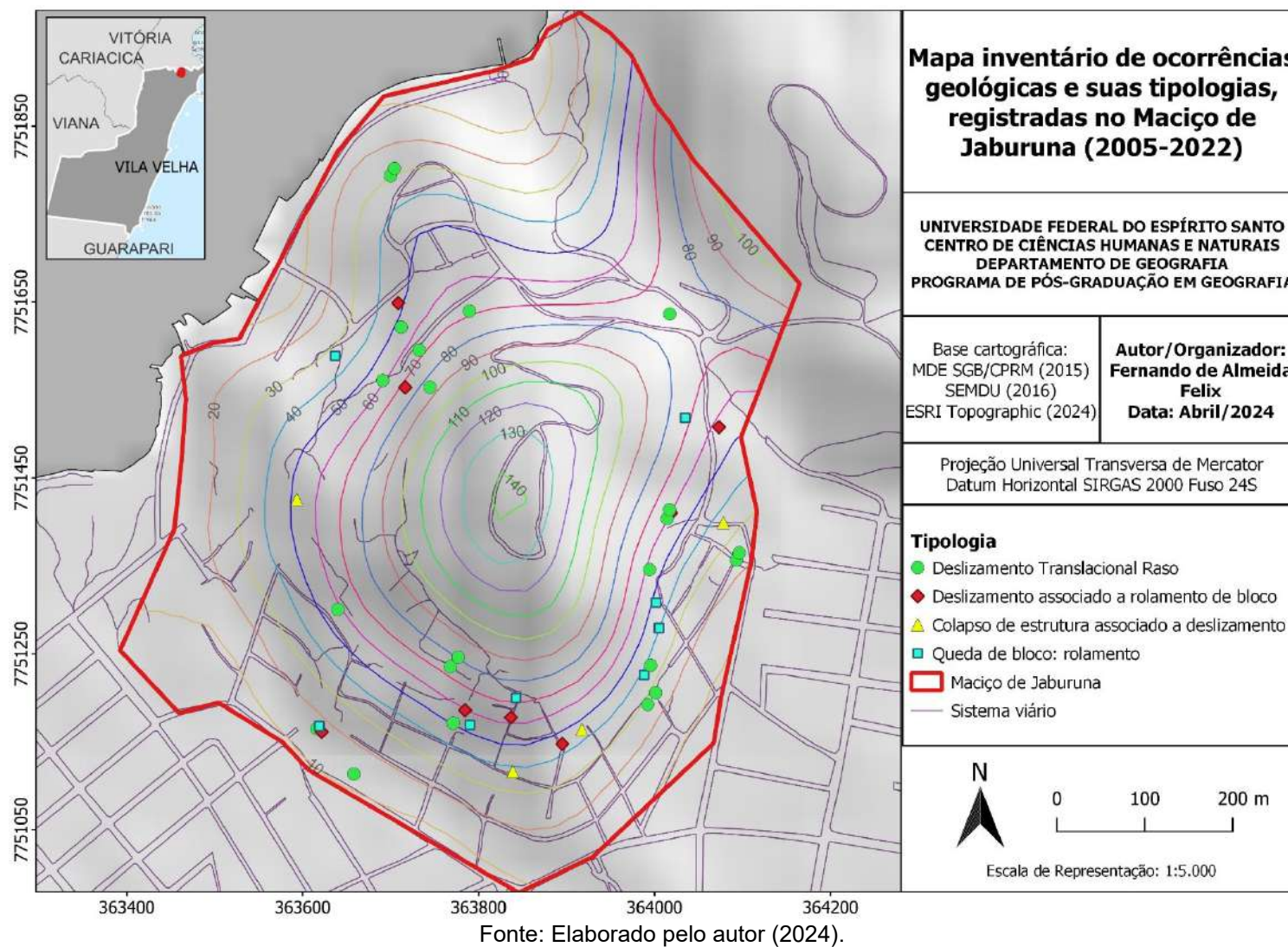


Figura 39 - Intervenções humanas com o meio e a suscetibilidade a movimentos de massa. Coordenadas UTM – Datum Sirgas 2000: 363789,38E; 7751639,81N (A). 364037,60E; 7751404,17N (B).



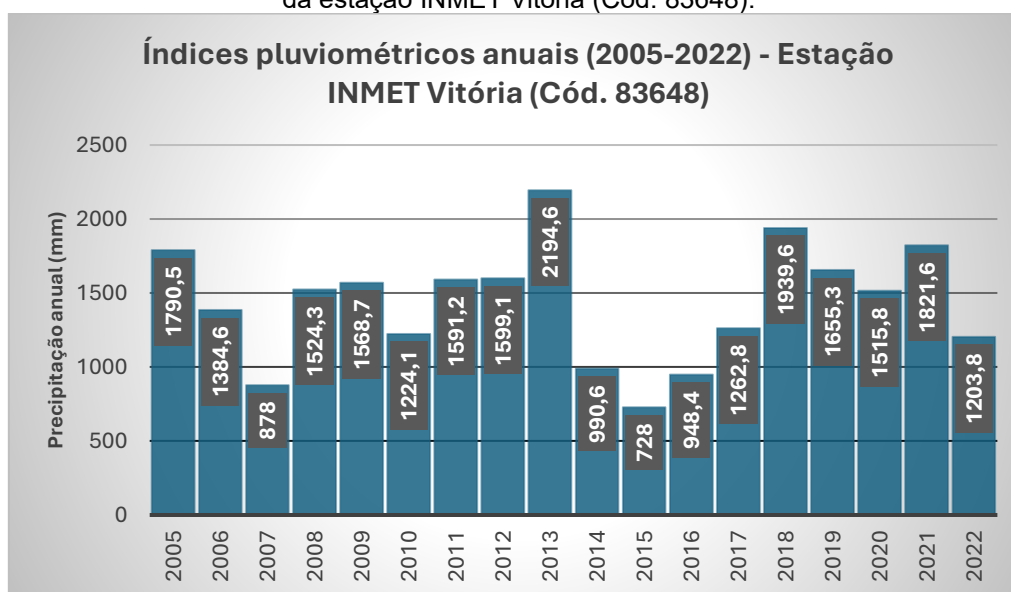
Fonte: Acervo SEMPDEC (A) (2018) / levantamento feito em campo pelo autor (B) (2023).

5.2 Índices pluviométricos

O conhecimento do regime pluviométrico da área de estudo passa por analisar a série histórica registrada por pluviômetros em funcionamento na região. Considerando o recorte temporal proposto por este estudo, de 2005 a 2022, o pluviômetro do Inmet Vitória é o único que possui uma série de dados que abrange completamente esse período. Pela proximidade com a área de estudo, essa estação apresenta valores anuais representativos para a região, tendo sido inclusive utilizado como base para elaboração da equação de intensidade-duração-frequência (IDF) para o município de Vila Velha (FARIAS e PINTO, 2017).

Nesse período, os índices anuais variaram de 728 mm a 2194,6 mm, com média de 1434,5 mm. A Figura 40 apresenta a variação de precipitação anual ao longo da série histórica em análise.

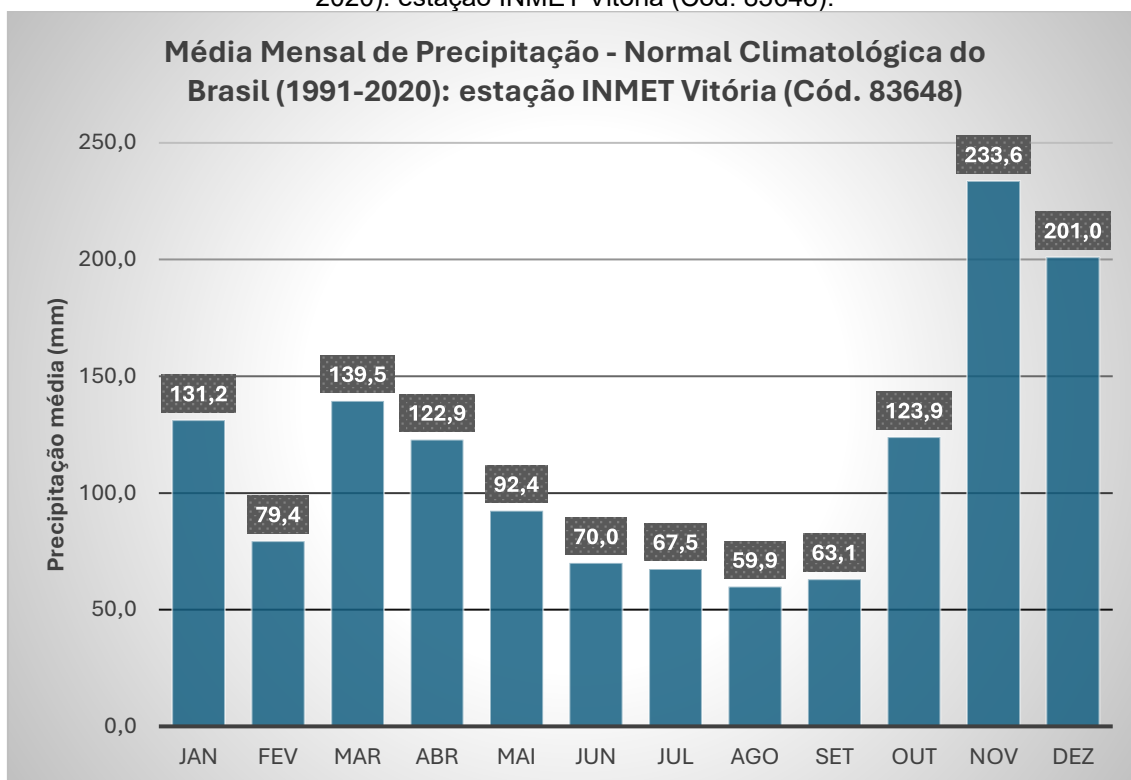
Figura 40 - Gráfico dos índices pluviométricos anuais (2005-2022) – baseados nas informações da estação INMET Vitória (Cód. 83648).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao se observar a média mensal de precipitação, de acordo com a Normal Climatológica do Brasil para o período 1991-2020 (INMET, 2022), considerando a estação pluviométrica Inmet Vitória (Cód. 83648), infere-se que os meses historicamente mais chuvosos são novembro, dezembro, janeiro e março, conforme Figura 41.

Figura 41 - Gráfico da média mensal de precipitação – Normal Climatológica do Brasil (1991-2020): estação INMET Vitória (Cód. 83648).

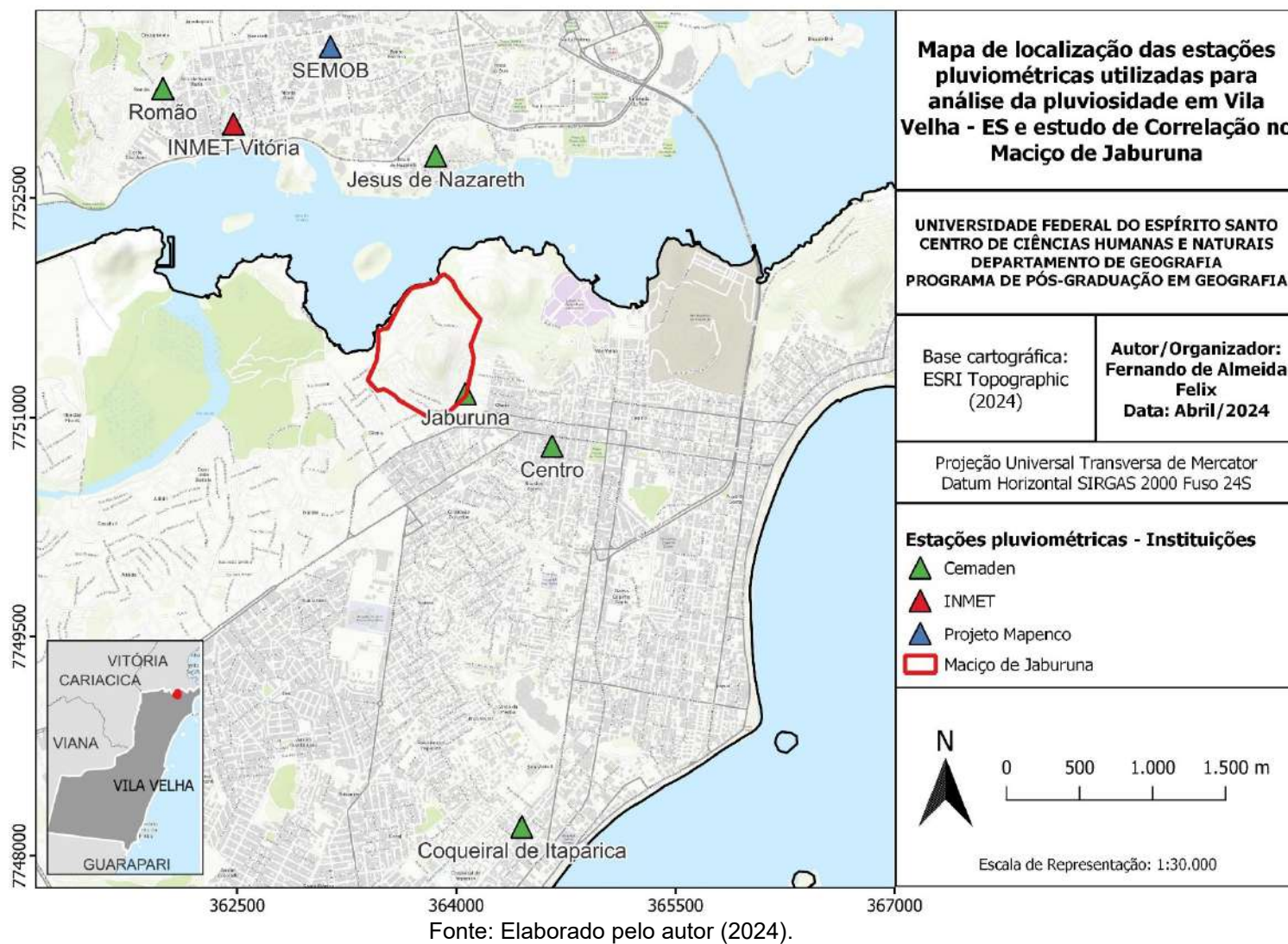


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

5.2.1 Análise de consistência

Foram utilizadas nessa fase do estudo as estações pluviométricas mais próximas da área em análise, a saber, as estações da INMET Vitória, Mapenco SEMOB e as estações do Cemaden Jaburuna, Centro, Coqueiral de Itaparica, Jesus de Nazareth e Romão, conforme observado na Figura 42.

Figura 42 - Disposição dos pluviômetros utilizados para análise de pluviosidade em Vila Velha – ES e estudo de correlação no Maciço de Jaburuna.



A fim de se analisar a homogeneidade dos dados de chuva das diferentes estações pluviométricas, realizou-se a comparação entre os valores acumulados médios mensais no período entre 2016 e 2022, intervalo de tempo a partir do qual há informações pluviométricas disponíveis para todos esses equipamentos.

A Tabela 1 apresenta os valores mensais médios acumulados de chuva obtidos para cada uma das estações pluviométricas utilizadas para realização da análise de consistência.

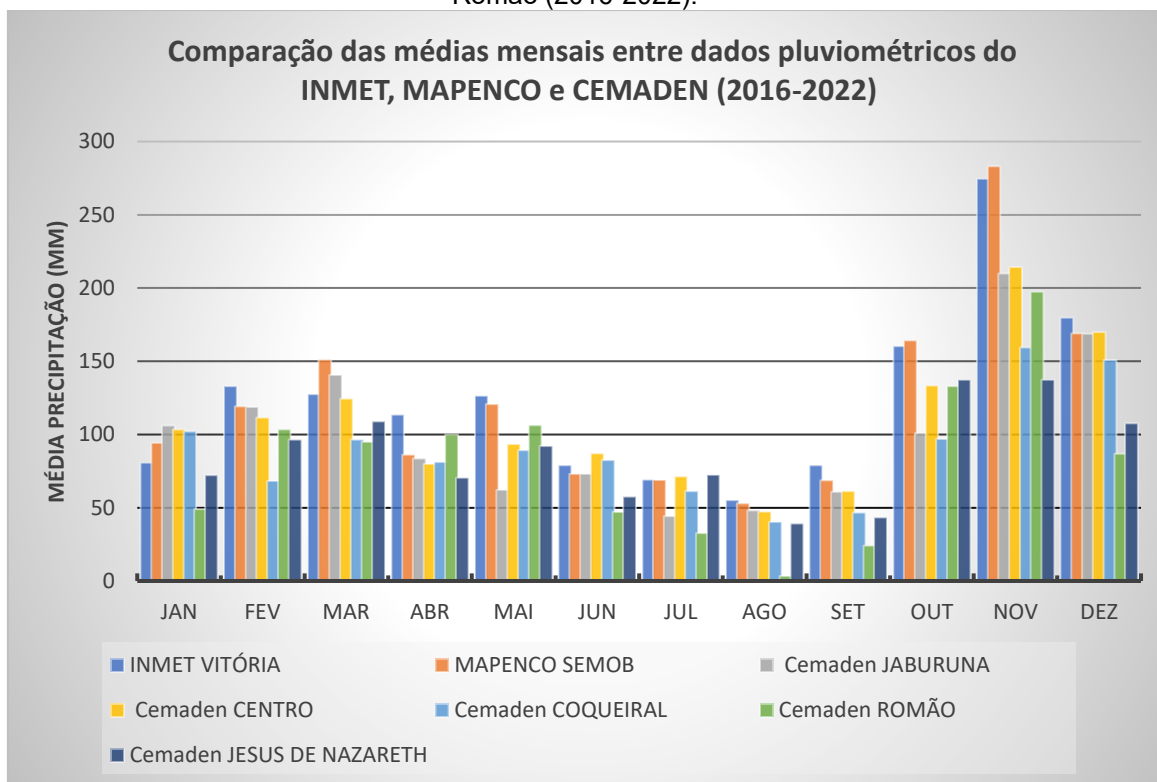
Tabela 1 - Médias mensais de valores de chuva das estações pluviométricas do INMET, Mapenco e do Cemaden (2016-2022).

MÊS	INMET VITÓRIA	MAPENCO SEMOB	CEMADEN JABURUNA	CEMADEN CENTRO	CEMADEN COQUEIRAL	CEMADEN ROMÃO	CEMADEN JESUS DE NAZARETH
Jan	80,79	94,20	106,19	103,53	102,12	49,01	72,13
Fev	132,96	119,25	118,85	111,63	68,26	103,56	96,49
Mar	127,46	151,05	140,59	124,51	96,51	95,05	109,00
Abr	113,49	86,18	83,69	79,78	81,15	100,00	70,37
Mai	126,50	120,64	62,23	93,51	89,37	106,35	92,09
Jun	78,99	73,00	73,04	87,12	82,41	47,13	57,67
Jul	69,10	68,92	44,18	71,44	61,27	32,72	72,45
Ago	55,26	52,96	48,24	47,39	40,37	3,44	39,12
Set	79,07	68,75	60,89	61,38	46,54	24,05	43,48
Out	160,27	164,29	100,93	133,33	97,01	133,01	137,31
Nov	274,64	283,21	209,89	214,35	159,51	197,43	137,33
Dez	179,67	169,05	168,90	170,01	150,89	86,81	107,66

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com essas médias calculadas, foi possível elaborar um gráfico de colunas com cada um desses dados, permitindo a análise de tendência comparativamente entre as estações pluviométricas. A Figura 43 apresenta os comportamentos das chuvas medidas por esses aparelhos, onde se pode observar a prevalência dos meses de novembro e dezembro como os mais chuvosos em todos eles. Nota-se também certa discrepância entre as demais médias sem, no entanto, que se indiquem tendências de pluviosidade significativamente diversas nas áreas de influências das estações.

Figura 43 - Comparação das médias mensais entre dados pluviométricos do INMET Vitória, Mapenco SEMOB E CEMADEN Jaburuna, Centro, Coqueiral de Itaparica, Jesus de Nazareth e Romão (2016-2022).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao observar as médias mensais pluviométricas, percebe-se que elas apresentam certo grau de satisfação na correlação de seus acumulados. Contudo, não é possível afirmar que os dados são homogêneos, ao compará-los em seus valores de chuva diária, provavelmente em decorrência de falhas e descontinuidades em registros da série histórica, falta de manutenção, problemas na calibração dos equipamentos automáticos e *delays* na leitura e transmissão de precipitações medidas, entre outros.

Para a fase seguinte deste estudo, deve-se selecionar as estações pluviométricas que possibilitem a maior quantidade de informações. Considerando os limites operacionais que a localização das estações pluviométricas impõe aos estudos de correlação, deve-se observar limites máximos de raios de influência de até 3 quilômetros do equipamento de medição às áreas suscetíveis a movimentos de massa, sob o risco de distâncias maiores prejudicarem a relevância dos resultados de correlação (METODIEV *et al.*, 2018; MARCHEZINI *et al.*, 2020; BRASIL, 2018a).

Outro fator limitante é a de que o uso de dados de chuva diária unicamente pode reduzir a fidelidade da descrição de um comportamento de um

evento de chuva, como sua duração e sua magnitude. Duas precipitações podem apresentar o mesmo volume acumulado de chuva em um período de 24 horas, mas esse volume de chuva pode produzir efeitos e impactos diversos caso se concentre em poucas horas ou se distribua ao longo de um dia inteiro – considerando o objeto do presente estudo –, o que torna necessário, como um dado sensível, incorporar a duração e a intensidade de cada evento de precipitação nesta análise.

Considerando esses dois aspectos relevantes para o presente estudo, optou-se por selecionar o banco de dados produzidos pelas estações pluviométricas automáticas do Cemaden; localizadas nos bairros Jaburuna, Centro de Vila Velha, Coqueiral de Itaparica, Romão e Jesus de Nazareth, conforme mapa da Figura 42; disponíveis a partir de agosto de 2015, cujas informações de chuva possuem precisão de até 10 minutos, conforme visto no tópico 4.4.2.2, em detrimento dos dados de chuva diária fornecidas pelo pluviômetro convencional do INMET.

Compreende-se que os dados de chuva medidos pelo Projeto Mapenco não possuem aderência satisfatória com os dados das estações do Cemaden para poderem ser integrados a esta etapa.

Com o auxílio da ferramenta “linha” do *software* de geoprocessamento QGIS, foi possível medir as distâncias existentes entre o ponto central do Maciço de Jaburuna e as estações automáticas do Cemaden Jaburuna (369,39 m), Centro (1.043,35 m), Coqueiral de Itaparica (2.940 m), Jesus de Nazareth (1.352,94 m) e Romão (2.577,96 m), o que as possibilitam de serem integradas ao estudo de correlação proposto.

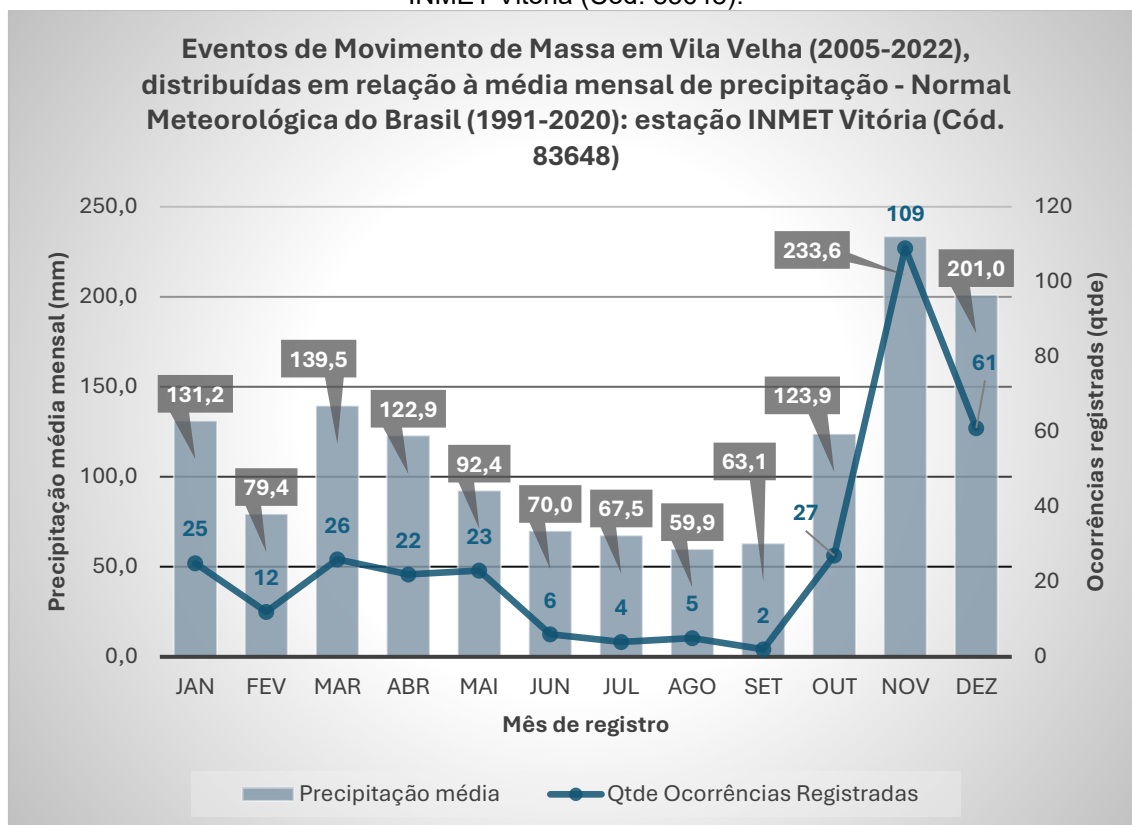
Ressalta-se que foram consultados portais de notícias e boletins da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC) como modo de confirmação e validação da ocorrência de eventos chuvosos e registros de movimento de massa apurados no inventário elaborado por este estudo.

5.3 Correlação entre Movimentos de Massa e Pluviosidade em Vila Velha

Investigados individualmente esses dois parâmetros, a presente etapa dessa pesquisa procurou avaliá-los de modo conjunto, por meio do uso dos métodos explicados no tópico 4.4.3 do capítulo 4.

Inicialmente combinaram-se os dados de movimento de massa registrados por meio dos relatórios de vistoria da Defesa Civil de Vila Velha, dividindo-os por mês (Figura 33) com as médias pluviométricas mensais da Normal Climatológica do Brasil (1990-2020) (Figura 41), de modo a formar o seguinte gráfico da Figura 44.

Figura 44 - Eventos de Movimento de Massa em Vila Velha (2005-2022), distribuídas em relação à média mensal de precipitação - Normal Meteorológica do Brasil (1991-2020): estação INMET Vitória (Cód. 83648).



É possível observar uma relação clara entre os meses mais chuvosos e uma maior quantidade de registros de ocorrência de processos geodinâmicos, enquanto os meses mais secos correspondem a eventos de movimento de massa mais raros. Novembro e dezembro são os meses com maiores registros de ocorrência, representando 53% do total inventariado, e com maiores volumes mensais médios de precipitação, concentrando cerca de um terço da pluviosidade média total normalmente esperada para um ano.

5.4 Correlação entre Movimentos de Massa e Pluviosidade no Maciço de Jaburuna

Este estudo concentrou suas atenções para as ocorrências geológicas registradas no Maciço de Jaburuna. Fez-se necessário a delimitação de um intervalo temporal que pudesse gerar uma melhor otimização dos dados levantados, levando-se em conta os objetivos desta pesquisa.

Primeiramente, tendo em vista a priorização de uma maior precisão dos dados horários para descrição dos eventos de pluviosidade, impôs-se a esta pesquisa a necessidade de se limitar a amplitude desta parte da análise ao período de 2015 a 2022, considerando que a disponibilidade de dados pluviométricos produzidos e armazenados pelo CEMADEN constassem em seu banco de dados a partir de meados de 2015 (conforme Quadro 9).

Em um segundo momento, foram identificados os episódios de chuva⁶ ocorridos nesse período, levantando-se a duração (horária) e o volume acumulado. Não foram considerados como relevantes para essa análise eventos chuvosos com volume acumulado menor que 10,0 mm, e espaços de até duas horas sem chuva entre dois eventos consecutivos de pluviosidade registradas foram identificados como um só evento chuvoso.

A partir desses critérios, puderam ser enumerados 176 eventos pluviométricos no período citado, os quais, em posse das informações de início e fim de cada chuva, foram calculados os volumes acumulados imediatamente anteriores ao final de cada evento, nos intervalos de 6h, 12h, 24h, 48h, 72h, 96h, 120h, 144h, 168h, 15 dias e 30 dias. Os episódios de chuva relacionados para esse estudo de correlação estão relacionados de forma sintética na tabela do Apêndice C.

Concomitante a isso, os dados de registros de ocorrências geodinâmicas no Maciço de Jaburuna compreendidos no período dos dados pluviométricos, a partir dos registros de data e horário do movimento de massa previamente levantado nos Relatórios de Vistoria de Risco e validado e complementado com informações de portais de notícias, puderam ser posicionados de modo a permitir

⁶ Segundo definição do IPT (1991, *apud* SALAROLI, 2003), episódio de chuva se trata de um evento pluviométrico caracterizado por ser um fenômeno meteorológico definido, apresentando uma duração, de horas a vários dias e uma intensidade medida em milímetros.

observar os volumes acumulados de chuva imediatamente anteriores ao evento geológico-geotécnico nos intervalos descritos no parágrafo anterior, conforme se observa na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Inventário de ocorrência de movimentos de massa no Maciço de Jaburuna (2017-2022), e seus respectivos volumes de chuva acumulada.

Data-hora de registro do evento SEMPDEC UTC ⁷	Referência Relatório SEMPDEC	Processo geodinâmico	# Episódio de Chuva	Volume acum. Evento de chuva (mm)	duração chuva (h)	Acumulado 6h (mm)	Acumulado 24h (mm)	Acumulado 48h (mm)	Acumulado 72h (mm)	Acumulado 96h (mm)	Acumulado 120h (mm)	Acumulado 144h (mm)	Acumulado 168h (mm)	Acumulado 15 dias (mm)	Acumulado 30 dias (mm)	Informações complementares
27/06/2017 17:00	0297/2017	Rb	41	65,41	30	12,41	15,40	25,00	60,87	68,24	78,44	86,03	86,43	93,92	96,10	(FOLHA VITÓRIA, 2017)
02/12/2017 12:00	0535/2017	Des	53	149,17	47	35,21	86,06	139,15	141,32	165,56	165,56	165,56	165,56	182,38	213,91	(G1, 2017)
16/04/2018 12:00	0177/2018	Des	69	130,61	15	93,91	129,43	129,43	129,43	144,78	183,39	183,39	187,13	254,24	328,55	(G1, 2018)
16/04/2018 12:00	0188/2018	Des														
09/11/2018 12:00	0596/2018	Des	87	91,02	41	20,47	80,87	84,81	96,42	120,85	121,65	121,65	121,65	159,71	198,58	(ARAÚJO, 2018)
09/11/2018 12:00	0597/2018	Des														
09/11/2018 12:00	0606/2018	Rb														
22/05/2019 --:--:--	0549/2019	Des, Rb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Descartado em razão de registro de data de ocorrência impreciso
25/03/2020 02:00	0858/2020	Des	114	39,22	4	39,22	39,22	42,39	46,94	53,63	69,33	69,33	69,33	111,14	248,16	
17/02/2021 21:00	0010/2021	Des	132	30,89	4	22,99	24,37	51,97	58,08	58,08	58,08	58,08	58,08	188,89	201,29	(G1, 2021a)
07/03/2021 23:00	0024/2021	Des	135	114,32	12	100,35	132,05	132,05	132,05	132,05	132,05	133,65	138,20	143,67	358,06	(LOBO, 2021), (ESPÍRITO SANTO, 2021)
07/03/2021 23:00	0027/2021	Des														
07/03/2021 23:00	0028/2021	Des														
11/10/2021 16:00	0198/2021	Des	149	220,39	54	27,54	111,23	119,34	119,34	121,93	123,73	123,73	123,73	123,73	123,73	(G1, 2021b)
16/11/2022 10:00	0095/2022	Des	171	68,48	19	46,78	55,44	55,44	55,64	55,64	55,64	55,64	55,64	103,94	176,27	(BORÉM, 2022)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

⁷ Os registros horários do banco de dados pluviométricos do Cemaden são registrados em UTC (*Coordinated Universal Time*/Tempo Universal Coordenado) ou GMT (*Greenwich Meridian Time*/Hora do Meridiano de Greenwich), que é a hora no meridiano de Greenwich, na Inglaterra, conforme convenção internacional, considerando o horário de Brasília (UTC-3) (CEMADEN, c2024). Para dialogar coerentemente com essas informações, aos horários de registros de movimento de massa dos Relatórios de Vistoria da Defesa Civil tratados nesta pesquisa foram acrescidas 3 horas adicionais, ajustando-se ao formato UTC.

Posteriormente, procurou-se observar a existência de uma correlação entre as ocorrências de movimentos de massa e os eventos de pluviosidade. Os resultados dessas análises estão apresentados nos tópicos seguintes.

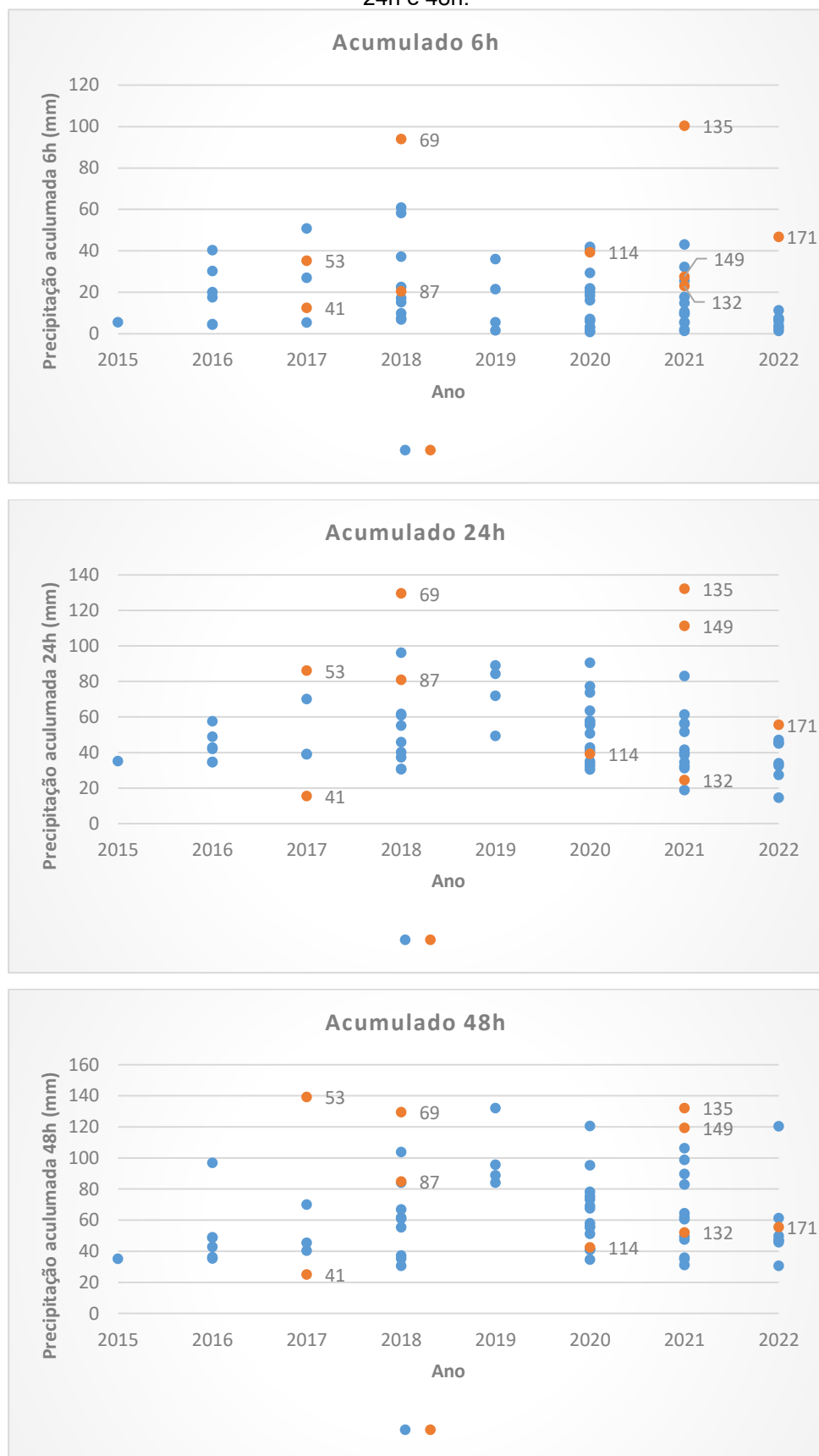
5.4.1 Análise do intervalo de chuva acumulado

A determinação de um intervalo de tempo de pluviosidade acumulada, que influencie na deflagração de movimentos de massa, precedeu da construção de gráficos de dispersão relacionando as datas de ocorrência dos eventos chuvosos com os valores acumulados nos intervalos anteriormente pré-definidos, com o objetivo de estabelecer o número de horas ou dias em que se observa mais nitidamente a separação entre episódios com e sem registros de processos geodinâmicos.

Com base na metodologia empregada nos trabalhos de Tatizana *et al.* (1987a e 1987b), Castro (2006), Silva (2014b) e Metodiev *et al.* (2018), foram analisados os eventos de chuva enumerados com volume pluviométrico acumulado a partir de 30,0 mm, de modo a produzir gráficos de dispersão com melhor visibilidade.

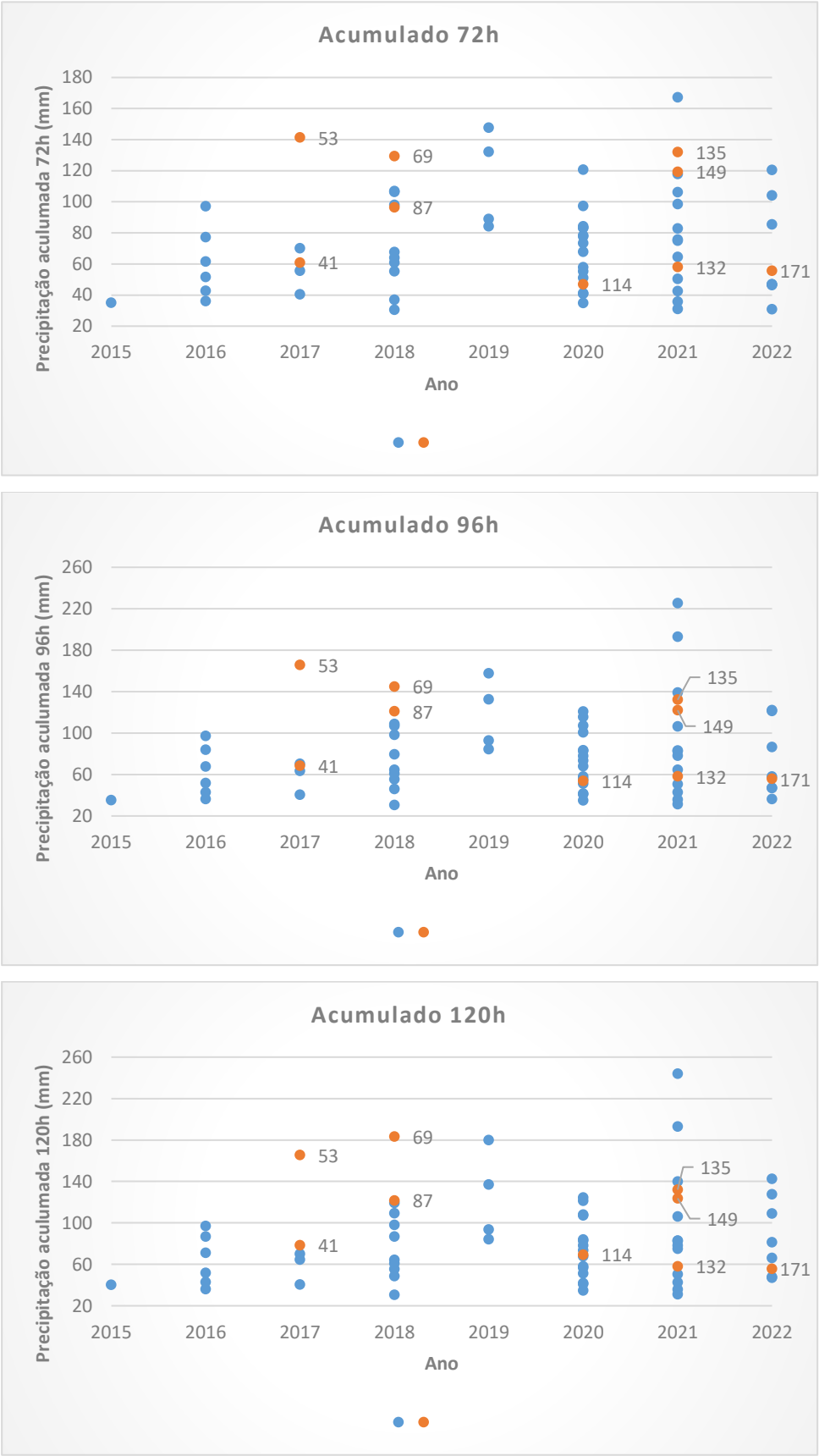
Desta forma, os episódios de chuva foram divididos pelo ano de ocorrência, com o objetivo de definir o menor intervalo de precipitação acumulada em que se possa observar um limite bem definido de separação entre os eventos com e sem registros de movimento de massa. Os gráficos de dispersão apresentados nas Figuras 45, 46, 47 e 48 a seguir representam de forma visual as chuvas acumuladas nos intervalos de 6h, 24h, 48h, 72h, 96h, 120h, 144h, 168h, 15 dias e 30 dias, para todos os anos de registros deste estudo.

Figura 45 - Gráficos de dispersão de precipitação acumulada por ano nos intervalos de 6h, 24h e 48h.



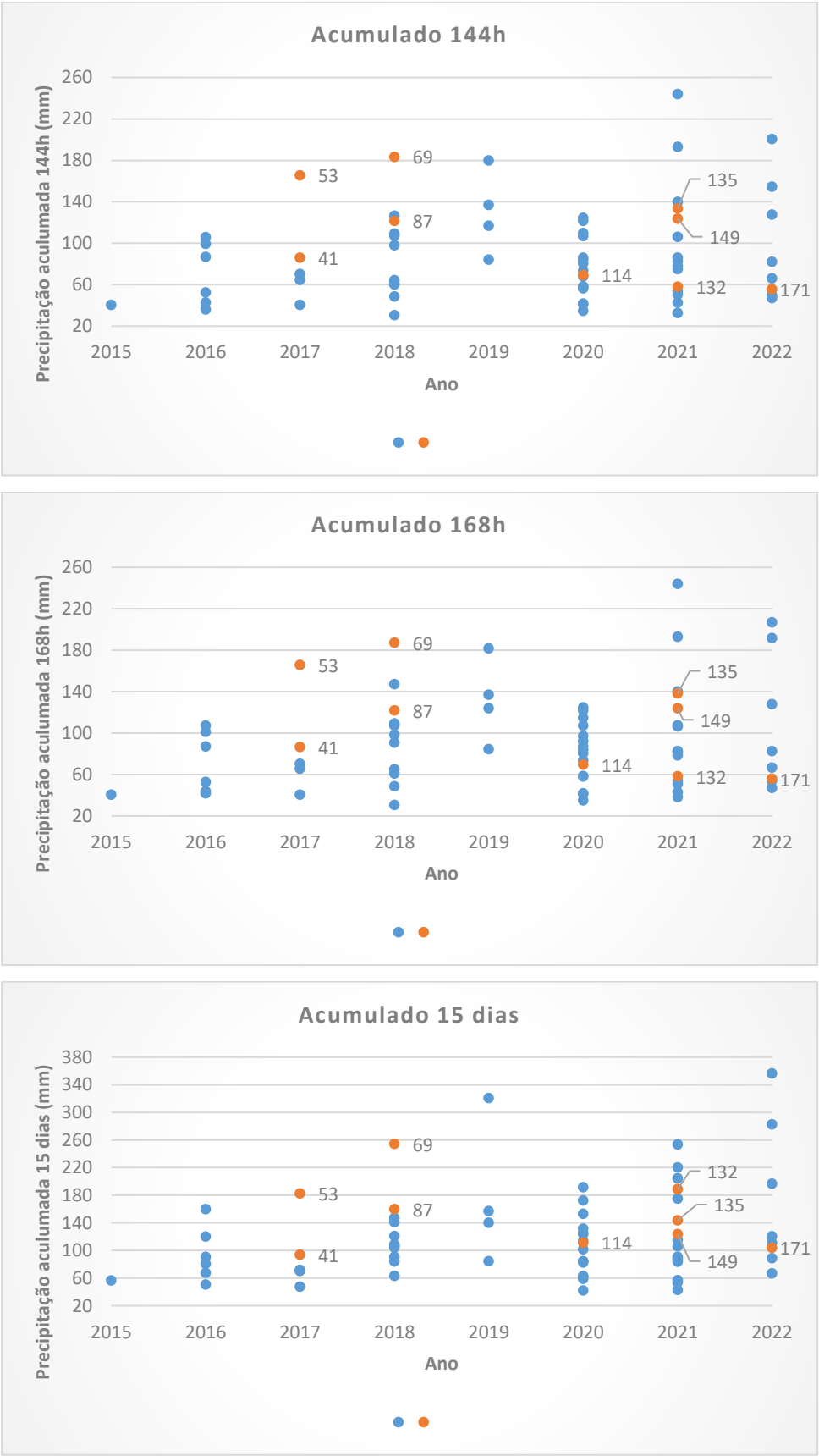
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 46 - Gráficos de dispersão de precipitação acumulada por ano nos intervalos de 72h, 96h e 120h.



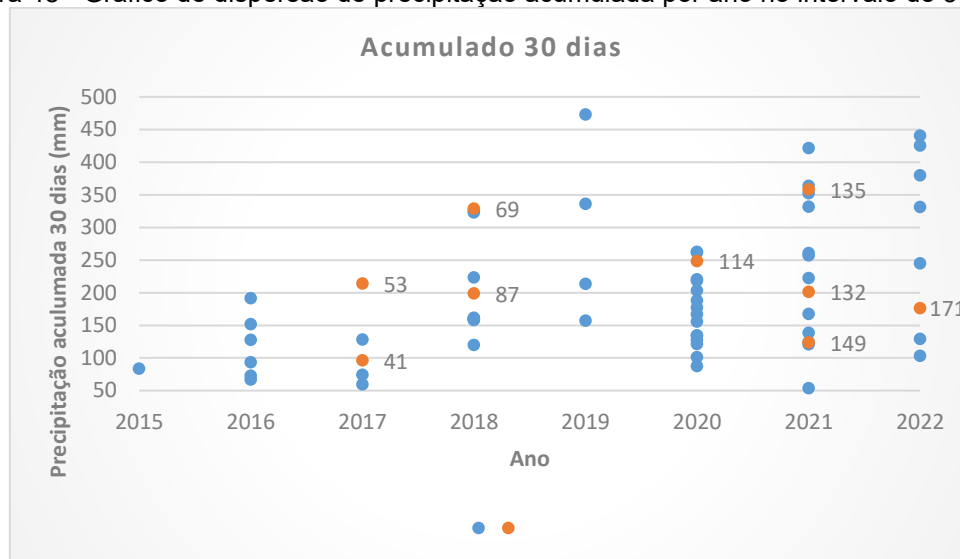
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 47 - Gráficos de dispersão de precipitação acumulada por ano nos intervalos de 144h, 168h e 15 dias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 48 - Gráfico de dispersão de precipitação acumulada por ano no intervalo de 30 dias.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A incorporação dos dados de chuva horária permitiu ilustrar o papel das chuvas com maior intensidade inicial, nos intervalos de 6h e 24h (Figura 45), e seu visível papel de influência na deflagração de eventos geodinâmicos, onde se pode observar a tendência de comportamento de grande possibilidade de ocorrências para acumulados de chuva a partir de 80,0 mm no intervalo de 6h.

As precipitações acumuladas para o intervalo de 24h apresentaram deflagração de processos geodinâmicos em todos os episódios de chuva dispostos nas faixas acima de 100,0 mm de volume acumulado para o referido intervalo, e em 50% das chuvas relacionadas neste estudo, a partir da faixa de 80,0 mm acumulado, houve registros de movimento de massa.

Pode-se estimar também, por meio da análise dos volumes acumulados para o intervalo de 96h (Figura 46), um limiar mínimo (53,63 mm) ao qual a partir dele há a possibilidade de ocorrência de um deslizamento de solo ou rocha.

Os outros intervalos não demonstraram tendências de comportamento visíveis em seus respectivos gráficos de dispersão, impossibilitando a compreensão de possíveis influências dos acumulados na deflagração de movimentos de massa.

Contudo, não se observou, ao longo dos intervalos analisados, uma separação nítida e generalizada entre os pontos com e sem registros de deslizamentos nos episódios de chuva medidos, ocorrendo, em diversos pontos,

para uma mesma faixa de volume acumulado, episódios de chuva com as duas condições.

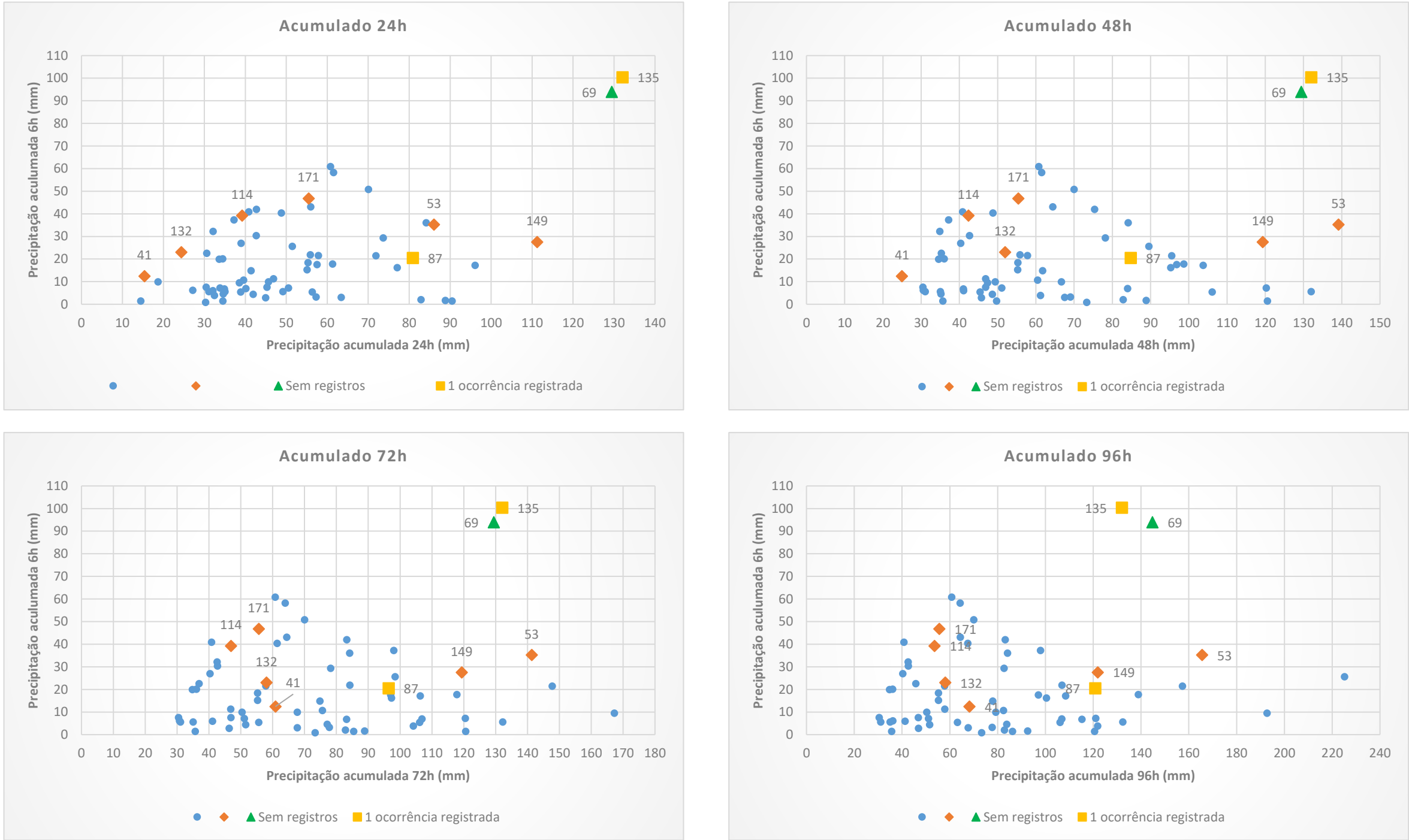
A irregularidade observada na distribuição dos acidentes geológicos registrados inviabilizou, nesta metodologia empregada, a elaboração de uma expressão matemática que demonstrasse o comportamento dos eventos deflagrados em função das chuvas acumuladas; o que fez com que esta pesquisa utilizasse uma abordagem de análise visual na determinação desses limites observados. Essa irregularidade pode ser explicada por outros fatores não relacionados diretamente com a precipitação, como a ação antrópica na instabilização de taludes de corte e a sucessiva ocorrência de deslizamentos em um mesmo ponto, que tendem a elevar a frequência de eventos, considerando que o movimento de massa pode aumentar a instabilidade de encosta.

5.4.2 Análise da relação entre precipitação e movimento de massa

Tendo em vista que, conforme tópico anterior, fora observado a ocorrência de registros de eventos geodinâmico tanto para episódios de chuva com curta duração e grande intensidade quanto para precipitações intermitentes de grande volume acumulado; procurou-se estabelecer uma correlação entre o volume de acumulada nos intervalos de 24h, 48h, 72h e 96h em relação ao volume acumulado de chuva nas 6h imediatamente anteriores aos registros de movimentos de massa – em representação a um índice de intensidade de chuva. Nos episódios de chuva sem registros de ocorrência geodinâmica, considerou-se para esse intervalo as últimas seis horas de cada evento chuvoso

Para a construção dos gráficos de dispersão, foram utilizados os pares de acumulados pluviométricos dos episódios de chuva sem registros e os que registraram um, dois e três processos geodinâmicos. Em seguida, buscou-se identificar o gráfico cujo intervalo com o número de horas de acumulado de chuva demonstrasse melhor um comportamento de seus pontos, permitindo assim o estabelecimento de índices que descrevam uma correlação entre a pluviosidade e a ocorrência de movimentos de massa. Os gráficos com todos os episódios de chuva relacionados estão apresentados na Figura 49 a seguir, destacando-se e enumerando-se os eventos com registros de movimentos de massa do Maciço de Jaburuna, bem como a quantidade de ocorrências em cada um deles.

Figura 49 - Gráficos de correlação entre precipitação acumulada de 6h e acumulada para 24h, 48h, 72h e 96h.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Conforme visto no tópico 5.4.1, os intervalos que permitiram se observar com melhor visibilidade uma possível tendência de comportamento nos dados de precipitação foram os acumulados de 24h e 96h. Os demais intervalos não proporcionaram uma disposição satisfatória dos dados em que se pudesse discernir uma separação entre os pontos com ou sem registro de deslizamentos. Os intervalos acima de 96h de acumulado também não indicaram tendências relevantes para este estudo, de modo que não foram relacionados neste tópico, mas são apresentados no Apêndice D.

Nota-se que nos episódios de chuva #69, #114, #135, #149 e #171, em que foram observados eventos geológicos, não houve grande variação do volume de chuva acumulado medido nos intervalos de tempo mais amplos, no que se infere a influência das pancadas de chuva e chuvas concentradas em curtos intervalos de tempo na deflagração de movimentos de massa, sem que necessariamente tenha ocorrido precipitações anteriormente.

Nos episódios de chuva denominados #41, #53, #87 e #132, com registros de movimentos de massa, foram observados que os volumes de chuva acumulada gradativamente se elevaram entre os intervalos de 6h e 96h, o que se intui que houve contribuição de chuvas anteriores para a deflagração do processo geodinâmico.

Ressalta-se que, dentre esses eventos relacionados, os pontos #53 e #87 já apresentaram valores consideráveis de acumulados nas 24h anteriores ao processo deflagrado (86,06 mm e 80,87 mm), o que também indica a participação das chuvas concentradas nesse intervalo como fator determinante para a ocorrência desses acidentes geotécnicos.

Os valores para cada intervalo de chuva, correlacionados com os registros de ocorrência de movimentos de massa e com cada episódio de chuva se encontram apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de acumulados nos intervalos de 6h, 24h, 48h, 72h e 96h, em relação aos eventos geodinâmicos registrados pela Defesa Civil de Vila Velha no Maciço de Jaburuna.

Data-hora de registro do evento SEMPDEC UTC	Qtde Eventos Geodinâmicos registrados	# Episódio de Chuva	Acum. 6h (mm)	Acum. 24h (mm)	Acum. 48h (mm)	Acum. 72h (mm)	Acum. 96h (mm)
2017-06-27 17:00	1	41	12,41	15,40	25,00	60,87	68,24
2017-12-02 12:00	1	53	35,21	86,06	139,15	141,32	165,56
2018-04-16 12:00	2	69	93,91	129,43	129,43	129,43	144,78
2018-11-09 12:00	3	87	20,47	80,87	84,81	96,42	120,85
2020-03-25 02:00	1	114	39,22	39,22	42,39	46,94	53,63
2021-02-17 21:00	1	132	22,99	24,37	51,97	58,08	58,08
2021-03-07 23:00	3	135	100,35	132,05	132,05	132,05	132,05
2021-10-11 16:00	1	149	27,54	111,23	119,34	119,34	121,93
2022-11-16 10:00	1	171	46,78	55,44	55,44	55,64	55,64

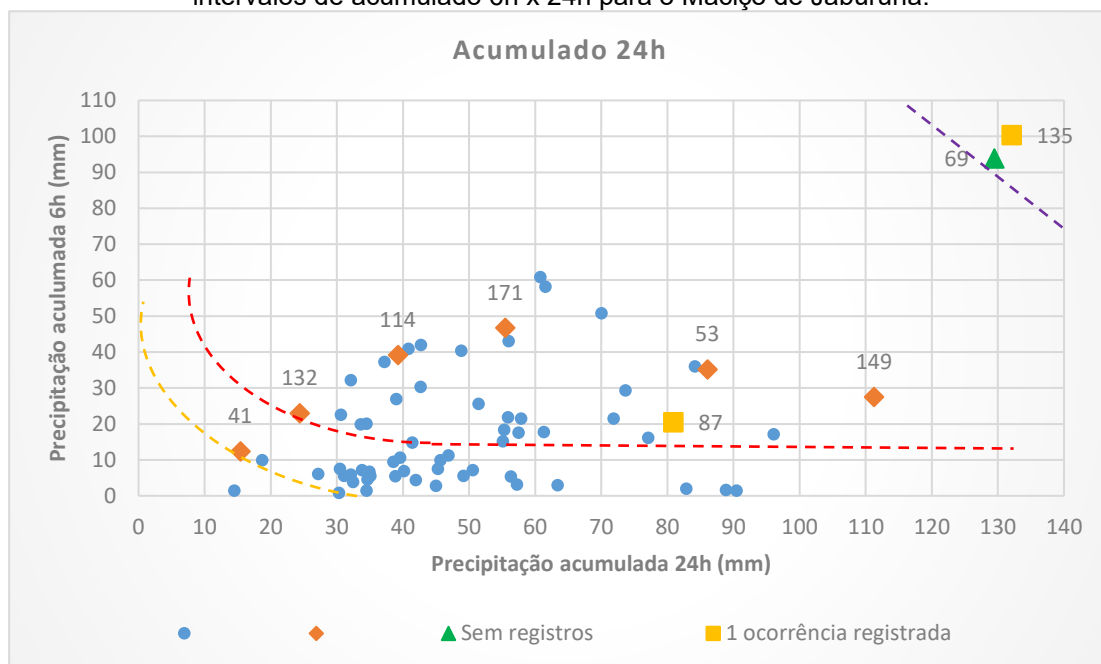
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Desta forma, nota-se o papel preponderante da chuva concentrada ocorrida nas seis horas imediatamente anteriores à deflagração de movimentos de massa nas áreas de risco do Maciço de Jaburuna, em face ao acumulado de chuva ocorrido no intervalo de 24h, registrando-se eventos geodinâmicos a partir de 22,99 mm/6h (episódio de chuva #132). No entanto, para valores a partir de 39,22 mm/6h (#114) há uma tendência maior à ocorrência de deslizamentos de solo e rocha. Nos registros de episódios de chuva com valores a partir de 93,91 mm/6h (#69), observa-se a ocorrência de movimentos de massa em todos eles.

Também se observou que o volume de chuvas acumulado no intervalo de 96h influencia na ocorrência de acidentes geológicos, considerando a sua possibilidade de deflagração a partir do limiar mínimo de 58,08 mm/96h (#132). Esse tipo de evento está normalmente associado a precipitações intermitentes e persistentes por múltiplos dias.

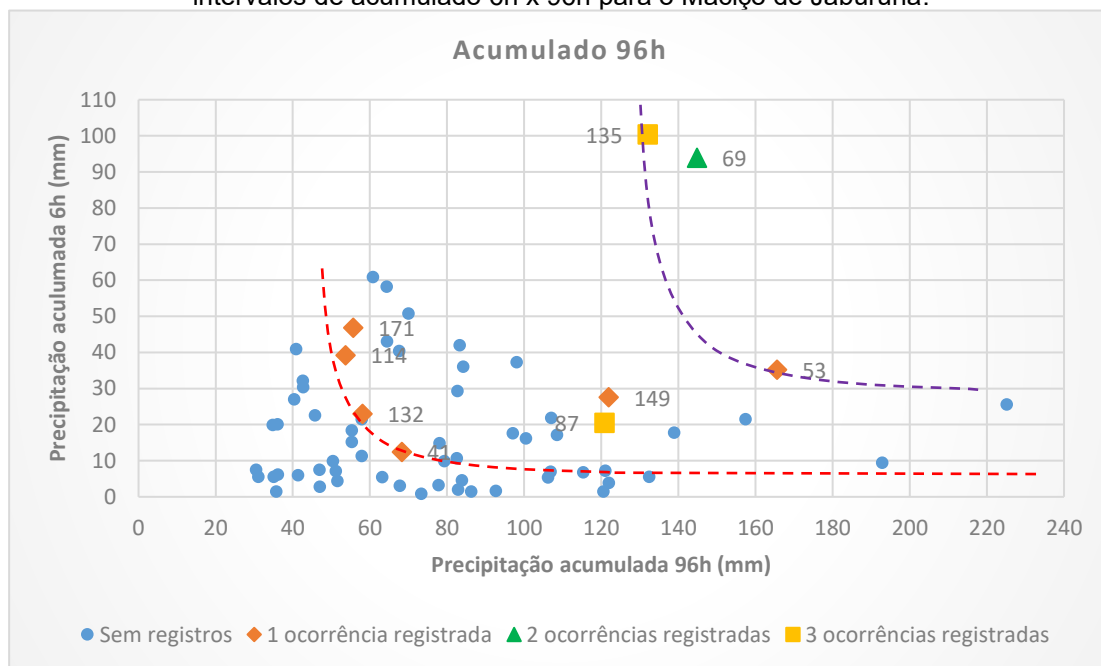
Embora a dispersão dos dados nos gráficos não permitiu a elaboração de uma expressão matemática que indicasse um comportamento determinístico dos registros pluviométricos e dos eventos geodinâmicos, as observações realizadas em análise visual puderam subsidiar o traçado de linhas e curvas nos gráficos que indicassem tendências de limiares a partir dos dados levantados, conforme representações das Figuras 50 e 51 a seguir.

Figura 50⁸ – Indicativos visuais de correlação entre Movimentos de Massa e Pluviosidade nos intervalos de acumulado 6h x 24h para o Maciço de Jaburuna.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 51 - Indicativos visuais de correlação entre Movimentos de Massa e Pluviosidade nos intervalos de acumulado 6h x 96h para o Maciço de Jaburuna.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Considerando esses apontamentos obtidos da análise dos gráficos, com objetivo de compreender a correlação gráfica entre pluviosidade e os movimentos de

⁸ A curva em laranja da Figura 50 indica o limite inferior do Limiar de Correlação #1 definido para o intervalo de acumulado em 24h. As curvas tracejadas em vermelhos representam os limites superiores e inferiores, respectivamente, dos Limiares de Correlação #1 e #2 estabelecidos. O

massa e estabelecer limiares críticos de deflagração de processos geodinâmicos, foi possível fazer as seguintes inferências⁹:

- **Limiares considerando os acumulados no intervalo de 6h:** os gráficos sugerem que há uma possibilidade de ocorrência de eventos geológicos entre os valores de 22,99 e 39,22 mm/6h, arredondados para 20,0 e 40,0 mm/6h. Acima de volumes de acumulado de 39,22 mm/6h (40,0 mm/6h), os registros de movimentos de massa passam a ser observados mais consistentemente, as chuvas nessa intensidade passam a apresentar uma maior probabilidade de risco. A partir de acumulados de 93,91 mm/6h, arredondado para 90mm/6h, observa-se episódios de chuva com múltiplos registros de ocorrência, sendo este valor um limite crítico ao qual há grande risco de deslizamentos.
- **Limiares considerando os acumulados no intervalo de 24h:** o gráfico da Figura 50 indica que a partir de valores de acumulado de 39,22 mm/24h, índice arredondado para 40,0 mm/24h, acidentes geotécnicos passam a figurar entre episódios de chuva nessa faixa de intensidade. Para índices a partir de 111,23 mm acumulados ao longo de 24h, arredondados para 110,00 mm/24h, as precipitações tendem a apresentar grande risco de ocorrência de movimentos de massa.
- **Limiares considerando os acumulados no intervalo de 96h:** o gráfico da Figura 51 sugere que entre valores de acumulado de 53,63 e 58,08 mm/96h, índices aproximados para 50,0 e 60,0 mm/96h, existe uma possibilidade espaçada de haver registros de processos geodinâmicos entre episódios de chuva nessa faixa de intensidade, desde que associadas a intensidades de chuva em intervalo curto (6h) de 20,0 a 40,0 mm, o que significa que eventos registrados nesses limiares podem ser governados tanto pelas chuvas mais imediatas quanto pelo regime de precipitação acumulada no intervalo mais longo (96h). Acima de acumulados de 130,0 mm/96h, índice aproximado para o valor real observado de 132,05 mm/96h, e precipitação em curto prazo com intensidade acima de 20,0 mm/6h, episódios de chuva nessas condições tendem a apresentar grande potencial de deflagração de movimentos de massa. Essa última inferência sugere que quanto maior for o

tracejado em lilás corresponde aos limites inferiores do Limiar de Correlação #3 determinados para os intervalos de 24h e 96h (Ver Tabela 4).

⁹ Para melhor visualização, adotou-se índices aproximados dos valores observados nas informações pluviométricas apresentadas nas tabelas e gráficos deste tópico relativas a movimentos de massa.

acumulado no intervalo de 96h, menor será a o volume de chuva necessário a ocorrer no intervalo de 6h para provocar um processo geodinâmico.

A partir dessas considerações, foi possível elaborar uma síntese, sugerindo possíveis conceitos de grau de severidade e níveis de alerta a partir desses limiares, apresentada na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Proposição de limiares críticos de deflagração de movimentos massa, associados a conceitos de severidade e níveis de alerta, para o Maciço de Jaburuna.

Limiar 1 (mm/6h)	Limiar 2 (mm/24h)	Limiar 3 (mm/96h)	Grau de Severidade	Nível de alerta
> 20,0 e < 40,0	< 40,0	> 50,0 e < 60,0	Observação	Moderado
> 40,0 e < 90,0	> 40,0 e < 110,0	> 60,0 e < 130,0	Atenção	Alto
> 90,0	> 110,0	> 130,0 e > 20,0 mm/6h	Alerta	Muito Alto

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

5.5 Critérios de Monitoramento e Alerta

Atualmente, o Cemaden é responsável pela emissão de alertas de riscos de movimentos de massa em território nacional. O monitoramento combina, como ferramenta de previsão de riscos geodinâmicos, as informações a respeito de mapeamento de áreas de risco, dados pluviométricos e dados instantâneos e acumulados de chuva estimados por radares, entre outros, de modo a verificar o atingimento de limiares críticos pré-definidos para cada região por parte da chuva acumulada e da chuva prevista por meio de prognóstico meteorológico, que são os dois fatores determinantes para que um alerta seja emitido (MARCHEZINI *et al.*, 2020; BRASIL, 2022a).

De acordo com manifestação do próprio órgão federal, utiliza-se como limiares críticos de risco de movimento de massa para o município de Vila Velha os mesmos fixados para Vitória, capital do estado (CEMADEN, 2022). Esses valores são adaptação dos limiares propostos em estudo de correlação para o município de Vitória por Salaroli (2003). Esses índices podem ser observados no Quadro 12.

Quadro 12 - Limiares críticos de risco para emissão de alertas de Movimento de Massa (Vitória e Vila Velha).

Limiares críticos (mm/24h)	Grau de Severidade
<36,0	Observação
36 – 87	Atenção
>87	Alerta

Fonte: CEMADEN (2022).

Desde 2013, foram emitidos 43 alertas de movimento de massa para Vila Velha (CEMADEN, 2023), considerando esses parâmetros, conforme se observa no Quadro 13 a seguir.

Quadro 13 - Histórico de emissão de alertas para o Município de Vila Velha (2013-2022).

Id	Código Alerta	Data Criação	Data Finalização	Ano	Tipologia do Evento
5252	495/2013	2013-12-12 02:45:00	2013-12-14 20:43:00	2013	Movimentos de Massa
5320	609/2013	2013-12-17 01:20:00	2013-12-31 15:58:00	2013	Movimentos de Massa
5535	49/2014	2014-01-09 10:15:00	2014-01-10 13:17:00	2014	Movimentos de Massa
5936	448/2014	2014-04-05 01:30:00	2014-04-05 18:43:00	2014	Movimentos de Massa
6432	940/2014	2014-10-26 15:40:00	2014-10-30 04:56:00	2014	Movimentos de Massa
6460	968/2014	2014-10-30 20:30:00	2014-11-01 18:43:00	2014	Movimentos de Massa
7713	865/2015	2015-06-24 19:25:00	2015-06-27 04:07:00	2015	Movimentos de Massa
8644	34/2016	2016-01-03 17:45:00	2016-01-04 19:26:00	2016	Movimentos de Massa
8817	207/2016	2016-01-20 07:40:00	2016-01-24 07:03:00	2016	Movimentos de Massa
10071	1461/2016	2016-11-02 10:20:00	2016-11-02 22:16:00	2016	Movimentos de Massa
10110	1500/2016	2016-11-14 00:55:00	2016-11-20 00:03:00	2016	Movimentos de Massa
2428	1076/2017	2017-05-21 17:33:00	2017-05-25 06:34:00	2017	Movimentos de Massa
3116	1759/2017	2017-11-29 07:51:00	2017-11-30 09:50:00	2017	Movimentos de Massa
3134	1776/2017	2017-12-01 11:49:00	2017-12-08 10:24:00	2017	Movimentos de Massa
4617	1153/2018	2018-04-16 07:55:00	2018-04-18 20:53:00	2018	Movimentos de Massa
10509	1586/2018	2018-11-08 18:32:00	2018-11-11 07:24:00	2018	Movimentos de Massa
11327	317/2019	2019-02-07 21:32:00	2019-02-09 05:45:00	2019	Movimentos de Massa
12219	1206/2019	2019-05-18 06:29:00	2019-05-20 07:24:00	2019	Movimentos de Massa
12808	1761/2019	2019-11-13 11:26:00	2019-11-18 06:34:00	2019	Movimentos de Massa

Id	Código Alerta	Data Criação	Data Finalização	Ano	Tipologia do Evento
12929	1882/2019	2019-11-20 14:58:00	2019-11-25 07:10:00	2019	Movimentos de Massa
13065	2017/2019	2019-12-06 19:35:00	2019-12-09 05:41:00	2019	Movimentos de Massa
13216	2166/2019	2019-12-25 00:16:00	2019-12-26 07:41:00	2019	Movimentos de Massa
13335	90/2020	2020-01-03 19:42:00	2020-01-07 04:39:00	2020	Movimentos de Massa
13586	342/2020	2020-01-22 22:36:00	2020-01-30 08:30:00	2020	Movimentos de Massa
14543	1297/2020	2020-03-01 18:32:00	2020-03-07 08:22:00	2020	Movimentos de Massa
15544	2297/2020	2020-06-16 02:05:00	2020-06-17 15:19:00	2020	Movimentos de Massa
15782	2533/2020	2020-09-23 16:42:00	2020-09-24 15:17:00	2020	Movimentos de Massa
15850	2601/2020	2020-10-24 18:44:00	2020-10-27 12:28:00	2020	Movimentos de Massa
16242	2990/2020	2020-11-25 01:41:00	2020-11-26 05:22:00	2020	Movimentos de Massa
16447	3195/2020	2020-12-09 16:12:00	2020-12-13 00:57:00	2020	Movimentos de Massa
17550	711/2021	2021-02-07 12:38:00	2021-02-11 17:03:00	2021	Movimentos de Massa
17760	921/2021	2021-02-16 18:38:00	2021-02-21 12:47:00	2021	Movimentos de Massa
18087	1244/2021	2021-03-07 20:52:00	2021-03-13 06:20:00	2021	Movimentos de Massa
18413	1568/2021	2021-05-08 12:39:00	2021-05-10 06:29:00	2021	Movimentos de Massa
18656	1810/2021	2021-10-11 05:43:00	2021-10-14 08:42:00	2021	Movimentos de Massa
18828	1982/2021	2021-11-01 22:01:00	2021-11-03 17:17:00	2021	Movimentos de Massa
20254	676/2022	2022-02-03 00:30:00	2022-02-04 09:33:00	2022	Movimentos de Massa
22363	2775/2022	2022-11-24 22:59:00	2022-11-27 08:04:00	2022	Movimentos de Massa
22449	2862/2022	2022-11-27 19:27:00	2022-12-05 14:14:00	2022	Movimentos de Massa

Fonte: CEMADEN (2023).

Analisando os dados de ocorrência relacionados neste estudo, em comparação com o histórico de emissão de alertas realizados pelo Cemaden, obteve-se o seguinte resultado resumido pela Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 - Quadro comparativo do inventário de ocorrências registradas pela Defesa Civil de Vila Velha no Maciço de Jaburuna em relação aos alertas emitidos pelo Cemaden (2017-2022).

Data-hora de registro do evento SEMPDEC UTC	Data-hora de registro (horário de Brasília)	Qtde Eventos Geodinâmicos registrados	# Episódio de Chuva	Acum. 6h (mm)	Acum. 24h (mm)	Acum. 96h (mm)	Alerta Ativo?	Código ALERTA	Data-hora de Criação da Alerta
2017-06-27 17:00	2017-06-27 14:00	1	41	12,41	15,40	68,24	NÃO	-	
2017-12-02 12:00	2017-12-02 09:00	1	53	35,21	86,06	165,56	SIM	1776/2017	2017-12-01 11:49:00
2018-04-16 12:00	2018-04-16 09:00	2	69	93,91	129,43	144,78	SIM	1153/2018	2018-04-16 07:55:00
2018-11-09 12:00	2018-11-09 09:00	3	87	20,47	80,87	120,85	SIM	1586/2018	2018-11-08 18:32:00
2020-03-25 02:00	2020-03-24 23:00	1	114	39,22	39,22	53,63	NÃO	-	
2021-02-17 21:00	2021-02-17 18:00	1	132	22,99	24,37	58,08	SIM	921/2021	2021-02-16 18:38:00
2021-03-07 23:00	2021-03-07 20:00	3	135	100,35	132,05	132,05	SIM	1244/2021	2021-03-07 20:52:00
2021-10-11 16:00	2021-10-11 13:00	1	149	27,54	111,23	121,93	SIM	1810/2021	2021-10-11 05:43:00
2022-11-16 10:00	2022-11-16 07:00	1	171	46,78	55,44	55,64	NÃO	-	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Observa-se que 11 das 14 ocorrências de deslizamentos registradas no Maciço de Jaburuna aconteceram durante a vigência de alertas ativados pelo Cemaden. Contudo, dessas ocorrências, seis processos geodinâmicos foram deflagrados em intervalos próximos ao horário de criação do alerta, considerando a precisão em horas dos registros geológicos por parte da Defesa Civil municipal.

Conforme visto no tópico 5.4.2, acumulados de chuva no intervalo de 6h foram determinantes para a deflagração de deslizamentos em parte considerável dos eventos geológicos relacionados neste estudo, o que demonstra que a incorporação desse índice (limiares críticos de acumulados de 6h) de monitoramento de eventos pluviométricos na previsão meteorológica a curtíssimo prazo (*nowcasting*) tende a produzir alertas com maior tempo de antecedência e, conseqüentemente, maior tempo de preparação para realização de ações de resposta a desastres.

6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou analisar as correlações existentes entre a pluviosidade e a ocorrência de movimentos de massa nas áreas de risco do município de Vila Velha, e aprofundar o conhecimento nas principais causas de deflagração de um movimento de massa e as características físicas que tornam um determinado local suscetíveis a riscos e desastres.

Por meio do inventário de ocorrências geológicas registradas construído para este trabalho, foi possível identificar que a distribuição de eventos se concentra nos meses de novembro e dezembro, representando 53% do total inventariado no período de 2005 a 2022. Conforme se observa na Figura 44, esses meses também apresentam os maiores registros médios mensais de pluviosidade.

Ao se limitar o estudo de correlações à área do Maciço de Jaburuna, reduziu-se a variabilidade de características físicas das diversas áreas de risco do município de Vila Velha, de modo que o recorte da localidade em questão apresentasse uma relativa homogeneidade em seus relevos, litologias, solos e padrões de ocupação.

Quanto às informações de pluviosidade, fez-se a escolha de priorizar os dados pluviométricos com precisão horária produzidos pelas plataformas automáticas de coleta de dados de chuva mantidas pelo Cemaden, com período de disponibilidade a partir de 2015.

Essas considerações permitiram o estabelecimento de um período temporal de análise de 2015 a 2022, onde foi possível analisar 14 ocorrências registradas pela Defesa Civil municipal, e se identificou 176 episódios de chuva relevantes para o estudo (que apresentaram mais de 10 mm de acumulado ao longo de sua duração), conforme ilustrado no capítulo anterior.

Os resultados obtidos indicam que a incorporação dos dados de chuva horária neste estudo se mostrou de grande importância para identificar a influência das precipitações pluviométricas de alta intensidade em curto espaço de tempo na deflagração de processos geodinâmicos. Enquanto trabalhos desenvolvidos por Tatizana *et al.* (1987a e 1987b), Salaroli (2003), Castro (2006), Silva (2014b), entre outros, ressaltam os volumes de chuva acumulados nos dias anteriores ao movimento de massa como determinantes para a sua deflagração, o presente estudo identificou que as precipitações de curta duração obtiveram maior relevância na maior parte das ocorrências de deslizamentos de solo e rocha no Maciço de Jaburuna, evidenciando

que as características físicas do relevo e as intervenções antrópicas em vistas de ocupação fragilizam e tornam a área suscetível a esses processos, vulnerabilizando as populações que habitam a localidade.

Essas precipitações de curta duração e grande intensidade costumam acontecer durante a ocorrência de fenômenos atmosféricos como os Complexos Convectivos de Mesoescala, as Frentes Frias, as Linhas de Instabilidade e a ZCAS.

No contexto das mudanças climáticas de caráter antrópico, de acordo com o Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC, 2023), existe uma tendência ao aumento de frequência e magnitude dos eventos de precipitação intensa, conforme a elevação da temperatura média do planeta estimada para os próximos anos. Isso significa que há uma probabilidade alta das ocorrências de movimento de massa se tornarem ainda mais frequentes, instando às autoridades governamentais com maior urgência a necessidade de implementação de medidas de redução de riscos de desastres.

Além de intervenções estruturantes como execução de obras de engenharia para redução de riscos de desastres ou ações de reassentamento de populações habitantes de áreas de risco, importantes medidas não estruturantes que visam a preparação das comunidades vulneráveis frente à iminência de eventos com potencial de desastres, como a emissão de alertas de risco, têm sido amplamente implementadas e operacionalizadas em todo o mundo.

Os Sistemas de Alerta Antecipado, para que tenham um desempenho funcional, dependem da adoção de limiares críticos bem adaptados às áreas de interesse a fim de que os alertas confeccionados obtenham os efeitos esperados.

O estabelecimento de limiares críticos bem ajustados permite às autoridades elaborarem planos de contingência que permitam a operacionalização de atividades de monitoramento das áreas de risco e preparação de ações de evacuação e resposta a possíveis desastres, além de se possibilitar a elaboração de alertas mais credíveis, que teriam por consequência uma maior adesão da população vulnerável e a adoção de medidas de autoproteção.

Os alertas de risco geológico atualmente emitidos pelo Cemaden para o município de Vila Velha têm adotado os limiares críticos estabelecidos para a capital Vitória.

Com a análise dos gráficos de correlação entre pluviosidade e movimentos de massa para o Maciço de Jaburuna construídos neste estudo a partir do inventário de registros de deslizamentos e do banco de dados pluviométricos, foi possível inferir que

os intervalos de 6h, 24h e 96h de chuvas anteriores ao acidente geológico possuem grande influência na deflagração de processos geodinâmicos. De fato, na maior parte dos eventos observados, a precipitação acumulada no intervalo de 6h foi fator determinante para ocorrência dos eventos, tendo em vista a baixa variabilidade observada nos intervalos maiores.

O valor mínimo observado de chuva acumulada a iniciar um deslizamento foi de 22,99 mm/6h, sendo, no entanto, a partir do índice pluviométrico de 39,22 mm/6h que episódios de chuva dessa magnitude passam a apresentar uma maior tendência a provocar eventos geodinâmicos, convencionando-se esse intervalo (arredondados para 20,0 e 40,0 mm/6h, respectivamente, para fins de melhor visualização) como grau de observação e nível de alerta moderado, de acordo com a metodologia utilizada pelo Cemaden para classificação de alertas e monitoramento de risco de desastres (BRASIL, 2022a). Considerando o grau de severidade de monitoramento de atenção, utilizou-se o intervalo de índices de 39,22 e 93,91 mm/6h (arredondados para 40,0 e 90,0 mm/6h), em que se obteve registros de movimentos de massa, como critério para classificar o nível de alerta alto. Acima do índice de pluviosidade de 93,91 mm/6h (arredondado para 90,0 mm/6h), definiu-se o grau de severidade de alerta e o nível de alerta muito alto.

Para o intervalo de acumulado de 24h, o valor de pluviosidade obtido por meio da análise do gráfico de correlação abaixo do qual foi considerado para critério de estabelecimento do limiar correspondente ao grau de monitoramento de observação e nível de alerta moderado foi de 39,22 mm/24h (arredondado para 40,0 mm/24h). Entre os índices pluviométricos de 39,22 e 111,23 mm/24h (arredondados para 40,0 e 110,0 mm/24h), sugestionou-se o grau de severidade de monitoramento de alerta e o nível de alerta alto como critérios para esses limiares. Acima do índice de 111,23 mm/24h (arredondado para 110,0 mm/24h), propôs-se os limiares relativos ao grau de severidade de alerta e o nível de alerta muito alto para risco de deslizamentos.

Para o intervalo de acumulado de 96h anteriores à ocorrência de movimentos de massa, convencionou-se a faixa localizada entre os índices pluviométricos de 53,63 e 58,08 mm/96h (arredondados para 50,0 e 60,0 mm/96h), associados a chuvas no intervalo de 6h de 20,0 a 40,0 mm/6h, como limiares para monitoramento com grau de severidade de observação e nível de alerta moderado. A partir do índice de 58,08 mm/96h (arredondado para 60,0 mm/96h) até o índice de 132,05 mm/96h (arredondado para 130,0 mm/96h), indicou-se o atingimento dessa faixa pluviométrica

como critério de monitoramento o grau de severidade de atenção e nível de alerta alto. Para valores acima do limiar de 132,05 mm/96h (arredondado para 130,0 mm/96h) e precipitação em curto prazo com intensidade acima de 20,0 mm/6h, foi definido como critério de monitoramento o grau de severidade de alerta e nível de alerta muito alto.

Os limiares adotados e os critérios de monitoramento e alerta sugeridos estão relacionados de forma sintética na Tabela 4 do capítulo anterior. Com isso, compreende-se que o objetivo geral dessa pesquisa foi atingido.

Deve-se ressaltar, contudo, as dificuldades encontradas neste trabalho; nomeadamente, a quantidade limitada de dados pluviométricos com medidas horárias, o que levou esse estudo a não utilizar 28 das 43 ocorrências registradas no Maciço de Jaburuna, devido a esses processos geodinâmicos terem acontecido fora do intervalo ao qual passa a ser disponibilizado o banco de dados com chuvas medidas a cada hora. Essa decisão oportunizou a verificação de informações sobre intensidade das chuvas e sua influência na deflagração de deslizamentos, mas reduziu a quantidade de dados para realização do estudo de correlação.

Essa limitação alocou, por consequência, um grau de incerteza não desprezível às inferências propostas de limiares críticos, uma vez que a redução do número de registros de movimento de massa prejudicou um maior refinamento das informações geradas. De fato, com uma quantidade maior de eventos de chuva sem ocorrências, houve um considerável número de falsos positivos sobre as curvas observadas na Figura 50 e na Figura 51, descritas na Tabela 4, embora esses pontos tendam a diminuir à medida que os limiares de emissão de alerta aumentam o grau de severidade.

Além disso, houve também uma dificuldade em se estabelecer o horário exato e data do evento geológico registrado, tendo em vista que a solicitação de vistoria feita pelos moradores à Defesa Civil nem sempre se dá no mesmo dia do ocorrido ou no dia posterior, o que pode fazer com que essas informações se percam nos relatórios do órgão municipal. Essa limitação foi parcialmente contornada neste estudo devido à consulta feita aos portais de notícia da época e aos boletins da Defesa Civil Estadual, que em diversas ocasiões confirmaram os registros feitos pelo município.

Entende-se, considerando a atual metodologia de monitoramento e envio de alertas de risco operacionalizada pelo Cemaden, pelo que pode ser concluído neste estudo a respeito da influência das precipitações de curta duração e alta intensidade,

que os limiares críticos não foram satisfatórios para emissão de alertas em face das ocorrências registradas no Maciço de Jaburuna, conforme analisado no tópico 5.5.

Pela própria natureza do fenômeno enfatizado nessas conclusões, a consideração dos volumes de chuva acumulada para emissão de alerta é pouco efetiva em face às chuvas de curta duração e alta intensidade, de modo que se torna ainda mais importante as previsões de curtíssimo prazo (*nowcasting*) na produção de alerta e na preparação da população e dos órgãos de resposta frente à possibilidade de desastres, o que depende dos avanços tecnológicos na instrumentação e operação de ferramentas de previsão meteorológica que permitam a modelagem de cenários críticos com maior antecipação e maior precisão.

De todo modo, a partir dos resultados obtidos pelo estudo da correlação entre pluviosidade e movimentos de massa para o Maciço de Jaburuna, identificou-se uma limitação atualmente existente nos protocolos de envio de alerta.

Uma forma de contornar esse problema seria a de antecipar, anteriormente aos alertas emitidos pelo Cemaden, as ações de monitoramento e preparação para desastres, considerando outras fontes de informações meteorológicas, como o Inmet, a plataforma '*Alerta!*' do Governo do Estado do Espírito Santo, entre outras instituições cujos avisos e boletins, embora seja reconhecido que suas informações não tenham o mesmo peso que um alerta de risco, normalmente são elaborados com maior antecedência, o que permite à instituição de Proteção e Defesa Civil e aos órgãos setoriais uma melhor margem de ação.

Os resultados desta pesquisa podem ainda auxiliar nas atividades preventivas de Defesa Civil e na Gestão de Redução de Risco de Desastres em geral, caso sejam incorporados em planos de contingência específicos para a região do Maciço de Jaburuna, considerando todas as particularidades das populações habitantes do local; subsidiando a elaboração de etapas de preparação para eventos de anormalidade, como a criação de protocolos para realização de monitoramentos preventivos nas áreas de risco; em atividades de instrução e treinamento de voluntários e moradores; e auxiliando na tomada de decisões quanto a evacuações e aberturas de abrigos temporários.

Considerando que o objetivo desta pesquisa tratou de um recorte específico relacionado à gestão de riscos e desastres, no contexto dos riscos geológicos e da dinâmica entre as populações vulneráveis e as mudanças ambientais, propõe-se algumas sugestões de pesquisas adicionais:

- Atualização do inventário de movimentos de massa e do banco de dados pluviométricos de forma frequente, permitindo a incorporação de novos registros de eventos, a fim de que se possa calibrar os limiares críticos e aprimorar o nível de qualidade dos alertas;
- Expansão dos estudos de correlação entre pluviosidade e movimentos de massa para outras áreas de risco de Vila Velha, a fim de avaliar se os índices propostos nesta pesquisa são válidos para as demais regiões do município;
- Análise dos processos geodinâmicos registrados, em relação à pedologia e à litologia de modo a aprofundar os conhecimentos dos efeitos da precipitação nas rupturas de solo e rocha observados nos deslizamentos;
- Tratamento estatístico dos dados pluviométricos e de escorregamentos, analisando a distribuição de frequência de cada um dos parâmetros.

7 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Rodrigo. **Chuva deixa mais de 180 pessoas impedidas de voltar para casa no Espírito Santo**. Folha Vitória, 09 nov. 2018. Disponível em: <<https://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/11/2018/chuva-deixa-mais-de-180-pessoas-impedidas-de-voltar-para-casa-no-espírito-santo>>. Acesso em: 18 mar. 2024.

AYODE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332p.

BARON, Gutieres. Pesquisadores da UFSC estiveram no olho do furacão “Catarina”. Disponível em: <<https://noticias.ufsc.br/2004/03/pesquisadores-da-ufsc-estiveram-no-olho-do-furacao-atarina/>>. Acesso em: 3 mar. 2024.

BORÉM, Alberto. Chuva no ES alaga ruas, complica trânsito e tem até capivara em valão. **A Gazeta**. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/clima/chuva-no-es-alaga-ruas-complica-transito-e-tem-ate-capivara-em-valao-1122>>. Acesso em: 18 mar. 2024.

BITAR, Omar Yazbek. Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25.000: nota técnica explicativa**. 1. ed. Brasília: IPT/CPRM, 2014. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/16588/1/NT-Carta_Suscetibilidade.pdf>. Acesso em: 4 out. 2023.

BITAR, Omar Yazbek; FREITAS, Carlos Geraldo Luz de; MACEDO, Eduardo Soares de. **Guia Cartas Geotécnicas orientações básicas aos municípios**. São Paulo: IPT, 2015. Disponível em: <https://escriba.ipt.br/pdf/1280-Cartas_geotecnicas_municipais__orientacoes_basicas.pdf>. Acesso em: 2 set. 2023.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL: Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória - geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. 1. ed. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL, 1983. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281417>>. Acesso em: 24 set. 2023.

BRASIL. Decreto n.º 97.274, de 16 de dezembro de 1988. Dispõe sobre a organização do Sistema Nacional da Defesa Civil - SINDEC e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d97274.htm#:~:text=DECRETA%20%3A,contra%20as%20calamidades%20p%C3%BAblicas%20\(art.>](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d97274.htm#:~:text=DECRETA%20%3A,contra%20as%20calamidades%20p%C3%BAblicas%20(art.>)>. Acesso em: 28 ago. 2023.

BRASIL. Decreto n.º 895, de 16 de agosto de 1993. Dispõe sobre a organização do Sistema Nacional de Defesa Civil (Sindec), e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d0895.htm>. Acesso em: 29 ago. 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007. Disponível em: <<http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm>. Acesso em: 28 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional – MIN. Fundação Getúlio Vargas – FGV. **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres – PNGRD**. 1 ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2012b. Disponível em: <<http://zemlya.hospedagemdesites.ws/geologia/wp-content/uploads/2014/05/PNGRD.pdf>>. Acesso em: 7 set. 2023.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM. **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Vila Velha, Espírito Santo**. 1. ed. Vila Velha: SGB/CPRM, 2012d. Disponível em: <<https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19536>>. Acesso em: 4 out. 2023.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Vila Velha - ES**. 1. ed. Vila Velha: SGB/CPRM, 2015a. Disponível em: <<https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/14903>>. Acesso em: 4 out. 2023.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM. **Carta geotécnica de aptidão à urbanização frente a desastres naturais: município de Vila Velha, ES**. 1. ed. Vila Velha: SGB/CPRM, 2015b. Disponível em: <<https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17234>>. Acesso em: 4 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN. Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais. **Projeto GIDES: Manual técnico de monitoramento e alertas de movimentos de massa**. 1. ed. São José dos Campos: MCTI/CEMADEN, 2018a.

BRASIL. **Portaria nº 413, de 13 de setembro de 2018**. Define procedimentos sobre o envio de informações, pelos órgãos e entidades estaduais e municipais de Defesa Civil, de alerta de proteção e defesa civil à população, nos termos da Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, e alterações posteriores, e da Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, e utilização do sistema Interface de Divulgação de Alertas Públicos - IDAP para envio via SMS, televisão por assinatura ou Plataforma Alertas Públicos da Google. **Diário Oficial da União**. Brasília, 13 de setembro de 2018b, ed. 178, seção 1, p.22. Disponível em:

<https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/Portaria_MI_n._413.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD**. Mdr.gov.br. 2019. Disponível em: <<https://antigo.mdr.gov.br/demonstracoes-contabeis-e-notas-explicativas/294-secretaria-nacional-de-protecao-e-defesa-civil/centro-nacional-de-gerenciamento-de-riscos-e-desastres/5986-centro-nacional-de-gerenciamento-de-riscos-e-desastres-cenad>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

BRASIL. **Portaria nº 3.027, de 04 de dezembro de 2020**. Define procedimentos para o envio de alertas à população sobre a possibilidade de ocorrência de desastres, em articulação com os órgãos e entidades estaduais, distritais e municipais de proteção e defesa civil, e para utilização do sistema Interface de Divulgação de Alertas Públicos para envio de alertas via mensagem de texto (SMS), televisão por assinatura ou plataforma de avisos públicos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 07 de dezembro de 2020, ed. 233, seção 1, p. 17. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-3.027-de--4-de-dezembro-de-2020-292327843>>. Acesso em: 10 set. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEN. **Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática**. 1 ed. São José dos Campos: MDR, 2022a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – CEPED. **Capacitação para uso da Interface de Divulgação de Alertas Públicos (IDAP)**. 1. ed. Florianópolis: UFSC/CEPED, 2022b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN. **Aspectos técnicos dos extremos geo-hidrológicos no país e as diferenças regionais**. 1. ed. São José dos Campos: MDR/CEMADEN, 2022c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN. **Sistemas de monitoramento e alerta como suporte à gestão local de riscos de desastres**. 1. ed. São José dos Campos: MDR/CEMADEN, 2022d.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional – MIDR. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – CEPED. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: MIDR, 2023. Disponível em: <<https://atlasdigital.mdr.gov.br/>>. Acesso em: 11 out. 2023.

CALVELLO, Michele; D'ORSI, Ricardo Neiva; PICIULLO, Luca; *et al.* The Rio de Janeiro early warning system for rainfall-induced landslides: Analysis of performance for the years 2010–2013. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, n. 12, p. 3–15, 2015.

CARVALHO, Leila Maria V. de; JONES, Charles. Zona de convergência do atlântico sul. *In: Tempo e clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 468p.

CASTRO, Jeanne Michelle Garcia. **Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Ouro Preto, 2006. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2737>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTA DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **O CEMADEN e sua competência no âmbito do Plano Nacional de Gestão de Risco de Riscos e Resposta a Desastres Naturais**. CEMADEN, 2017. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/o-cemaden-e-sua-competencia-no-ambito-do-plano-nacional-de-gestao-de-risco-de-riscos-e-resposta-a-desastres-naturais/>>. Acesso em: 7 set. 2023.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTA DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Estratégia para redução do risco de desastres no país**. CEMADEN, 2020. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/estrategia-para-reducao-de-desastres-no-pais/>>. Acesso em: 30 ago. 2023.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTI. **Pluviômetros automáticos**. CEMADEN, c2017. Disponível em: < <http://www2.cemaden.gov.br/pluviometros-automatico/> >. Acesso em: 13 mar. 2024.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden**. CEMADEN, c2024. Disponível em: < <http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/> >. Acesso em: 13 mar. 2024.

CERRI, Leandro Eugênio da Silva; MACEDO, Eduardo Soares de; OGURA, Agostinho Tadashi; SANTORO, Jair. Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) para escorregamentos no trecho paulista da Serra do Mar, SP. *In: Geologia de Engenharia: Conceitos, método e prática*. São Paulo: O Nome da Rosa, 2023, p. 68–73. Disponível em: <<http://www.arsgeologia.com.br/GEOLOGIA%20DA%20ENGENHARIA-4ed-2023.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CHUVA causa alagamentos e queda de árvores na Grande Vitória. **G1**, 17 fev. 2021a. Disponível em: <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2021/02/17/chuva-causa-alagamentos-e-queda-de-arvores-na-grande-vitoria.ghtml>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

CHUVA forte deixa desabrigados e desalojados no ES. **G1**, 12 out. 2021b. Disponível em: <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2021/10/12/chuva-forte-deixa-desabrigados-e-desalojados-no-es.ghtml>>. Acesso em: 20 mar. 2024

CHUVA forte deixa ruas alagadas e água invade casas em Vila Velha, no ES. **G1**, 18 abr. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/chuva-forte->

deixa-ruas-alagadas-e-agua-invade-casas-em-vila-velha-no-es.shtml>. Acesso em: 20 mar. 2024.

CHUVA no ES faz mais de 20 famílias deixarem suas casas. **G1**, 03 dez. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/chuva-no-es-faz-mais-de-20-familias-deixarem-suas-casas.shtml>>. Acesso em: 18 mar. 2024.

COBRADE. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres. 2012. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2023.

COEN, Julia; CAVALCANTI, Iracema F. A.; BRAGA, Rodrigo H. M; SANTOS NETO, Luís. Linhas de instabilidade na costa N-NE da América do Sul. *In: Tempo e clima no Brasil*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 468p.

CORREA, Wesley de Souza Campos; ALBUQUERQUE, Taciana Toledo de Almeida. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul nas precipitações Intensas no mês de novembro de 2008 e suas consequências sobre o município de Vitória/ES. *In: REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.1, N.5, p.796 –806, 2012. Disponível em < <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2473> >. Acesso em 8 mar. 2024.

COWAN, Yolanda; O'BRIEN, Erin; RAKOTOMALALA-RAKOTONDRANDRIA, Noroarisoa; *et al.* **Sistema de Alerta Prévio de Base Comunitária: Práticas Fundamentais para Implementadores de RRC**. Trad. Bangula Lingo Centre. 1 ed. UE: OCHA e FAO, 2014. Disponível em: <<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i3774pt>>. Acesso em: 6 set. 2023.

CUNHA, Alexson de Mello; FEITOZA, Hideko Nagatani; FEITOZA, Leandro Roberto; OLIVEIRA, Fernando Soares de; LANI, João Luiz; CARDOSO, John Kennedy Ferreira; TRINDADE, Filipe Silveira. Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do Espírito Santo e implementação de interface no Geobases para uso dos dados em SIG. **Geografares**, v. 2, n. 22, p. 1–47, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufes.br/geografares/article/view/30205>>. Acesso em: 7 out. 2023.

CUNHA, Alexson de Mello; FEITOZA, Hideko Nagatani; FEITOZA, Leandro Roberto; OLIVEIRA, Fernando Soares de; LANI, João Luiz; CARDOSO, John Kennedy Ferreira; TRINDADE, Filipe Silveira. **INCRA - SOLOS ES – 2016**. Arquivos *shapefiles*. Geobases. 2016. Disponível em: <https://ide.geobases.es.gov.br/layers/geonode_data:geonode:INCRA_SOLOS_ES_2016_EPSG_31984_UTF82>. Acesso em: 05 out. 2023.

D'ORSI, Ricardo Neiva. **Correlação entre pluviometria e escorregamentos no trecho da Serra dos Órgãos da Rodovia Federal BR-116 RJ (Rio-Teresópolis)**. Tese de Doutorado, COPPE/ Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: < <http://www.coc.ufri.br/pt/teses-de-doutorado/155-2011/1255-ricardo-neiva-dorsi> >. Acesso em: 12 nov. 2023.

D'ORSI, Ricardo Neiva; D'ÁVILA, C.; ORTIGÃO, Alberto; DIAS, A.; MORAES, L.; SANTOS, M. D. *Rio-Watch: The Rio de Janeiro landslide watch system*. In: **2ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1997, v. 1, p. 21–30.

DAMASCENO, Aloa Dandara Oliveira; CARDOSO, Andrea De Oliveira; PAIVA, Cláudia Francisca Escobar de. Investigação da relação chuva-deslizamentos no município de Mauá – SP para obtenção de limiares críticos deflagradores de deslizamentos. **Ciência e Natura**, v. 43, n. 50, p. e50, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/43119>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

DE PLOEY, Jean; CRUZ, Olga. *Landslides in the Serra do Mar, Brazil*. **Catena**, v. 6, n. 2, p. 111–122, 1979.

DIAS, Maria Assunção Faus da Silva; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da. Para entender Tempo e Clima. In: **Tempo e clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 468p.

DIAS, Maria Assunção Faus da Silva; ROSANTE, José Roberto; MACHADO, Luiz Augusto T. Complexos convectivos de mesoescala na América do Sul. In: **Tempo e clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 468p.

DINIZ, Noris Costa; FREITAS, Carlos Geraldo Luz de; NETTO, Ana Luiza Coelho; *et al.* **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Técnicas - IPT, 2012. Disponível em: <<https://gestaorisco.files.wordpress.com/2012/11/capitulo-3-cartografia-geotecnica.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2023.

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). **Geociências**, v. 36, n. 4, p. 731-742, 2017.

Em 2011, chuva na Região Serrana deixou mais de 900 mortos. G1.com. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2022/02/15/em-2011-chuva-na-regiao-serrana-deixou-mais-de-900-mortos.ghhtml>>. Acesso em: 30 ago. 2023.

ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto nº 30.860 de 04 de dezembro de 1989, que dispõe sobre a aprovação e implantação do Plano Preventivo de Defesa Civil Específico para Escorregamentos nas Encostas do Mar. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1989/decreto-30860-04.12.1989.html>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto nº 42.565, de 01 de dezembro de 1997, que redefine o Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC específico para Escorregamentos nas Encostas da Serra do Mar, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1997/decreto-42565-01.12.1997.html>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

ESTADO DE SÃO PAULO. Instituto de Geologia do Estado de São Paulo. **Mapeamento de Riscos Associados a Escorregamentos, Inundações, Erosão, Solapamento, Colapso e Subsidência - Município de Campos do Jordão, SP -**

Relatório Técnico. São Paulo: IG/SMA, 2014. Disponível em: <http://www.sidec.sp.gov.br/map_risco/uploads/doc1444232562.pdf>. Acesso em: 3 set. 2023.

ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil – CEPDEC. **ALERTA! Espírito Santo - Prevenção de Desastres. Boletim Extraordinário da Defesa Civil - atualizado às 11h de 08 de março de 2021.** Alerta! ES. Disponível em: <<https://alerta.es.gov.br/boletim-extraordinario-de-defesa-civil>>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA. **IEMA - Mapeamento ES – 2012-2015 – articulação mosaicos 10X10 km.** Arquivo raster. Geobases. 2015. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 02 out. 2023.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **História da Defesa Civil.** Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <<https://www.defesacivil.rj.gov.br/index.php/defesa-civil/historia-da-defesa-civil>>. Acesso em: 29 ago. 2023.

FARIAS, José Alexandre Moreira; PINTO, Eber José de Andrade. Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM. **Atlas pluviométrico do Brasil: equações intensidade-duração-frequência (desagregação de precipitações diárias), município: Vila Velha – ES, estação pluviométrica: Vitória - INMET, código ES-83678.** Fortaleza: SGB/CPRM, 2017. Disponível em: <<https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/22071>>. Acesso em: 19 abr. 2024.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais Sistemas Atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15–28, 2005. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/viewFile/25215/16909>>. Acesso em: 16 set. 2023.

GEORIO - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. **Manual Técnico de Encostas - análise e investigação.** 1. ed. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, 1999.

GERSCOVICH, Denise Maria Soares. **Estabilidade de Taludes.** 2a. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

GUDICINI, Guido; IWASA, Oswaldo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT/SP. Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamento em meio tropical úmido. **Publicação IPT/São Paulo**, n. 1080, p. 48, 1976.

GUERRA, Antônio José Teixeira; MENDONÇA, Marcos Barreto de; LOPES, Patrícia Batista Melo; LIMA, Fabio da Silva; JORGE, Maria do Carmo Oliveira; MENDES, Bruno da Rocha. Criação de um Sistema de Previsão e Alerta de Riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos sócio-ambientais no bairro Quitandinha, bacia do rio Piabanha (afluente do Paraíba do Sul), município de Petrópolis-RJ. *In: II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do*

Paraíba do Sul. Taubaté: Anais, 2009, p. 785–824. Disponível em: <<http://www.ipabhi.org/serhidro/anais/anais2009/doc/pdfs/p000.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2023.

GUZZETTI, Fausto; PERUCCACCI, Silvia; ROSSI, Mauro; STARK, Colin P. *Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe*. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 98, n. 3-4, p. 239–267, 2007.

HASSAN, Vitor Vaz; BARCELLOS, Priscila da Cunha Luz; SILVA, Júlio Cesar da. Método Preditivo para Acionamento das Sirenes nas Comunidades Vulneráveis a Escorregamentos no Município de Duque de Caxias, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 40, n. 1/2017, p. 127–134, 2017.

HIGHLAND, Lynn; BOBROWSKY, Peter. **The landslide handbook – A guide to understanding landslides**. Circular 1325. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 2008, 129p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha municipal**. Arquivos *shapefiles*. IBGE. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em: 02 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101684.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Vila Velha: Panorama**. ibge.gov.br. 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/vila-velha/panorama>>. Acesso em: 20 set. 2023.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural 2020-2023 – Proater: VILA VELHA**. 1. ed. Vitória: INCAPER, 2020. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Vila_Velha.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. **Catálogo de estações convencionais**. INMET, c2024. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/paginas/catalogoman>>. Acesso em: 13 mar. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília - DF: INMET, 2022. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais#>>. Acesso em: 17 abr. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023**. IPCC.ch. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>>. Acesso em: 22 jul. 2024.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). **Developing early warning systems, a checklist: third international conference on early warning (EWC III)**. 1. ed. Bonn, Germany: UNISDR, 2006. Disponível em: <<https://www.undrr.org/publication/developing-early-warning-systems-checklist-third-international-conference-early-warning>>. Acesso em: 13 out. 2023.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). **What is the Hyogo Framework for Action?** www.eird.org. 2005. Disponível em: <<https://www.eird.org/regional/hyogo-framework.html#:~:text=What%20is%20the%20Hyogo%20Framework>>. Acesso em: 26 ago. 2023.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Carta Geotécnica**. www.ipt.br. Disponível em: <<https://ipt.br/2023/09/27/carta-geotecnica-2/>>. Acesso em: 2 set. 2023.

LOBO, Bianca. **Temporal na Grande Vitória**. Clima Tempo, 08 mar. 2021. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/noticia/2021/03/07/temporal-na-grande-vitoria-8428>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

LUCAS, Taiza de Pinho Barroso. **Chuvas persistentes e ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-78BEL6>>. Acesso em: 7 mar. 2024.

LUMB, Peter. *Slope failures in Hong Kong*. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology**, v. 8, n. 1, p. 31–65, 1975.

MACEDO, Eduardo Soares de; SANDRE, Lucas Henrique. Mortes por Deslizamentos no Brasil: 1988 a 2022. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 110–117, 2022. Disponível em: <<https://ipt.br/2023/03/29/mortes-por-deslizamentos-no-brasil-1988-a-2022/>>. Acesso em: 12 out. 2023.

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E MONITORAMENTO DE ENCOSTAS DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA - ES. **Estações Pluviométricas**. Monitoramento Mapenco, c2024. Disponível em: <https://alerta.mapenco.com.br/mapenco_monitoramento_lite.php>. Acesso em: 13 mar. 2024.

MARCHEZINI, Victor; LONDE, Luciana de Resende; BERNARDES, Tiago; *et al.* Sistema de alerta de risco de desastres no Brasil: desafios à redução da vulnerabilidade institucional. *In: Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action*. São Carlos: RiMa Editora, 2017, p. 287–310. Disponível em: <[https://ppggrd.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/editais/PROCESSO%20SELETIVO%202018/E Book Reduction of Vulnerability Reducao devulnerabilidade.pdf](https://ppggrd.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/editais/PROCESSO%20SELETIVO%202018/E%20Book%20Reduction%20of%20Vulnerability%20Reducao%20de%20vulnerabilidade.pdf)>. Acesso em: 1 mar. 2024.

MARCHEZINI, Víctor; LONDE, Luciana de Resende. Sistemas de alerta centrados nas pessoas: desafios para os cidadãos, cientistas e gestores públicos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. esp., p. 525–525, 2018. Disponível

em:

https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6558/3898 >. Acesso em: 16 set. 2023.

MARCHEZINI, Victor; MOURÃO, Caroline; SCOFIELD, Graziela; METODIEV, Daniel; FLORES, Selma Silva Leite. Sistemas comunitários de alerta de risco de desastres associados a inundações e deslizamentos: aspectos teóricos e metodológicos. **Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres – REDER**, v. 4, n. 2, p. 36–56, 2020. Disponível em: <<https://www.revistareder.com/ojs/index.php/reder/article/view/49>>. Acesso em: 16 set. 2023.

MARCHIORO, Eberval. A incidência de frentes frias no município de Vitória (ES). **Revista ACTA Geográfica**, Ed. Esp., p. 49–60, 2012. Disponível em <<https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/1093>>. Acesso em 7 mar. 2024.

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 a inundações**. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 31, p. 101-117, 2016.

MARQUES, Yasmin Depes. **Políticas Urbanas, Zoneamento Territorial e áreas de risco: O caso do morro de Jaburuna (Vila Velha/ES, Brasil)**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Vila Velha (UVV), 2021. Disponível em: <<https://repositorio.uvv.br/handle/123456789/822>>. Acesso em: 24 set. 2023.

MASSAD, Faíçal. **Obras de terra: curso básico de Geotecnia**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

MENDES, Rodolfo Moreda; VALÉRIO FILHO, Mário; BERTOLDO, Mathilde Aparecida; SILVA, Marlon Ferreira da. Estudo de limiares críticos de chuva deflagradores de deslizamentos no município de São José dos Campos/SP (Brasil). **Territorium**, n. 22, p. 119–129, 2015. Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_22_8>. Acesso em: 11 nov. 2023.

METODIEV, Daniel; MAGALHÃES, Marcio Roberto; MENDES, Rodolfo Moreda; MORAES, Marcio Augusto Ernesto de; KONIG, Tehrrie; BORTOLOZO, Cassiano Antonio; BERNARDES, Tiago; LUIZ, Rafael Alexandre Ferreira; COELHO, Juliano Oliveira Martins. *Correlation between Rainfall and Mass Movements in North Coast Region of Sao Paulo State, Brazil for 2014-2018*. **International Journal of Geosciences**, v. 09, n. 12, p. 669–679, 2018. Disponível em: <<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=89462>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

MIRISOLA, Ricardo. MMF Projetos. **Relatório Técnico: Jardim Morro Petrópolis**. 1. ed. Vila Velha: PMVV/MMF, 2018.

MOLINA, Ellen; CARDOSO, Andréa; NOGUEIRA, Fernando. Relação Precipitação-Deslizamento no Município de São Bernardo do Campo - SP. **Ciência e Natura**, v. 37, 2015. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsm.br/index.php/cienciaenatura/article/view/16214>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

NASCIMENTO, Thatyane Mônico. **Avaliação de metodologias de mapeamento aplicado à redução de risco à escorregamentos na sede urbana de Santa Teresa – ES**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia - UFES, 2016. Disponível em:

<https://sappg.ufes.br/tese_drupal/tese_10223_dissertacao_thatyane_nascimento.pdf>. Acesso em: 2 set. 2023.

NASCIMENTO, Thatyane Mônico. Mapeamento de risco de escorregamentos da sede urbana do município de Santa Teresa –ES. **Revista PerCursos**, Florianópolis, v. 18, n.36, p. 137 –174, jan./abr. 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.5965/1984724618362017137>>. Acesso em: 4 mar. 2024.

NIELSEN, David Marcolino; BELÉM, André Luiz; MARTON, Edilson; *et al.* Dynamics-based regression models for the South Atlantic Convergence Zone. **Climate Dynamics**, v. 52, n. 9-10, p. 5527–5553, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00382-018-4460-4>>. Acesso em: 16 set. 2023.

NILSEN, Tor H.; TURNER, Barbara L. *Influence of rainfall and ancient landslide deposits on recent landslides (1950-71) in urban areas of Contra Costa County, California*. **U.S. Geological Survey Bulletin**, n. 1388, 1975. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Influence-of-rainfall-and-ancient-landslide-on-in-Nilsen-Turner/990caebf82217aeeaf04e49e6a99a4493532e1bd>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

OLIVA, Fábio Guimarães. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos associados. **GeoPUC – Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio**, v. 12, n. 23, p. 74–99, 2019. Disponível em: <[http://geopuc.geo.puc-rio.br/media/v12n23a4%20OLIVA,%20F.%20\(1\).pdf](http://geopuc.geo.puc-rio.br/media/v12n23a4%20OLIVA,%20F.%20(1).pdf)>. Acesso em: 14 set. 2023.

OLIVEIRA, Nathalia Silva de; ROTUNNO FILHO, Otto Correia; MARTON, Edilson; SILVA, Corbiniano. *Correlation between rainfall and landslides in Nova Friburgo, Rio de Janeiro—Brazil: a case study*. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 20, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309170010_Correlation_between_rainfall_and_landslides_in_Nova_Friburgo_Rio_de_Janeiro-Brazil_a_case_study#fullTextFileContent>. Acesso em: 19 nov. 2023.

Online CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **[Fala.BR] Manifestação Respondida no Sistema** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <fernandofelix.eng@gmail.com> em 16 set. 2022.

Online CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **[Fala.BR] Manifestação Respondida no Sistema** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <fernandofelix.eng@gmail.com> em 05 dez. 2023.

Online MASCARENHAS, Marisa; CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Pluviômetros Vila Velha – ES** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <fernando.felix@vilavelha.es.gov.br> em 2 set. 2022.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). **Guide to meteorological instruments and methods of observation**. 8. ed. Genebra, Suíça: World Meteorological Organization, 2023. Disponível em: <<https://library.wmo.int/viewer/68695/?offset=#page=4&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=>>>. Acesso em: 23 abr. 2024.

ORIGGE, Johnathan Tesch; TONETO, Chaiany; ROSA, Teresa da Silva; COSTA, Mirian Cristina Oliveira da; SIMPLICIO, Maria Araguacy. Mapeamento de risco em áreas urbanas densamente habitadas: o morro do Jaburuna (Vila Velha, ES, Brasil). **Territorium**, v. 1, n. 27, 2020. Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_27-1_5> Acesso em: 24 set. 2023.

PARIZZI, Maria Giovana; SEBASTIÃO, Cristiane Silva; VIANA, Cláudia de Sanctis; PFLUEGER, Marcelo de Carvalho; CAMPOS, Luciane de Castro; CAJAZEIRO, Joana Maria Drumond; TOMICH, Rodolfo Sena; GUIMARÃES, Roberta Nunes; ABREU, Magda Luzimar de; SOBREIRA, Frederico Garcia; REIS, Ruibran dos. Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte, MG. **Revista Geografias**, v. 6, n. 2, p. 49–68, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13296/10528>>. Acesso em: 14 out. 2023.

PEDROSA, Maria das Gracas Alcantara. **Análise de correlações entre pluviometria e escorregamento de taludes**. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: <https://minerva.ufjf.br/F/?func=direct&doc_number=000177118&local_base=UFR01>. Acesso em: 11 nov. 2023.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. **Informações sobre o Sistema de Alerta de Chuvas da Prefeitura do Rio de Janeiro**. Alerta Rio. Disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/institucional/quem-somos/>>. Acesso em: 19 nov. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA. **Vila Velha em Número: diagnóstico municipal 2018**. 1. ed. Vila Velha: PMVV, 2018a. Disponível em: <<https://www.vilavelha.es.gov.br/paginas/planejamento-vila-velha-em-numeros>>. Acesso em: 21 set. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA. **Lei Complementar Nº 65/2018**. Institui a revisão decenal da Lei Municipal Nº 4575/2007 que trata do Plano Diretor Municipal no âmbito do Município de Vila Velha e dá outras providências. 2018b. Disponível em: <<https://processos.vilavelha.es.gov.br/legislacao/norma.aspx?id=11917&tipo=4&numero=65&ano=2018>>. Acesso em: 21 set. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA. **Plano Municipal de Redução de Risco**. 1. ed. Vila Velha: PMVV, 2020. Disponível em: <<https://www.vilavelha.es.gov.br/paginas/protecao-e-defesa-civil-plano-municipal-de-reducao-de-riscos-geologicos-pmrr>>. Acesso em: 24 set. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA. **Plano Municipal de Redução de Risco**. Arquivos *shapefiles*. Geobases. 2020. Disponível em: <<https://ide.geobases.es.gov.br/documents/1238>>. Acesso em: 07 out. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA. SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MOBILIDADE – SEMDU. Ortofotomosaico Jaburuna/Jardim Petrópolis. Arquivo *raster*. SEMDU. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA. Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil - SEMPDEC. **Plano Municipal de Proteção e Defesa Civil**. 3. ed. Vila Velha: PMVV/SEMPDEC, 2022a. Disponível em: <https://www.vilavelha.es.gov.br/midia/paginas/PMPDEC%20VV_2022%20Publicar_compressed.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA. Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil - SEMPDEC. **Cadastramento das famílias nas áreas de risco: Relatório Final**. 1. ed. Vila Velha: PMVV/SEMPDEC, 2022b. Disponível em: <https://www.vilavelha.es.gov.br/midia/paginas/RELATORIO%20FINAL%20Cadastramento%20PMRR%202021_compressed.pdf>. Acesso em: 6 out. 2023.

RIBEIRO, Antônio Giacomini. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23 (46-46), p. 288-294, 1993. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4555420/mod_folder/content/0/RIBEIRO_Antonio_Giacomini_As_escalas_do_clima.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2024.

RODRIGUES, Juliana; TUPINAMBÁ, Miguel; AMARAL, Cláudio. A Corrida de Massa do Rio Vieira em Teresópolis, Sudeste do Brasil: Caracterização da Área-Fonte dos Sedimentos Transportados. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 35, n. 2/2012, p. 152-164, 2012.

SALAROLI, Iramaya Sepulcri. **Movimentos de Massa no Município de Vitória-ES: Inventário, Caracterização e Indicativos de um Modelo Comportamental**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 2003.

SAMPAIO, Thales de Queiroz; PIMENTEL, Jorge; SILVA, Cassio Roberto da; *et al.* A atuação Do Serviço Geológico do Brasil – CPRM na Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais. In: **VI Congresso CONSAD de Gestão Pública**. Brasília: CPRM, 2013. Disponível em: <https://sgb.gov.br/documents/d/guest/atuacao_cprm_programa_gestao_riscos>. Acesso em: 24 ago. 2024.

SANTORO, Jair; MENDES, Rodolfo Moreda; PRESSINOTTI, Márcia Maria Nogueira; MANOEL, Gisele dos Reis. Correlação entre chuvas e deslizamentos ocorridos durante a operação do Plano Preventivo de Defesa Civil em São, SP Paulo. In: **Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Ambiental**. Maringá: Anais eletrônicos, 2010, v. 7.

SANTOS, Vitor Juste dos; FIALHO, Edson Soares. Zona de convergência do atlântico sul (ZCAS) e impactos pluviais intensos: o caso da cidade de Ubá/MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, 2016. Disponível em: <

<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/35684/29392>>. Acesso em: 7 mar. 2024.

SELUCHI, Marcelo Enrique; CHOU, Sin Chan. Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 98, n. 1-2, p. 67–77, 2009. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-008-0101-x>>. Acesso em 8 mar. 2024.

SELUCHI, Marcelo Enrique; LEME, Maria; ANDRADE, Kelen. Características das frentes frias com potencial para provocar chuvas intensas na região serrana de Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/45369>>. Acesso em: 7 mar. 2024.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB. **Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações - SGB**. SGB.GOV. c2024. Disponível em: <<https://www.sgb.gov.br/saiba-mais-cartas-de-suscetibilidade-a-movimentos-gravitacionais-de-massa-e-inundaoces>>. Acesso em: 24 ago. 2024.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB. **Setorização de Riscos Geológicos**. SGB.GOV. c2023. Disponível em: <<https://www.sgb.gov.br/web/quest/saiba-mais-setorizacao-de-riscos-geologicos>>. Acesso em: 2 set. 2023.

SILVA, Aline Pimentel da; BARROSO, Emílio Velloso; POLIVANOV, Helena. Índices pluviométricos críticos para prevenção de desastres por deslizamentos na cidade de Niterói, RJ. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 47–60, 2022.

SILVA, Graziani Mondoni. **A Zona de Convergência do Atlântico Sul e a precipitação pluvial do município de Vila Velha (ES): repercussões sobre as inundações**. Monografia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória, 2013.

SILVA, Graziani Mondoni. O papel dos condicionantes geoambientais e as inundações na cidade de Vila Velha (ES): o caso dos bairros adjacentes ao córrego Guaranhuns. In: **VII Congresso Nacional de Geógrafos**. Vitória: Associação dos Geógrafos Brasileiros – AGB, 2014a.

SILVA, Naiara de Lima. **Correlação entre pluviosidade e movimentos gravitacionais de massa no Alto Ribeirão do Carmo/MG**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Núcleo de Geotecnia – NUGEO, 2014b.

SINIMBÚ, Fabíola. Defesa Civil Alerta emite mensagem de teste para 11 cidades. **Agência Brasil**, 10 ago. 2024. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-08/defesa-civil-alerta-emite-mensagem-de-teste-para-11-cidades>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

TATIZANA, Celso; OGURA, Agostinho Tadashi; CERRI, Leandro Eugênio da Silva; ROCHA, Mirian Cassia Médici da Rocha. Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos – Serra do Mar, Município de Cubatão. In: **Anais**. São Paulo: ABGE, 1987a, v. 2, p. 225–236.

TATIZANA, Celso; OGURA, Agostinho Tadashi; CERRI, Leandro Eugênio da Silva; ROCHA, Mirian Cassia Médici da Rocha. Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos – Serra do Mar, Município de Cubatão. *In: Anais*. São Paulo: ABGE, 1987b, v. 2, p. 137–149.

TEMÓTEO, Jaci Pereira da Silva. **Condicionantes geológico-geotécnicos na estabilidade de taludes (Maciço da Tijuca) Rio de Janeiro - RJ**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociência. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: <<https://buscaintegrada.ufrj.br/Record/aleph-UFR01-000018632>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

TOMINAGA, Lúcia Keiko. Escorregamentos. *In: Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2015, p. 196. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/05/Conhecer_para_Prevenir_3ed_2016.pdf>. Acesso em: 11 set. 2023.

U. S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). U.S. Department of the Interior. *Landslide types and processes*. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2023.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY (UN). *Assistance in cases of natural disaster and other disaster situations*. **digitallibrary.un.org**, 1972. Disponível em: <<https://digitallibrary.un.org/record/201561>>. Acesso em: 25 ago. 2023.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY (UN). *Draft Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World: Guidelines for Natural Disaster Prevention, Preparedness and Mitigation*. **digitallibrary.un.org**, 1994. Disponível em: <<https://digitallibrary.un.org/record/161609?ln=en>>. Acesso em: 26 ago. 2023.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY (UN). *International Decade for Natural Disaster Reduction | UNDRR*. **www.undrr.org**, 1989. Disponível em: <<https://www.undrr.org/publication/international-decade-natural-disaster-reduction>>. Acesso em: 25 ago. 2023.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **DRR and UNDRR's history**. **www.undrr.org**. 2023. Disponível em: < <https://www.undrr.org/our-work/history> >. Acesso em: 05 mar. 2024.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **Early warnings for all**. **www.undrr.org**. 2022. Disponível em: <<https://www.undrr.org/early-warnings-for-all>>. Acesso em: 14 out. 2023.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. [s.l.: s.n.], 2015a. Disponível em: <<https://www.preventionweb.net/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>>. Acesso em: 26 ago. 2023.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **Terminology**. **Undrr.org**. 2015b. Disponível em: <<https://www.undrr.org/terminology>>. Acesso em: 1 set. 2023.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **The “silent disaster of local losses” | UNDRR**, www.undrr.org. 2013. Disponível em: <<https://www.undrr.org/news/silent-disaster-local-losses>>. acesso em: 3 mar. 2024.

VARNES, David. Slope Movement Types and Processes. *In: **Landslides: Analysis and Control. Transportation Research Board Special Report 176***. Washington DC: National Academy of Sciences, 1978, p. 11–33.

VIEIRA, Bianca Carvalho; MARTINS, Tiago Damas. Modelos em geografia física: conceitos e aplicações na previsão de escorregamentos. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 1, p. 194–206, 2016. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/102616>>. Acesso em: 1 mar. 2024.

VIEIRA, Bianca Carvalho. **Previsão de escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP) a partir de modelos matemáticos em bases físicas**. Tese de doutorado, Instituto de Geociência. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

VIEIRA, Valter Salino; MENEZES, Ricardo Gallart de. Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM. **Geologia e recursos minerais do estado do Espírito Santo: nota explicativa**. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. Belo Horizonte: CPRM, 2015. Disponível em: <<https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15564.1>>. Acesso em: 24 set. 2023.

VILA VELHA registra oito pontos de alagamentos e dois deslizamentos de terra. **Folha Vitória**. Vitória, 27 jun. 2017. Disponível em: <<https://www.folhavitória.com.br/geral/noticia/06/2017/vila-velha-registra-oito-pontos-de-alagamentos-e-dois-deslizamentos-de-terra>>. Acesso em: 18 mar. 2024.

APÊNDICE A – Inventário de Movimentos de Massa no município de Vila Velha (2005-2022).

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
27/01/2005	Cavaleri	Rua Beira Mar, 22	Estrutural, Des	0082/2005	não mapeado
06/06/2005	Ataíde	Rua F, 39	Des, Rb	0297/2005	15
12/08/2005	Aribiri	Rua Beira Mar, 1005	Des	0409/2005	11
22/01/2007	Jaburuna	Rua Marechal Rondon, 11	Des, Rb	0049/2007	não mapeado
15/05/2007	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 254	Des	0200/2007	73
22/10/2007	Ataíde	Rua Prof. Humberto de Campos, 153	Des	0501/2007	16
26/10/2007	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 183	Rb	0533/2007	~97
29/11/2007	Paul	Travessa Amanda, 10 (beco da uva)	Estrutural, Des	0617/2007	55
19/02/2008	Rio Marinho	Rua Itapina, 29	Des	0086/2008	102
27/02/2008	Paul	Rua Bernardino Monteiro, s/n	Des	0106/2008	67
27/02/2008	Paul	Rua Bernardino Monteiro, s/n	Des	0108/2008	67
28/02/2008	Jaburuna	Rua Framboesa, s/n (final da escadaria)	Des, Rb	0128/2008	89
04/07/2008	Alvorada	Rua César Alcure (society do Bosque)	Rb	0292/2008	39~41
21/11/2008	Jaburuna	Rua Maranguape, 40	Des	0491/2008	88
22/11/2008	Alvorada	Rua Resplendor, 335	Des	0516/2008	39~41
23/11/2008	Paul	Rua da Chácara, 14	Des	0532/2008	67
24/11/2008	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 16	Des	0541/2008	89
24/11/2008	Cavaleri	Rua São Salvador, 522	Des	0576/2008	3~4
24/11/2008	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 180	Des	0578/2008	72
24/11/2008	Jaburuna	Rua Marechal Rondon, s/n	Des	0558/2008	89~97
24/11/2008	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, s/n	Rb	0589/2008	97
24/11/2008	Alvorada	Rua César Alcure (av. Ernesto Canal), 734	Des, Rb	0636/2008	38
24/11/2008	Ataíde	Rua Prof. Humberto de Campos, 153	Des	0715/2008	16
25/11/2008	Cavaleri	Rua Beira Mar, s/n (bar do Valdivino)	Des	0616/2008	3

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
25/11/2008	Ataíde	Rua Emygdio Ferreira Sacramento, 131 (estrada para Capuaba)	Des	0617/2008	15
25/11/2008	Paul	Rua da Chácara, 10	Des	0621/2008	67
25/11/2008	Cavaleri	Rua São Salvador, 515	Des	0716/2008	3~4
25/11/2008	Cobi de Cima	Rua Raimundo Maurício Freire, 5	Des	0731/2008	52
26/11/2008	Sagrada Família	Rua Gama, 660	Des, Rb	0665/2008	56
26/11/2008	Sagrada Família	Rua Bernardino Monteiro, 539	Des	0673/2008	56
26/11/2008	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3780	Des	0747/2008	10
28/11/2008	Planalto	Rua Osmar Siqueira, s/n	Des	0647/2008	25
05/12/2008	Cobi de Baixo	Rua do Sossego, 421	Des	0738/2008	53
07/01/2009	Cavaleri	Rua Beira Mar, 134	Rb	0029/2009	3
21/01/2009	Vila Garrido	Rua Operária, 37	Des	0053/2009	69
10/02/2009	Planalto	Rua Ana Siqueira, 3003	Des, Rb	0126/2009	25
16/03/2009	Alvorada	Rua Resplendor, 514	Des, Rb	0198/2009	42
08/04/2009	Paul	Rua da Chácara, 14	Des	0275/2009	67
29/10/2009	Paul	Rua Tv. Amanda, 72	Des	0706/2009	55
30/10/2009	Alecrim	Rua Três Irmãos	Des	0018/2010	29
31/10/2009	Cavaleri	Rua São Salvador, 522	Des	0931/2009	3~4
31/10/2009	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3756	Des, Rb	1183/2009	10
31/10/2009	Vila Garrido	Rua Nova, 378	Des, Rb	1192/2009	76
31/10/2009	Ilha dos Ayres	Rua Maria Amália, 375	Des	1194/2009	2
01/11/2009	Planalto	Av. Carlos Lindemberg, 4992	Des	0019/2010	28
01/11/2009	Paul	Rua Bernardino Monteiro, 630	Des	0258/2009	67
01/11/2009	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 289 (escadaria)	Estrutural, Des	0784/2009	89
01/11/2009	São Torquato	Rua Adolfo Amaro, 228	Des, Rb	0863/2009	77

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
01/11/2009	Jaburuna	Rua João de Freitas, 75	Des, Rb	0879/2009	89
01/11/2009	Cavaleri	Rua São Salvador, 522	Des	0933/2009	3~4
01/11/2009	Cavaleri	Rua São Salvador, 521	Des	0934/2009	3~4
01/11/2009	São Torquato	Rua Bom Jesus, 80	Rb	1031/2009	77
01/11/2009	Ilha dos Ayres	Rua Ilha dos Ayres, 208	Des	1088/2009	1~2
01/11/2009	Rio Marinho	Rua Marilândia, 11	Des	1274/2009	103
02/11/2009	Vila Garrido	Rua Boa Sorte, 43	Des	0836/2009	72
02/11/2009	Ilha da Conceição	Rua Circular, 187 (Rua Etéro Fábio/beco da servidão)	Des	0890/2009	10
02/11/2009	Alecrim	Rua Três Irmãos, 9	Des	0901/2009	29
02/11/2009	Ilha dos Ayres	Rua Ilha dos Ayres, 200	Des	1101/2009	1~2
03/11/2009	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 183	Rb	0020/2010	97
03/11/2009	Cobi de Cima	Escadaria Piatá, 190	Des	0928/2009	46~47
03/11/2009	Jaburuna	Rua Marechal Rondon, 155	Des	1094/2009	92~96
03/11/2009	Sagrada Família	Rua Gama, 580	Des, Rb	1226/2009	56
04/11/2009	Jaburuna	Rua Emiliania Júlia da Silva, 04	Des	0865/2009	98
04/11/2009	Jaburuna	Rua João de Freitas, 140	Rb	1188/2009	89
04/11/2009	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 34	Des	1243/2009	71
06/11/2009	Cavaleri	Rua São Salvador, 522	Des	1197/2009	3~4
16/11/2009	Paul	Rua Bernardino Monteiro, 630	Des	1212/2009	67
16/11/2009	Jaburuna	Rua Marechal Cândido Rondon, s/n	Des	1218/2009	92~94
24/11/2009	Jaburuna	Rua Marechal Cândido Rondon, s/n	Des	1232/2009	92~94
25/11/2009	Ilha dos Ayres	Rua Ilha dos Ayres, 210	Des	1100/2009	1~2
27/01/2010	Ilha da Conceição	Rua Circular, 188	Des	0037/2010	10
29/01/2010	Planalto	Rua Augusto dos Anjos, 17	Des	0039/2010	25
07/06/2010	Alvorada	Rua Sagitário, 574	Qb	0250/2010	33

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
02/11/2010	Alvorada	Rua Saturno, 18	Des	0389/2010	36
13/11/2010	Sagrada Família	Rua Divinópolis, 331	Qb	0426/2010	56
29/12/2010	Alvorada	Rua Resplendor, 492	Des	0519/2010	39
04/01/2011	Planalto	Rua Castro Alves, 243	Des	0004/2011	25
14/01/2011	Alecrim	Rua Alegrete, 45	Des	0026/2011	27
19/07/2011	Sagrada Família	Escadaria Pe Humberto, s/nº	Rb	0539/2011	56
06/12/2011	Ataíde	Rua Emygdio Ferreira Sacramento, 55*	Rb	0867/2011	15
08/12/2011	Paul	Rua da Chácara, 27	Des	0929/2011	67
04/01/2012	Cobi de Cima	Rua César Alcure, 258	Rb	0005/2012	~41
05/01/2012	Cavaleri	Rua Beira Mar, 2256	Rb	0027/2012	3
06/01/2012	Alvorada	Rua Cleto Corrêa Netto, 35	Des	0057/2012	33
06/01/2012	Glória	Rua Rosa do Lírios, 12	Des	0058/2012	~90
06/01/2012	Zumbi dos Palmares	Rua Galdino Antônio Vieira, 163	Des	0068/2012	não mapeado
06/01/2012	Paul	Beco do Arco, 100	Des	0071/2012	55
06/01/2012	Planalto	Rua Barbacena	Des	0074/2012	28
09/01/2012	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 318	Des	0139/2012	73
10/01/2012	Praia da Costa	Rua da Torre (R. Xavantes)	Des	0204/2012	22
11/01/2012	Zumbi dos Palmares	Rua Índio Carajás, 04 ("Beco do Garrafão")	Des	0460, 0228/2012	~17
14/05/2012	Cobi de Cima	Rua Resplendor, 212	Des	0595/2012	41
15/05/2012	Sagrada Família	Rua Antônio Freire, 86	Des	0622/2012	61
17/05/2012	Alecrim	Rua Três Irmãos	Des	0339/2012	29
27/08/2012	São Torquato	Rua Abdias Ferreira, s/n	Rb	0880/2012	79~81
06/11/2012	São Torquato	Rua Adão Gomes dos Santos, s/n	Des	0061/2012	77
07/11/2012	Jaburuna	Rua Clemente Paganini	Rb	0983/2012	86

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
30/11/2012	Alecrim	Rua da Amizade	Des	1027/2012	30
19/03/2013	Jaburuna	Rua Maranguape	Des, Rb	0000 e 0013/2013	98
20/03/2013	Praia da Costa	Rua Fernando Lindemberg	Des	0124/2013	20~23
20/03/2013	Jaburuna	Rua Olaria, 29	Des, Rb	0124b/2013	~89
20/03/2013	Paul	Beco Araponga, 162 (rua Oxassi)	Qb	0171/2013	54
20/03/2013	Glória	Rua Rosa do Lírios, 12	Des	xxxx/2013	~90
21/03/2013	Alecrim	Rua Ana Siqueira, 196	Des	0167/2013	30
04/04/2013	Argolas	Rua João Batista, 26	Des	0185/2013	~65
26/11/2013	Santa Rita	Rua Silvio Ávidos, 20	Des	0107/2014	não mapeado
26/11/2013	Vila Garrido	Rua Boa Sorte, 18	Des	0123/2014	72~73
26/11/2013	Alvorada	Rua Augusto Clóvis dos Santos, s/n	Des	0573/2013	38
12/12/2013	Vinte e Três de Maio	Rua Ayrton Senna, 32	Des	0559/2013	não mapeado
18/12/2013	Cavaleri	Rua Beira Mar (135)	Des, Rb	0001/2013	3
18/12/2013	Ataíde	Rua B, 06	Estrutural, Des	0316/2013	não mapeado
18/12/2013	Alecrim	Rua Curupati, 06	Des	0325/2013	não mapeado
18/12/2013	Jaburuna	Rua Framboesa, s/n	Rb	0583/2013	~89
18/12/2013	Rio Marinho	Rua Regência, 45	Estrutural, Des	0600/2013	não mapeado
18/12/2013	Alecrim	Rua Casemiro de Abreu, 126	Estrutural, Des	0621/2013	não mapeado
18/12/2013	Paul	Rua Severino da Silva, 18	Estrutural, Des	0625/2013	não mapeado
18/12/2013	Sagrada Família	Rua Divinópolis, 30	Des	0639/2013	não mapeado
19/12/2013	Chácara do Conde	Rua da Chácara, 20	Des	0363/2014	não mapeado
19/12/2013	Zumbi dos Palmares	Rua Galdino Antônio Vieira, 1640	Des, Rb	0676/2013	não mapeado
19/12/2013	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 34	Des	0698/2013	72

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
19/12/2013	Normília da Cunha	Rua Pará, 32	Des	0716/2013	não mapeado
19/12/2013	Jaburuna	Rua Maria Valadares, 40	Rb	0728/2013	~97
20/12/2013	Olaria	Rua Guilhermina Geovanote, 18	Des, Rb	0290/2014	~66
20/12/2013	Prainha	38º BI	Des, Rb	0770/2013	não mapeado
20/12/2013	Prainha	Rua Inhoá, 200	Des, Rb	0773/2013	não mapeado
20/12/2013	Jaburuna	Av. Vista Linda	Des, Rb	0782/2013	86
20/12/2013	Olaria	Rua João Folegati	Des	0833/2013	~66
20/12/2013	Prainha	Convento da Penha	Des, Rb	0848/2013	não mapeado
20/12/2013	Olaria	Rua Joana Folegati, 3	Des	0890/2013	~66
21/12/2013	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 162	Estrutural, Des	0165, 834, 837 e 850/2013	~84
21/12/2013	Cavaleri	Rua Beira Mar (135)	Des, Rb	0191/2013	3
21/12/2013	Olaria	Rua Coronel Sodré	Des	0866/2013	~66
22/12/2013	Cobi de Cima	Rua Resplendor, 514	Des	0178/2013	42
22/12/2013	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3755 A	Des	0965/2013	10
22/12/2013	Garoto	Rua Garotos, 100	Des	1025/2013	não mapeado
22/12/2013	Olaria	Rua Castelo Branco (em frente a SEMSA)	Des	1033/2013	66
23/12/2013	Olaria	Rua Guilhermina Geovanote, 22	Des	0752/2013	~66
23/12/2013	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 246	Des	1077/2013	73
23/12/2013	Rio Marinho	Rua Marilândia, 57 / Rua Lajinha, 15 / Rua Lajinha, 14 / Rua Marilândia, 32	Des	1123/2013, 0184/2013, 0444/2014, 0240/2014	103
23/12/2013	Paul	Rua Joaquim Bahiense	Des, Rb	1176/2013	70
23/12/2013	Olaria	Rua Castelo Branco, 1800	Des	1202/2013	66
23/12/2013	Ataíde	Rua Emygdio Ferreira Sacramento, 66	Des	1453/2013	~~14
24/12/2013	Jaburuna	Rua Coronel Joaquim de Freitas, 14	Des	0102/2014	89~97

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
26/12/2013	Ataíde	Rua Laurentino Ferreira	Des	1512/2013	~~14
28/12/2013	Jaburuna	Rua Cel. Joaquim de Freitas, 204	Estrutural, Des	1723/2013	não mapeado
31/12/2013	Jaburuna	Travessa Jabuticabeira, 27	Estrutural, Des	0754 e 767/2013	~85
31/12/2013	Jaburuna	Rua Cel. Joaquim de Freitas, 11	Des	0787 e 1325/2013	não mapeado
02/01/2014	Rio Marinho	Rua Desengano	Des	0018/2014	não mapeado
06/01/2014	Alvorada	Rua Saturno	Outros	diversos	36
26/10/2014	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3669	Qb	1009/2014	10
31/10/2014	Planalto	Rua Augusto dos Anjos, 17	Des	1039/2010	25
31/10/2014	Olaria	Rua Castelo Branco, 1800	Des, Rb	1047 e 1044/2014	66
18/11/2014	Cavaliéri	Av. Jerônimo Monteiro / Rua Dolores Duran	Des	1086/2014	9
28/11/2014	Olaria	Rua Carolina Leal, 14	Des	1114/2014	~66
18/12/2014	Olaria	Rua Castelo Branco, 1800	Des	1147/2014	66
01/01/2016	São Torquato	Morro Boa Vista	Rb, Qb	CEPDEC 0001/2016	77
24/01/2016	Praia da Costa	Subida do Morro do Moreno (r. Xavantes, 130)	Rb	0128/2016	22
19/03/2017	Cobi de Cima	Av. Senador Robert Kennedy, 157	Rb	0089/2017	~52
22/05/2017	Sagrada Família	Rua Eugênio Alves, s/nº	Des	0176/2017	58
24/05/2017	Rio Marinho	Rua Regência, 45	Des	0183/2017	não mapeado
27/06/2017	Jaburuna	Rua Maranguape, 49	Rb	0297/2017	98
27/06/2017	Olaria	Rua Araribóia, 3	Des, Rb	0301/2017	~66
05/07/2017	Alecrim	Rua Marechal Rondon, 27	Estrutural, Des	0324/2017	~31
23/08/2017	Alvorada	Rua Resplendor, 492	Rb	0403/2017	39~40
25/11/2017	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3755 A	Qb	0523/2017	10

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
01/12/2017	Sagrada Família	Rua da Chácara, s/nº (final da rua)	Des	0531/2017	~63
01/12/2017	Cobi de Cima	Escadaria Piatá, 81	Estrutural, Des	0545/2017	46~47
01/12/2017	Cobi de Cima	Av. Carlos Lindenberg, 7150	Des	0546/2017	45
02/12/2017	Paul	Rua Moscoso, 67	Des	0536/2017	não mapeado
03/12/2017	Jaburuna	Rua Marechal Cândido Rondon, 15	Des	0535/2017	~92
04/12/2017	Rio Marinho	Rua Bela Vista, s/nº	Des	0542/2017	não mapeado
04/12/2017	Normília da Cunha	Rua Cedro, 46	Des	0547/2017	não mapeado
21/02/2018	Ponta da Fruta	Rua Rio Grande do Sul, s/n	Des	0081/2018	não mapeado
27/02/2018	Alecrim	Rua Elói Barreto, 18	Rb	0090/2018	não mapeado
16/04/2018	Ilha das Flores	Rua Nicolino Soares, 248	Estrutural, Des	0153/2018	99
16/04/2018	Sagrada Família	Rua Divinópolis, 30	Des	0171/2018	não mapeado
16/04/2018	Ilha da Conceição	Rua Etéro Fabri, 56	Des, Rb	0172/2018	~10
16/04/2018	Alvorada	Rua Sagitário, 71	Estrutural, Des	0173/2018	34
16/04/2018	Cavaliéri	Av. Jerônimo Monteiro, 379	Des	0174/2018	6
16/04/2018	Ilha da Conceição	Rua Etéro Fabri, 62	Des, Rb	0175/2018	~10
16/04/2018	Cavaliéri	Rua Salgueiro, 16	Estrutural, Des	0176/2018	~5
16/04/2018	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, s/n	Des	0177/2018	~97
16/04/2018	Prainha	Rua Inhoá, s/n	Estrutural, Des	0182/2018	não mapeado
16/04/2018	Chácara do Conde	Rua Manoel Conde, 231	Des	0185/2018	~62
16/04/2018	Vila Garrido	Rua Leocardino Cruz, 13/60	Estrutural, Des	0186/2018	75
16/04/2018	Jaburuna	Rua Eptácio Pessoa, 241	Des	0188/2018	~97
16/04/2018	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 318	Des	0189/2018	73
16/04/2018	Argolas	Rua João Batista, 290	Estrutural, Des	0190/2018	~64

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
16/04/2018	Olaria	Rua Carolina Leal, 14	Des, Rb	0199/2018	~66
17/04/2018	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 188	Des	0210/2018	72
17/04/2018	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 299 (escadaria)	Des	0214/2018	73
24/04/2018	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 299 (escadaria)	Estrutural, Des	0227/2018	73
08/11/2018	Chácara do Conde	Beco Barro Branco, 28 (Beco da Liberdade)	Des	0542/2018	62
08/11/2018	Alecrim	Rua Araruta, 35	Des, Rb	0543/2018	~28
09/11/2018	Normília da Cunha	Rua Espírito Santo, 475	Estrutural, Des	0174/2018	não mapeado
09/11/2018	São Torquato	Rua José Paulino de Carvalho, s/n	Des	0546/2018	81
09/11/2018	Alecrim	Rua Alegrete, s/n (final da rua)	Estrutural, Des	0553/2018	27
09/11/2018	Jaburuna	Rua Vista Linda, s/n	Des	0596/2018	~86
09/11/2018	Jaburuna	Rua Duque de Caxias, s/n (Vista Linda)	Des	0597/2018	86
09/11/2018	Ilha dos Ayres	Rua Ilha dos Ayres, 201	Des	0598/2018	1
09/11/2018	Zumbi dos Palmares	Rua Silvio Ávidos, 25	Des	0600/2018	não mapeado
09/11/2018	São Torquato	Rua José Paulino de Carvalho, s/n	Des	0630/2018	79
09/11/2018	Cobi de Cima	Av. Senador Robert Kennedy, 157	Des	0659/2018	~52
10/11/2018	Jaburuna	Rua Marechal Rondon, 03	Rb	0606/2018	não mapeado
11/11/2018	Chácara do Conde	Beco Barro Branco, 71 (Beco da Liberdade)	Des	0620/2018	62
11/11/2018	Ilha das Flores	Rua Nicolino Soares, 52	Estrutural, Des	0624/2018	não mapeado
12/11/2018	Vila Garrido	Rua Boa Sorte, s/n	Des	0672/2018	72
04/12/2018	Santa Rita	Rua Galdino Antônio Vieira, 163	Des	0702/2018	não mapeado
07/02/2019	Alvorada	Rua Japaguá, 39	Estrutural, Des	0064/2019	não mapeado
04/04/2019	São Torquato	Rua Ricardo de Oliveira, 40 (beco Pr. José Abraão)	Estrutural, Des	0148/2019	~101
17/05/2019	Cobi de Baixo	Rua do Sossêgo, s/n	Des	0545/2019	53
18/05/2019	Ilha dos Ayres	Rua Ilha dos Ayres, 201	Des	0220 e 0539/2019	1

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
18/05/2019	Alecrim	Rua Araruta, 35	Des	0235 e 0249/2019	~28
18/05/2019	Alvorada	Rua César Alcure, 734	Des, Rb	0238/2019	38
18/05/2019	Paul	Rua Fernando de Sá, 253	Estrutural, Des	0254/2019	não mapeado
18/05/2019	Cobi de Cima	Beco Rosália Massucatti, 98	Des	0353/2019	50
18/05/2019	Normília da Cunha	Rua Ficus, 50	Estrutural, Des	0507/2019	não mapeado
18/05/2019	Cobi de Cima	Rua Resplendor, 364	Des	0522/2019	~41
18/05/2019	Cobi de Cima	Escadaria Piatá, s/n	Des	0524/2019	47
18/05/2019	Alvorada	Rua César Alcure, 896	Des	0535/2019	38
19/05/2019	Chácara do Conde	Rua travessa João Bispo, 245	Des	0250/2019	63
19/05/2019	Rio Marinho	Rua Marilândia, 11	Des	0359/2019	103
19/05/2019	Ataíde	Rua Prof. Humberto de Campos, 481	Des	0390/2019	~13
22/05/2019	Jaburuna	Av. Vista Linda, s/n (em frente ao 138)	Des, Rb	0549/2019	~86
27/05/2019	Planalto	Rua Augusto dos Anjos, 17	Des	0555/2019	~26
28/05/2019	Zumbi dos Palmares	Rua Índio Carajás, 99	Des	0558/2019	não mapeado
30/05/2019	Planalto	Rua Ana Siqueira, s/n	Des	0562/2019	25
13/11/2019	Rio Marinho	Rua Lajinha, 4000	Des	0650/2019	~102
13/11/2019	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 39	Des	0679/2019	~71
14/11/2019	São Torquato	Rua Crescencio Lírio, 28 (travessa Harmonia)	Rb	0671/2019	~101
14/11/2019	Rio Marinho	Rua Itapina, 319	Des	0672/2019	~102
18/11/2019	Glória	Rua Domingos Martins, 632	Rb	0681/2019	não mapeado
19/11/2019	Ponta da Fruta	Rua 2, s/n	Des	0684/2019	não mapeado
20/11/2019	Cavaliéri	Rua Beira Mar, 75	Des	0689/2019	~12
20/11/2019	Vila Garrido	Rua Américo Bernardes, 34	Des	0690-0695/2019	72

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
20/11/2019	Ilha da Conceição	Rua Circular, 188	Des	0693/2019	10
21/11/2019	Ataíde	Rua Prof. Humberto de Campos, 22*	Des	0698/2019	13
22/11/2019	Ataíde	Rua 14, 15 (rua circular A)	Des	0705/2019	não mapeado
22/11/2019	Rio Marinho	Rua Desengano, 66	Des	0706/2019	não mapeado
22/11/2019	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3780	Des	0713/2019	10
22/11/2019	Ilha dos Ayres	Rua Ilha dos Ayres, 21	Des	0715/2019	~2
22/11/2019	Vinte e Três de Maio	Rua Ayrton Senna, 32	Des, Rb	0719/2019	não mapeado
22/11/2019	Alecrim	Rua Três Irmãos	Des	0721/2019	29
22/11/2019	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3755	Des, Rb	0726/2019	10
25/11/2019	Rio Marinho	Rua Bela Vista, 120	Estrutural, Des	0734/2019	não mapeado
02/12/2019	Cobi de Baixo	Rua do Sossêgo, s/n	Des	0743/2019	53
07/12/2019	Cavaliéri	Rua Beira Mar, s/n (em frente ao 72)	Estrutural, Des	0759/2019	4
20/12/2019	Alvorada	Rua Ana Siqueira, 4542	Estrutural, Des	0768/2020	~37
04/01/2020	Sagrada Família	Rua Divinópolis, 30	Des	0777/2020	não mapeado
20/01/2020	Alvorada	Rua César Alcure, 896	Rb	0785/2020	38
25/01/2020	Sagrada Família	Rua Divinópolis, 30	Des	0795/2020	não mapeado
02/03/2020	Vinte e Três de Maio	Rua Ayrton Senna, 32	Des	0812/2020	não mapeado
02/03/2020	Normília da Cunha	Rua Oiti, 210	Estrutural, Des	0815/2020	não mapeado
17/03/2020	BR-101	BR-101, Km 318 Sul - Rod. Mário Covas	Des, Rb	0855/2020	não mapeado
25/03/2020	Jaburuna	Rua Framboesa, s/n	Des	0858/2020	89
25/06/2020	Chácara do Conde	Rua Manoel Conde, s/n	Rb	0872/2020	~62
15/07/2020	Rio Marinho	Rua Boapaba, s/n	Des	0875/2020	não mapeado

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
07/08/2020	Cobi de Cima	Rua Ângelo Botechia, s/n	Qb	0887/2020	51
04/09/2020	1º de Maio	Rua Rozental de Oliveira, 67	Des	0898/2020	não mapeado
08/02/2021	Normília da Cunha	Rua Pará, 325	Des	0003/2020	não mapeado
17/02/2021	Jaburuna	Rua Framboesa, s/n	Des	0010/2021	89
17/02/2021	Ilha das Flores	Rua Joel Antônio de Jesus, 236	Estrutural, Des	0012/2021	não mapeado
19/02/2021	Alecrim	Rua Maria do Amor Divino, 138	Des	0014/2021	não mapeado
07/03/2021	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 10	Des	0024/2021	~89
07/03/2021	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 55	Des	0027/2021	84
07/03/2021	Jaburuna	Av. Vista Linda, 11	Des	0028/2021	~86
07/03/2021	Garoto	Rua Seringueira, 07	Estrutural, Des	0035/2021	não mapeado
07/03/2021	Ataíde	Rua Mangabeira, 170	Estrutural, Des	0051/2021	não mapeado
07/03/2021	Cavaliéri	Rua Salgueiro, 125	Des	0052/2021	5
07/03/2021	Zumbi dos Palmares	Av. Fernando Antônio da Silveira, 604	Des	0057/2021	17
08/03/2021	Vila Garrido	Rua Boa Sorte, 20	Des	0039 e 0053/2021	não mapeado
09/03/2021	Ilha dos Ayres	Rua Ilha dos Ayres, 204	Des	0030/2021	1
09/03/2021	Ilha dos Ayres	Rua Ilha dos Ayres, 210	Estrutural, Des	0031/2021	~1
09/03/2021	Ataíde	Rua Emygdgio Ferreira Sacramento, 68	Des	0034/2021	não mapeado
09/03/2021	Zumbi dos Palmares	Av. Capuaba, 04	Qb	0041/2021	não mapeado
09/03/2021	Sagrada Família	Rua Eugênio Alves, 95	Estrutural, Des	0061/2021	~57
11/03/2021	Praia da Costa	Rua da Torre (R. Xavantes), 130	Des	0050/2021	22
16/04/2021	Alecrim	Rua Casemiro de Abreu, 126	Estrutural, Des	0093/2021	não mapeado
30/08/2021	Zumbi dos Palmares	Av. Fernando Antônio da Silveira, 604	Qb	0175/2021	17
11/10/2021	Jaburuna	Rua Duque de Caxias, 31 (Vista Linda)	Des	0198/2021	86

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
11/10/2021	Cobi de Cima	Rua Resplendor (esc. Orlando Pereira)	Des	0200/2021	42
11/10/2021	São Torquato	Rua Crescencio Lírio, s/n (travessa Harmonia)	Estrutural, Des	0201/2021	não mapeado
11/10/2021	Ponta da Fruta	Travessa Antônio Leite, 70	Estrutural, Des	0202/2021	não mapeado
11/10/2021	São Torquato	Rua Angelino Caus, 287	Des, Rb	0220/2021	77
12/10/2021	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3632	Des	0207/2021	10
12/10/2021	Vila Garrido	Rua Boa Sorte, 11	Estrutural, Des	0209/2021	~72
12/10/2021	Zumbi dos Palmares	Rua Índio Carajás, 01	Des	0212/2021	não mapeado
12/10/2021	Cobi de Baixo	Rua do Sossego, s/n (Av. Brasil)	Des	0216/2021	53
12/10/2021	Cobi de Baixo	Rua do Sossego, 21	Des	0217/2021	~53
15/10/2021	Ponta da Fruta	Rua do Araça, s/n	Des	0227/2021	não mapeado
18/10/2021	Praia da Costa	Rua da Torre (R. Xavantes), 130	Des	0244/2021	22
19/10/2021	Sagrada Família	Travessa Pe. Humberto Piacente	Estrutural, Des	0236/2021	57
19/10/2021	Rio Marinho	Rua Lajinha, 310	Des	0240 e 0243/2021	~102
21/10/2021	Ilha da Conceição	Av. Jeronimo Monteiro, 3755A	Des	0251/2021	10
25/10/2021	Nova Ponta da Fruta	Rua Sagrado Coração de Jesus, 7A	Des	0249/2021	não mapeado
02/11/2021	Sagrada Família	Rua Eugênio Alves, 95	Estrutural, Des	0259/2021	~57
02/11/2021	Garoto	Rua Seringueira, 11	Rb	0260/2021	não mapeado
10/11/2021	Alecrim	Rua Ana Siqueira, s/n / Rua Rui Barbosa / Fundos EEEFM Pe. Humberto Piacente	Des	0262/2021	25
12/11/2021	Alecrim	Rua Ana Siqueira, s/n / Rua Rui Barbosa / Fundos EEEFM Pe. Humberto Piacente	Des	0262/2021	25
12/11/2021	Ponta da Fruta	Rua Cabo Hermindo Costalonga	Des	0273/2021	não mapeado
13/11/2021	São Torquato	Av. Senador Robert Kennedy, 157	Estrutural, Des	0271/2021	~52
13/11/2021	Garoto	Rua Seringueira, 11	Des	0274/2021	não mapeado

Data da ocorrência	Bairro	Endereço	Processo	Referência Relatório SEMPDEC	Setor de Risco associado PMRR
16/11/2021	Sagrada Família	Travessa Pe. Humberto Piacente	Estrutural, Des	0276/2021	57
09/06/2022	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3780	Des	0061/2022	10
17/09/2022	Ataíde	Rua Humberto Campos, 23	Des	0078/2022	13
16/11/2022	Jaburuna	Av. Vista Linda (rua Duque de Caxias), s/n	Des	0095/2022	86
24/11/2022	Vila Garrido	Rua Nossa Senhora Aparecida, 118	Estrutural, Des	0097/2022	68
24/11/2022	Rio Marinho	Rua Novo Brasil, 183	Des	0098/2022	não mapeado
24/11/2022	Ilha da Conceição	Av. Jerônimo Monteiro, 3745	Des	0100/2022	10
24/11/2022	Paul	Rua Paulo Natali, 182	Estrutural, Des	0101/2022	68
25/11/2022	Cobi de Cima	Rua Leopoldina, 202	Estrutural, Des	0102/2022	52
25/11/2022	São Torquato	Rua Maria Ferreira, 160	Estrutural, Des	0103/2022	77
25/11/2022	Cobi de Baixo	Rua do Sossego, 221	Des	0104/2022	53
25/11/2022	Ilha da Conceição	Rua Circular, 165	Des	0106/2022	10
29/11/2022	Industrial	Rua Valdir Junger, 35	Des	0109/2022	não mapeado
30/11/2022	Planalto	Rua Ana Siqueira, s/nº - EEEFM Pe. Humberto Piacente	Des	0118/2022	25
01/12/2022	São Torquato	Rua João Gomes, 287	Des, Rb	0117/2022	77
01/12/2022	Alvorada	Rua Netuno, 151	Estrutural, Des	0121/2022	não mapeado
03/12/2022	Industrial	Rua Valdir Junger / Rua Conselheiro Maфра	Des	0113/2022	não mapeado
03/12/2022	Industrial	Rua Valdir Junger / Rua Conselheiro Maфра	Des	0113/2022	não mapeado
04/12/2022	Cobi de Cima	Travessa Pinaré, s/n	Des	0129/2022	50
04/12/2022	Paul	Av. Jerônimo Monteiro, 4867	Estrutural, Des	0135/2022	não mapeado

Fonte: Arquivo Defesa Civil de Vila Velha (2022).

APÊNDICE B – Inventário de Movimentos de Massa no Maciço de Jaburuna, Vila Velha – ES (2005-2022).

Data e Hora da Ocorrência UTC	Bairro	Endereço	Processo Geodinâmico	Referência Relatório SEMPDEC	Latitude (UTM) E (m)	Longitude (UTM) N (m)
17/01/2007 15:00	Jaburuna	Rua Marechal Rondon, 11	Des, Rb	0049/2007	364037.60	7751404.17
26/10/2007 22:00	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 183	Rb	0533/2007	363987.97	7751226.13
28/02/2008 12:00	Jaburuna	Rua Framboesa, s/n (final da escadaria)	Des, Rb	0128/2008	363784.43	7751186.00
21/11/2008 12:00	Jaburuna	Rua Maranguape, 40	Des	0491/2008	363615.82	7751164.74
24/11/2008 22:00	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 16	Des	0541/2008	364001.18	7751205.93
24/11/2008 12:00	Jaburuna	Rua Marechal Rondon, s/n	Des	0558/2008	364037.60	7751404.17
24/11/2008 22:00	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, s/n	Rb	0589/2008	364004.95	7751279.47
01/11/2009 12:00	Jaburuna	Rua João de Freitas, 75	Des, Rb	0879/2009	363836.61	7751177.82
01/11/2009 18:00	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 289 (escadaria)	Estrutural, Des	0784/2009	363917.33	7751164.05
03/11/2009 12:00	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 183	Rb	0020/2010	363987.97	7751226.13
03/11/2009 12:00	Jaburuna	Rua Marechal Rondon, 155	Des, Rb	1094/2009	364073.12	7751507.90
01/11/2009 12:00	Glória / Jaburuna	Rua Emiliana Júlia da Silva, 04	Des	0865/2009	363657.98	7751113.57
01/11/2009 12:00	Jaburuna	Rua João de Freitas, 140	Rb	1188/2009	363842.26	7751200.01
01/11/2009 12:00	Petrópolis / Jaburuna	Rua Marechal Cândido Rondon, s/n	Des	1218/2009	364037.60	7751404.17
01/11/2009 12:00	Petrópolis / Jaburuna	Rua Marechal Cândido Rondon, s/n	Des	1232/2009	363994.08	7751345.85

Data e Hora da Ocorrência UTC	Bairro	Endereço	Processo Geodinâmico	Referência Relatório SEMPDEC	Latitude (UTM) E (m)	Longitude (UTM) N (m)
06/01/2012 12:00	Prainha da Glória / Glória	Rua Rosa do Lírios, 12	Des	0058/2012	363699.75	7751793.79
07/11/2012 12:00	Prainha da Glória / Jaburuna	Rua Clemente Paganini, s/n	Rb	0983/2012	363636.62	7751588.82
19/03/2013 12:00	Jaburuna	Rua Maranguape, 40 (fundos)	Des, Rb	0000 e 0013/2013	363621.55	7751161.34
20/03/2013 12:00	Prainha da Glória / Glória	Rua Rosa do Lírios, 12	Des	xxxx/2013	363704.09	7751802.00
20/03/2013 12:00	Jaburuna	Rua Olaria, 29	Des, Rb	0124b/2013	363894.96	7751147.68
18/12/2013 12:00	Jaburuna	Rua Framboesa, s/n	Rb	0583/2013	363789.94	7751169.32
19/12/2013 12:00	Jaburuna	Rua Maria Valadares, 40	Rb	0728/2013	364001.56	7751308.36
20/12/2013 09:00	Prainha da Glória/ Jaburuna/ Jd. Petrópolis	Av. Vista Linda	Des, Rb	0782/2013	363716.41	7751552.96
21/12/2013 12:00	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 162	Estrutural, Des	0165, 834, 837 e 850/2013	363838.74	7751116.28
24/12/2013 12:00	Jaburuna	Rua Cel. Joaquim de Freitas, 14	Des	0102/2014	364092.93	7751356.55
28/12/2013 --:--	Jaburuna	Rua Cel. Joaquim de Freitas, 204	Estrutural, Des	1723/2013	364078.08	7751399.37
20/12/2013 --:--	Jaburuna	Rua Cel. Joaquim de Freitas, 11	Des	0787 e 1325/2013	364096.16	7751364.93
20/12/2013 --:--	Jaburuna	Travessa Jabuticabeira, 27	Estrutural, Des	0754 e 767/2013	363593.22	7751425.61
27/06/2017 17:00	Glória / Jaburuna	Rua Maranguape, 49	Rb	0297/2017	363618.79	7751167.93
02/12/2017 12:00	Jaburuna	Rua Marechal Cândido Rondon, 15	Des	0535/2017	364017.12	7751636.45
16/04/2018 12:00	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, s/n	Des	0177/2018	363995.46	7751236.94

Data e Hora da Ocorrência UTC	Bairro	Endereço	Processo Geodinâmico	Referência Relatório SEMPDEC	Latitude (UTM) E (m)	Longitude (UTM) N (m)
16/04/2018 12:00	Jaburuna	Rua Epitácio Pessoa, 241	Des	0188/2018	363992.15	7751192.66
09/11/2018 12:00	Jardim Petrópolis	Rua Vista Linda, s/n	Des	0596/2018	363744.54	7751553.13
09/11/2018 12:00	Jardim Petrópolis	Rua Duque de Caxias, s/n (Vista Linda)	Des	0597/2018	363789.38	7751639.81
09/11/2018 12:00	Olaria / Jaburuna,	Rua Marechal Rondon, 03	Rb	0606/2018	364034.72	7751518.40
22/05/2019 --:--	Jardim Petrópolis	Av. Vista Linda, s/n (em frente ao 138)	Des, Rb	0549/2019	363708.39	7751648.90
25/03/2020 02:00	Jaburuna	Rua Framboesa, s/n	Des	0858/2020	363776.67	7751246.16
17/02/2021 21:00	Jaburuna	Rua Framboesa, s/n	Des	0010/2021	363767.59	7751235.33
07/03/2021 23:00	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 10	Des	0024/2021	363771.09	7751171.36
07/03/2021 23:00	Jaburuna	Rua Vasco da Gama, 55	Des	0027/2021	363639.74	7751300.56
07/03/2021 23:00	Jaburuna / Jd. Petrópolis	Av. Vista Linda, 11	Des	0028/2021	363711.69	7751621.38
11/10/2021 16:00	Jaburuna / Jd. Petrópolis	Rua Duque de Caxias, 31 (Vista Linda)	Des	0198/2021	363690.84	7751560.91
16/11/2022 10:00	Jaburuna / Jd. Petrópolis	Av. Vista Linda (rua Duque de Caxias), s/n	Des	0095/2022	363732.13	7751595.35

Fonte: Arquivo Defesa Civil de Vila Velha (2022).

APÊNDICE C - Episódios de chuva identificados para realização de estudo de correlação (2015-2022).

# Episódio de Chuva	Data-hora de registro do fim do episódio de chuva UTC	Ocorrências geodinâmicas registradas	Volume acum. Evento de chuva (mm)	duração chuva (h)	Acum. 6h (mm)	Acum. 12h (mm)	Acum. 24h (mm)	Acum 48h (mm)	Acum. 72h (mm)	Acum. 96h (mm)	Acum. 120h (mm)	Acum. 144h (mm)	Acum. 168h (mm)	Acum. 15 dias (mm)	Acum. 30 dias (mm)
1	2015-09-06 09:00:00	0	17,73	14	2,38	14,59	17,73	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	45,99
2	2015-10-30 21:00:00	0	26,00	19	8,67	21,64	26,79	36,24	36,24	36,24	36,64	37,23	37,23	38,03	38,43
3	2015-11-22 01:00:00	0	21,67	6	21,67	21,67	21,67	21,67	21,67	21,67	26,81	27,01	27,01	27,01	68,18
4	2015-12-08 07:00:00	0	35,06	14	5,52	14,00	35,06	35,06	35,06	35,06	40,20	40,40	40,40	56,39	83,60
5	2016-01-04 04:00:00	0	22,27	13	8,28	22,07	22,47	25,62	25,62	25,62	25,62	25,62	25,62	34,30	70,18
6	2016-01-18 14:00:00	0	41,94	22	4,35	17,35	41,94	48,64	51,59	51,59	51,59	52,59	52,59	80,59	93,24
7	2016-01-20 14:00:00	0	34,43	17	4,55	28,72	34,63	35,23	77,17	83,87	86,82	86,82	86,82	90,79	127,85
8	2016-01-23 08:00:00	0	16,21	19	3,57	11,26	16,21	18,59	25,12	55,60	60,15	100,69	104,64	108,39	147,23
9	2016-01-25 22:00:00	0	48,81	7	40,35	48,81	48,81	48,81	61,46	67,60	70,97	105,80	106,99	159,78	191,33
10	2016-02-12 20:00:00	0	14,17	3	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,37	173,15
11	2016-03-05 02:00:00	0	25,42	5	25,42	25,42	25,42	25,42	25,42	25,42	25,42	25,42	25,42	25,42	39,59
12	2016-03-16 05:00:00	0	16,65	8	2,56	16,65	16,65	16,65	16,65	16,65	16,65	16,65	16,65	42,07	42,07
13	2016-03-17 08:00:00	0	11,08	11	1,38	11,08	11,87	28,52	28,52	28,52	28,52	28,52	28,52	53,94	53,94
14	2016-05-12 22:00:00	0	10,23	4	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	10,23	18,71
15	2016-06-22 19:00:00	0	26,76	15	5,91	22,44	26,76	28,75	28,75	28,75	28,75	28,75	28,75	33,90	33,90
16	2016-06-28 08:00:00	0	17,42	18	3,56	12,25	17,62	21,97	28,27	28,27	28,47	50,12	55,23	57,22	62,37
17	2016-07-23 16:00:00	0	21,03	7	20,44	21,03	21,03	23,59	23,59	23,59	23,59	23,79	23,79	23,79	59,55
18	2016-07-30 16:00:00	0	40,92	8	30,30	42,69	42,69	42,69	42,69	42,69	42,69	42,69	43,69	67,48	72,60
19	2016-10-02 10:00:00	0	34,30	14	20,08	28,97	34,50	36,08	36,08	36,08	36,08	36,08	41,60	50,85	66,65
20	2016-10-10 21:00:00	0	15,16	12	9,04	15,16	15,16	15,16	15,16	15,16	17,35	25,79	28,37	71,57	83,41
21	2016-10-29 02:00:00	0	15,55	7	13,78	15,55	15,55	16,17	16,17	16,17	16,17	16,57	16,57	16,57	91,67
22	2016-10-29 12:00:00	0	12,81	6	12,81	16,94	28,36	28,98	28,98	28,98	28,98	29,18	29,38	29,38	104,48
23	2016-11-02 14:00:00	0	17,53	7	17,33	17,53	17,53	17,53	17,73	20,11	48,47	49,09	49,09	49,49	86,91
24	2016-11-15 08:00:00	0	96,88	47	17,53	28,36	57,51	96,88	97,08	97,08	97,08	99,26	101,04	119,97	151,93
25	2016-11-19 05:00:00	0	26,63	14	9,25	12,41	26,63	26,63	26,63	42,58	87,31	125,68	125,88	131,24	180,73
26	2016-11-23 20:00:00	0	15,79	16	1,39	5,56	16,19	17,17	17,17	17,17	29,38	43,80	43,80	145,23	197,50
27	2016-12-10 14:00:00	0	15,62	12	10,28	15,62	15,62	15,62	15,82	15,82	19,76	24,10	24,10	39,10	185,71
28	2016-12-12 02:00:00	0	11,02	1	11,02	11,02	11,02	26,64	26,64	26,64	26,84	26,84	34,32	49,72	196,73
29	2016-12-17 02:00:00	0	23,62	10	18,69	23,62	23,82	29,34	29,34	29,34	29,54	40,56	56,18	71,96	127,02
30	2016-12-18 06:00:00	0	11,80	2	14,96	14,96	15,16	38,98	44,50	44,50	44,50	44,70	55,72	79,82	142,18
31	2017-01-12 07:00:00	0	19,31	3	19,31	19,31	19,31	19,31	19,31	19,31	19,51	19,51	19,51	19,51	77,66
32	2017-01-13 01:00:00	0	50,74	4	50,74	50,74	70,05	70,05	70,05	70,05	70,05	70,25	70,25	70,25	128,40
33	2017-01-29 06:00:00	0	7,37	1	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37	7,37	77,82
34	2017-02-04 05:00:00	0	21,07	7	20,87	21,07	21,07	21,07	21,07	26,19	26,98	34,35	34,35	34,35	104,80
35	2017-02-14 11:00:00	0	18,36	11	8,11	18,36	18,36	20,54	20,74	20,74	20,74	22,94	23,14	55,46	62,83
36	2017-02-21 02:00:00	0	11,35	4	11,35	11,35	12,14	12,14	13,71	15,48	15,48	17,46	31,29	44,35	80,29
37	2017-02-21 11:00:00	0	20,91	6	20,91	24,25	32,26	33,05	33,05	34,62	36,39	38,17	38,37	65,26	101,20

# Episódio de Chuva	Data-hora de registro do fim do episódio de chuva UTC	Ocorrências geodinâmicas registradas	Volume acum. Evento de chuva (mm)	duração chuva (h)	Acum. 6h (mm)	Acum. 12h (mm)	Acum. 24h (mm)	Acum 48h (mm)	Acum. 72h (mm)	Acum. 96h (mm)	Acum. 120h (mm)	Acum. 144h (mm)	Acum. 168h (mm)	Acum. 15 dias (mm)	Acum. 30 dias (mm)
38	2017-03-31 22:00:00	0	14,75	5	14,75	14,75	14,75	14,75	14,75	21,06	21,65	21,65	21,85	33,87	38,62
39	2017-06-24 08:00:00	0	24,16	52	5,77	6,77	11,97	21,97	25,56	25,56	25,56	26,58	28,58	33,05	35,23
40	2017-06-25 21:00:00	0	38,87	24	5,40	18,16	38,87	45,44	55,64	63,23	64,43	64,43	65,45	71,92	74,10
41	2017-06-27 17:00:00	1	65,41	30	12,41	14,40	15,40	25,00	60,87	68,24	78,44	86,03	86,43	93,92	96,10
42	2017-07-03 19:00:00	0	11,75	2	11,75	11,75	11,75	13,76	14,28	14,28	14,44	56,77	79,85	151,89	160,55
43	2017-07-10 00:00:00	0	13,47	3	13,75	14,08	14,61	19,52	19,52	21,67	29,72	29,72	41,47	154,04	188,09
44	2017-07-11 12:00:00	0	12,41	9	12,16	12,41	12,41	26,49	31,07	31,93	31,93	34,76	42,13	122,58	200,50
45	2017-07-17 00:00:00	0	16,23	4	16,23	16,23	22,92	22,92	24,70	25,73	25,73	38,15	38,15	81,62	221,76
46	2017-07-30 16:00:00	0	28,62	7	24,36	28,62	29,53	37,52	37,52	55,48	56,89	59,77	72,44	102,75	161,98
47	2017-07-31 00:00:00	0	12,20	5	12,20	27,80	40,81	49,72	49,72	50,85	67,83	69,09	75,14	114,95	174,18
48	2017-09-11 08:00:00	0	12,42	7	12,20	12,42	20,35	24,66	26,82	26,82	26,82	26,82	33,53	39,77	46,54
49	2017-10-17 02:00:00	0	37,21	16	26,94	34,62	38,99	40,36	40,36	40,36	40,36	40,36	40,36	47,57	59,35
50	2017-10-17 11:00:00	0	28,71	5	28,71	47,17	65,32	69,07	69,07	69,07	69,07	69,07	69,07	76,28	85,91
51	2017-10-31 21:00:00	0	24,72	2	24,92	24,92	24,92	24,92	24,92	24,92	24,92	24,92	24,92	81,38	102,01
52	2017-11-29 16:00:00	0	26,41	23	4,33	22,63	26,41	26,41	26,41	26,41	26,41	33,34	33,54	45,79	106,77
53	2017-12-02 12:00:00	1	149,17	47	35,21	49,40	86,06	139,15	141,32	165,56	165,56	165,56	165,56	182,38	213,91
54	2017-12-09 10:00:00	0	16,18	16	4,75	15,58	16,18	16,18	16,18	20,25	20,25	23,03	47,21	204,52	242,00
55	2017-12-14 16:00:00	0	23,04	9	11,63	23,04	23,04	23,04	26,78	27,46	27,46	43,64	43,64	204,97	250,56
56	2018-01-31 06:00:00	0	20,28	6	20,28	20,28	20,48	20,48	20,48	20,48	20,48	20,48	20,48	20,48	43,15
57	2018-02-05 08:00:00	0	66,74	28	9,85	17,56	45,67	66,74	67,73	79,33	86,66	107,14	107,14	107,14	119,76
58	2018-02-06 14:00:00	0	39,95	13	6,88	38,96	40,15	84,02	106,89	106,89	119,28	126,61	147,09	147,29	159,91
59	2018-02-24 00:00:00	0	15,53	4	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53	16,72	24,00	27,57	175,46
60	2018-02-26 04:00:00	0	27,35	6	27,35	27,35	27,35	27,35	42,88	42,88	42,88	42,88	42,88	54,32	202,81
61	2018-03-06 01:00:00	0	60,81	4	60,81	60,81	60,81	60,81	60,81	60,81	60,81	60,81	60,81	103,89	223,42
62	2018-03-08 09:00:00	0	37,23	5	37,23	37,23	37,23	37,23	98,04	98,04	98,04	98,04	98,04	141,12	160,64
63	2018-03-17 16:00:00	0	29,57	3	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	29,57	35,49	39,07	150,54	203,08
64	2018-03-18 08:00:00	0	24,20	5	24,20	24,20	54,57	54,57	54,57	54,57	54,57	54,57	60,69	175,54	227,29
65	2018-04-07 10:00:00	0	58,18	5	58,18	58,38	61,54	61,54	63,94	64,34	64,34	64,34	64,93	84,08	161,58
66	2018-04-11 15:00:00	0	12,21	3	12,21	12,21	12,21	15,95	15,95	16,75	80,26	80,26	82,66	100,98	157,37
67	2018-04-12 01:00:00	0	25,21	3	25,21	36,63	37,42	37,42	41,16	41,56	102,31	105,47	107,27	126,19	182,58
68	2018-04-13 03:00:00	0	9,45	1	9,45	9,45	16,54	53,96	53,96	57,70	58,10	118,85	122,01	139,97	199,12
69	2018-04-16 12:00:00	2	130,61	15	93,91	127,08	129,43	129,43	129,43	144,78	183,39	183,39	187,13	254,24	328,55
70	2018-04-16 19:00:00	0	20,66	3	20,66	113,78	151,27	151,27	151,27	160,72	193,02	205,23	208,97	276,08	320,02
71	2018-04-17 23:00:00	0	21,06	5	21,06	22,44	23,63	174,51	174,90	174,90	184,35	193,80	228,86	299,71	319,45
72	2018-04-23 15:00:00	0	12,81	3	12,81	13,01	14,19	14,19	14,19	14,19	14,19	35,65	58,88	247,19	333,02
73	2018-04-24 08:00:00	0	12,42	6	12,42	12,42	25,23	26,61	26,61	26,61	26,61	26,61	50,24	259,61	344,84
74	2018-05-09 09:00:00	0	30,61	10	22,52	30,61	30,61	35,33	36,92	45,79	48,57	48,57	48,57	63,19	322,80
75	2018-05-15 14:00:00	0	55,30	26	15,17	37,38	55,10	55,30	55,30	55,30	55,30	60,06	90,67	108,63	325,16
76	2018-05-26 05:00:00	0	30,08	17	7,49	22,81	30,48	30,48	30,48	30,48	30,48	30,48	30,48	90,90	158,65
77	2018-06-08 23:00:00	0	10,84	5	10,84	10,84	10,84	10,84	10,84	10,84	11,83	11,83	12,24	49,07	109,89

# Episódio de Chuva	Data-hora de registro do fim do episódio de chuva UTC	Ocorrências geodinâmicas registradas	Volume acum. Evento de chuva (mm)	duração chuva (h)	Acum. 6h (mm)	Acum. 12h (mm)	Acum. 24h (mm)	Acum 48h (mm)	Acum. 72h (mm)	Acum. 96h (mm)	Acum. 120h (mm)	Acum. 144h (mm)	Acum. 168h (mm)	Acum. 15 dias (mm)	Acum. 30 dias (mm)
78	2018-06-19 07:00:00	0	103,78	26	17,12	24,29	96,10	103,78	106,37	108,55	109,14	109,14	109,14	120,77	158,21
79	2018-08-03 07:00:00	0	19,66	5	19,66	20,26	28,18	29,38	29,38	29,38	29,38	29,38	29,38	38,47	38,47
80	2018-08-04 04:00:00	0	11,24	12	1,00	11,24	22,06	40,02	40,62	40,62	40,62	40,62	40,62	49,71	49,71
81	2018-10-07 10:00:00	0	21,63	8	21,03	21,89	23,18	26,17	26,17	28,19	28,79	28,79	28,79	31,24	51,97
82	2018-10-17 05:00:00	0	12,14	10	6,85	12,14	12,14	12,14	12,14	13,16	13,16	17,69	17,99	54,95	59,80
83	2018-10-17 17:00:00	0	11,09	3	11,09	12,96	25,09	25,09	25,09	25,09	26,11	30,65	30,95	67,90	72,76
84	2018-10-25 18:00:00	0	10,29	9	9,02	10,29	10,29	10,29	10,29	10,29	10,29	15,72	15,72	48,38	87,22
85	2018-10-26 10:00:00	0	16,22	11	3,55	16,22	25,74	26,51	26,51	26,51	26,51	26,51	31,94	64,30	103,44
86	2018-11-06 00:00:00	0	20,30	13	10,64	19,90	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	24,47	24,47	59,54	127,42
87	2018-11-09 12:00:00	3	91,02	41	20,47	26,22	80,87	84,81	96,42	120,85	121,65	121,65	121,65	159,71	198,58
88	2018-12-03 08:00:00	0	16,14	14	10,30	13,04	16,14	18,33	18,66	19,79	20,37	21,56	22,36	34,30	188,66
89	2018-12-08 10:00:00	0	17,37	10	10,12	17,37	17,37	17,37	17,37	17,37	21,06	37,20	39,39	44,56	170,32
90	2019-07-30 15:00:00	0	14,13	4	14,13	14,13	14,66	14,66	14,66	29,91	30,34	30,34	30,34	46,24	63,04
91	2019-09-27 13:00:00	0	29,13	12	3,78	29,13	29,13	34,66	34,86	34,86	34,86	35,56	35,56	42,93	46,57
92	2019-10-05 00:00:00	0	12,59	3	12,59	15,92	15,92	15,92	15,92	17,11	21,85	23,24	23,24	58,80	69,49
93	2019-10-27 04:00:00	0	9,45	1	9,65	10,05	10,05	10,05	10,05	13,82	16,22	16,22	16,22	24,13	72,83
94	2019-11-14 18:00:00	0	132,02	45	5,53	16,56	49,17	132,02	132,22	132,45	136,94	136,94	136,94	140,24	157,06
95	2019-11-18 22:00:00	0	26,04	22	4,74	16,76	26,04	27,23	27,63	30,99	63,66	162,02	163,21	168,07	187,45
96	2019-11-20 05:00:00	0	13,82	14	3,15	9,88	14,42	39,27	42,05	42,25	43,84	63,16	144,14	182,89	202,27
97	2019-11-22 17:00:00	0	137,86	55	21,44	63,41	71,89	95,55	147,74	157,42	179,91	179,91	181,70	320,61	335,94
98	2019-11-24 03:00:00	0	23,27	6	23,27	23,27	23,27	86,88	111,67	163,10	175,75	200,60	203,18	343,88	357,23
99	2019-12-02 14:00:00	0	23,28	14	1,99	7,94	23,28	30,20	32,56	35,36	35,36	35,36	35,36	238,74	379,58
100	2019-12-07 14:00:00	0	88,87	17	1,60	18,29	88,87	88,87	88,87	92,66	93,45	116,73	123,65	157,20	472,89
101	2019-12-25 05:00:00	0	84,17	9	36,01	84,17	84,17	84,17	84,17	84,17	84,17	84,17	84,17	84,37	213,38
102	2020-01-04 03:00:00	0	73,06	10	29,30	73,06	73,66	78,21	78,21	82,74	82,74	86,08	87,26	172,41	261,68
103	2020-01-22 05:00:00	0	30,73	10	5,92	30,73	32,11	41,14	41,14	41,34	41,74	41,74	41,74	41,94	220,26
104	2020-01-23 03:00:00	0	41,93	5	41,93	41,93	42,73	75,41	83,27	83,27	83,87	83,87	83,87	84,07	262,39
105	2020-01-25 12:00:00	0	41,07	39	6,72	27,98	34,91	41,07	83,20	115,31	124,54	124,54	124,54	125,34	218,51
106	2020-01-28 00:00:00	0	11,20	4	11,20	11,20	11,20	12,77	48,88	59,39	102,91	108,85	143,86	146,24	238,62
107	2020-02-22 04:00:00	0	40,86	6	40,86	40,86	40,86	40,86	40,86	40,86	40,86	40,86	41,06	59,00	127,47
108	2020-02-28 19:00:00	0	43,86	18	7,11	28,34	50,55	51,14	51,14	51,14	51,14	56,29	97,15	101,86	121,39
109	2020-03-02 07:00:00	0	55,89	11	21,85	55,89	55,89	55,89	84,23	107,03	107,03	107,03	107,03	153,04	177,28
110	2020-03-05 01:00:00	0	14,17	5	14,17	14,17	14,17	14,17	36,62	70,66	70,66	114,52	121,80	167,81	192,05
111	2020-03-10 04:00:00	0	11,83	6	11,83	11,83	11,83	11,83	16,37	16,77	25,07	39,24	39,24	146,87	204,91
112	2020-03-14 05:00:00	0	18,74	6	18,74	18,74	20,13	29,38	30,37	31,76	43,59	43,59	48,13	169,96	229,35
113	2020-03-21 02:00:00	0	15,70	2	15,70	15,70	15,70	15,70	15,70	15,70	15,70	15,70	16,70	64,63	240,54
114	2020-03-25 02:00:00	1	39,22	4	39,22	39,22	39,22	42,39	46,94	53,63	69,33	69,33	69,33	111,14	248,16
115	2020-05-25 16:00:00	0	28,74	12	2,98	28,74	28,74	28,74	28,94	28,94	28,94	35,64	38,59	48,12	63,37
116	2020-06-16 11:00:00	0	57,86	17	21,46	35,63	57,86	57,86	57,86	57,86	57,86	57,86	57,86	62,40	100,99
117	2020-07-05 11:00:00	0	10,66	10	5,34	10,66	10,66	10,86	15,58	15,58	15,58	16,38	21,51	21,51	92,56

# Episódio de Chuva	Data-hora de registro do fim do episódio de chuva UTC	Ocorrências geodinâmicas registradas	Volume acum. Evento de chuva (mm)	duração chuva (h)	Acum. 6h (mm)	Acum. 12h (mm)	Acum. 24h (mm)	Acum 48h (mm)	Acum. 72h (mm)	Acum. 96h (mm)	Acum. 120h (mm)	Acum. 144h (mm)	Acum. 168h (mm)	Acum. 15 dias (mm)	Acum. 30 dias (mm)
118	2020-07-31 17:00:00	0	53,15	14	18,32	51,38	55,32	55,32	55,32	55,32	56,70	58,29	58,49	63,02	87,51
119	2020-08-02 03:00:00	0	10,03	4	10,03	13,78	17,75	72,88	75,05	75,05	75,05	75,25	78,02	82,75	107,24
120	2020-08-23 05:00:00	0	20,12	15	2,80	13,64	20,12	20,12	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11	22,10	112,16
121	2020-09-23 01:00:00	0	26,56	6	26,56	26,56	26,56	26,56	26,56	27,18	27,60	27,60	27,60	29,57	41,60
122	2020-09-24 10:00:00	0	93,84	26	1,40	14,21	90,49	120,60	120,60	120,60	121,22	121,64	121,64	123,61	134,45
123	2020-10-25 13:00:00	0	94,52	40	16,12	27,53	77,11	95,31	97,29	100,45	108,00	109,78	114,70	131,69	133,87
124	2020-11-01 03:00:00	0	67,58	31	2,98	4,18	63,42	67,58	67,78	67,78	67,78	67,98	92,00	191,38	203,45
125	2020-11-23 15:00:00	0	14,42	17	6,69	11,84	14,42	14,42	14,42	17,00	17,00	17,00	17,00	20,69	170,18
126	2020-11-25 13:00:00	0	63,38	28	3,15	15,76	57,27	69,09	77,80	77,80	78,00	80,38	80,38	82,53	155,63
127	2020-12-11 05:00:00	0	73,36	37	0,80	4,37	30,34	73,36	73,36	73,36	73,36	73,36	73,36	84,46	166,99
128	2020-12-24 05:00:00	0	33,63	11	19,88	33,63	33,63	34,63	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	113,71	188,19
129	2021-02-08 21:00:00	0	105,77	41	5,36	18,54	56,35	106,17	106,17	106,17	106,17	106,17	106,17	106,17	120,94
130	2021-02-09 21:00:00	0	22,26	12	8,28	22,26	22,26	78,61	128,43	128,43	128,43	128,43	128,43	128,43	143,20
131	2021-02-16 02:00:00	0	29,97	6	29,97	29,97	29,97	29,97	29,97	29,97	29,97	31,56	54,61	160,78	173,18
132	2021-02-17 21:00:00	1	30,89	4	22,99	22,99	24,37	51,97	58,08	58,08	58,08	58,08	58,08	188,89	201,29
133	2021-02-20 10:00:00	0	11,88	20	0,80	6,92	11,88	17,40	48,49	53,61	83,58	83,58	83,58	214,39	226,79
134	2021-03-07 12:00:00	0	31,10	9	5,52	31,10	31,10	31,10	31,10	31,10	31,10	32,70	37,85	42,72	257,11
135	2021-03-07 23:00:00	3	114,32	12	100,35	101,15	132,05	132,05	132,05	132,05	132,05	133,65	138,20	143,67	358,06
136	2021-03-10 06:00:00	0	38,54	14	9,44	26,75	38,54	47,41	167,25	192,83	192,83	192,83	192,83	204,45	352,45
137	2021-03-11 05:00:00	0	51,06	10	25,56	51,06	51,46	89,60	98,47	225,19	243,89	243,89	243,89	253,41	363,73
138	2021-03-31 20:00:00	0	19,25	4	19,25	19,45	24,56	24,56	24,56	24,56	24,56	25,90	32,19	41,84	294,62
139	2021-04-01 01:00:00	0	25,48	2	26,07	44,73	50,04	50,04	50,04	50,04	50,04	50,04	54,55	67,32	320,10
140	2021-04-19 21:00:00	0	32,14	6	32,14	32,14	32,14	34,90	42,59	42,59	42,59	42,59	42,59	56,86	124,18
141	2021-05-02 05:00:00	0	17,74	8	6,34	17,74	20,32	20,32	20,32	20,52	20,72	21,52	21,52	58,61	78,98
142	2021-05-08 22:00:00	0	82,89	22	1,99	40,94	82,89	82,89	82,89	82,89	82,89	86,08	107,37	114,89	167,41
143	2021-06-05 13:00:00	0	14,79	8	7,10	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	100,86
144	2021-06-11 04:00:00	0	34,31	16	1,40	28,21	34,51	35,71	35,71	35,71	35,71	53,85	53,85	53,85	53,85
145	2021-06-12 05:00:00	0	16,15	5	16,15	16,15	16,15	50,66	51,86	51,86	51,86	51,86	70,00	70,00	70,00
146	2021-08-06 08:00:00	0	18,71	6	18,71	18,71	22,26	24,82	24,82	24,82	24,82	33,10	33,10	34,50	45,73
147	2021-08-31 04:00:00	0	28,14	10	13,39	28,14	28,54	28,54	35,43	35,43	35,43	35,43	35,43	48,63	91,48
148	2021-09-01 22:00:00	0	46,90	28	10,65	21,47	39,60	60,49	75,64	82,53	82,53	82,53	82,53	90,61	138,58
149	2021-10-11 16:00:00	1	220,39	54	27,54	68,79	111,23	119,34	119,34	121,93	123,73	123,73	123,73	123,73	123,73
150	2021-10-20 22:00:00	0	26,62	23	7,48	10,84	26,62	35,13	35,13	37,20	37,51	39,32	40,58	281,52	281,52
151	2021-10-31 13:00:00	0	49,43	40	9,85	10,65	18,72	49,43	50,41	50,41	50,41	50,41	50,41	87,61	331,93
152	2021-11-02 08:00:00	0	89,47	36	17,72	51,03	61,31	98,73	117,83	138,90	139,88	139,88	139,88	175,01	421,40
153	2021-11-10 05:00:00	0	12,42	4	12,42	12,42	15,38	15,78	15,78	15,78	15,78	15,78	15,78	157,62	382,04
154	2021-11-13 01:00:00	0	61,79	45	14,77	21,88	41,43	61,79	74,89	78,05	78,25	78,25	78,25	220,09	260,66
155	2021-11-17 10:00:00	0	11,44	14	7,70	10,06	13,63	15,41	15,61	22,31	55,02	80,16	85,77	103,51	278,52
156	2021-11-21 01:00:00	0	26,85	18	2,98	16,57	27,05	32,17	32,17	41,45	47,58	47,58	49,94	133,72	275,56
157	2021-12-07 22:00:00	0	54,81	7	43,02	54,81	55,99	64,47	64,47	64,47	75,09	75,09	81,02	83,62	222,28

# Episódio de Chuva	Data-hora de registro do fim do episódio de chuva UTC	Ocorrências geodinâmicas registradas	Volume acum. Evento de chuva (mm)	duração chuva (h)	Acum. 6h (mm)	Acum. 12h (mm)	Acum. 24h (mm)	Acum 48h (mm)	Acum. 72h (mm)	Acum. 96h (mm)	Acum. 120h (mm)	Acum. 144h (mm)	Acum. 168h (mm)	Acum. 15 dias (mm)	Acum. 30 dias (mm)
158	2022-01-07 09:00:00	0	12,23	5	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23	15,41	20,35	44,66
159	2022-01-08 05:00:00	0	15,00	14	4,94	12,43	27,23	27,43	27,43	27,43	27,43	27,43	27,43	32,39	55,31
160	2022-01-22 10:00:00	0	13,79	3	13,79	13,79	13,79	13,79	13,79	13,79	13,79	13,79	13,79	40,90	61,25
161	2022-02-02 08:00:00	0	20,68	9	9,07	20,68	20,68	24,03	26,97	26,97	26,97	26,97	26,97	41,16	80,50
162	2022-02-16 04:00:00	0	29,35	14	1,19	16,75	29,35	29,35	37,41	39,20	46,73	46,73	46,73	73,14	93,62
163	2022-02-19 06:00:00	0	10,04	2	10,04	10,24	11,41	11,41	16,34	45,69	45,69	53,75	55,14	67,22	109,96
164	2022-03-22 04:00:00	0	21,63	6	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,63	21,83	21,83	25,75	25,95
165	2022-03-23 08:00:00	0	10,82	6	10,82	14,36	19,67	43,27	43,27	43,27	43,27	43,27	43,47	47,39	47,39
166	2022-04-15 07:00:00	0	10,25	8	8,47	10,85	10,85	10,85	10,85	11,84	14,60	14,60	15,19	19,73	70,49
167	2022-09-17 16:00:00	0	22,30	20	4,16	8,91	22,30	29,40	29,40	29,40	38,46	38,46	38,46	39,46	52,12
168	2022-09-27 23:00:00	0	19,47	2	19,47	19,47	19,47	19,47	19,47	19,47	19,47	19,47	19,47	57,93	67,72
169	2022-10-23 13:00:00	0	45,66	9	11,23	45,66	46,89	46,89	46,89	57,92	66,02	66,02	66,42	66,62	103,32
170	2022-11-03 14:00:00	0	46,90	36	7,49	23,20	45,30	46,90	46,90	46,90	46,90	46,90	46,90	111,13	129,10
171	2022-11-16 10:00:00	1	68,48	19	46,78	55,44	55,44	55,44	55,64	55,64	55,64	55,64	55,64	103,94	176,27
172	2022-11-26 06:00:00	0	120,29	46	7,17	14,15	33,83	120,29	120,49	121,09	127,67	127,67	127,67	196,55	244,85
173	2022-11-30 14:00:00	0	85,48	68	1,40	8,37	14,48	49,78	85,48	86,28	108,86	200,43	206,57	282,63	331,13
174	2022-12-05 17:00:00	0	142,38	113	3,80	15,58	32,47	61,25	104,17	121,96	142,38	154,47	191,56	356,33	425,21
175	2022-12-21 13:00:00	0	44,99	23	2,78	23,26	44,99	45,79	46,39	46,99	47,82	49,62	53,62	88,76	440,71
176	2022-12-25 13:00:00	0	30,59	32	6,10	7,10	27,20	30,59	30,79	36,16	81,15	81,95	82,55	120,53	379,70

Fonte: Arquivo Defesa Civil de Vila Velha (2022) e banco de dados pluviométricos Cemaden (2023).

Apêndice D - Gráficos de dispersão entre precipitação acumulada de 6h e intervalos de chuva acumulada.

Gráficos de correlação entre precipitação acumulada de 6h e acumulada para 24h e 48h.



Fonte: Elaborados pelo autor (2024).

Gráficos de correlação entre precipitação acumulada de 6h e acumulada para 72h e 96h.



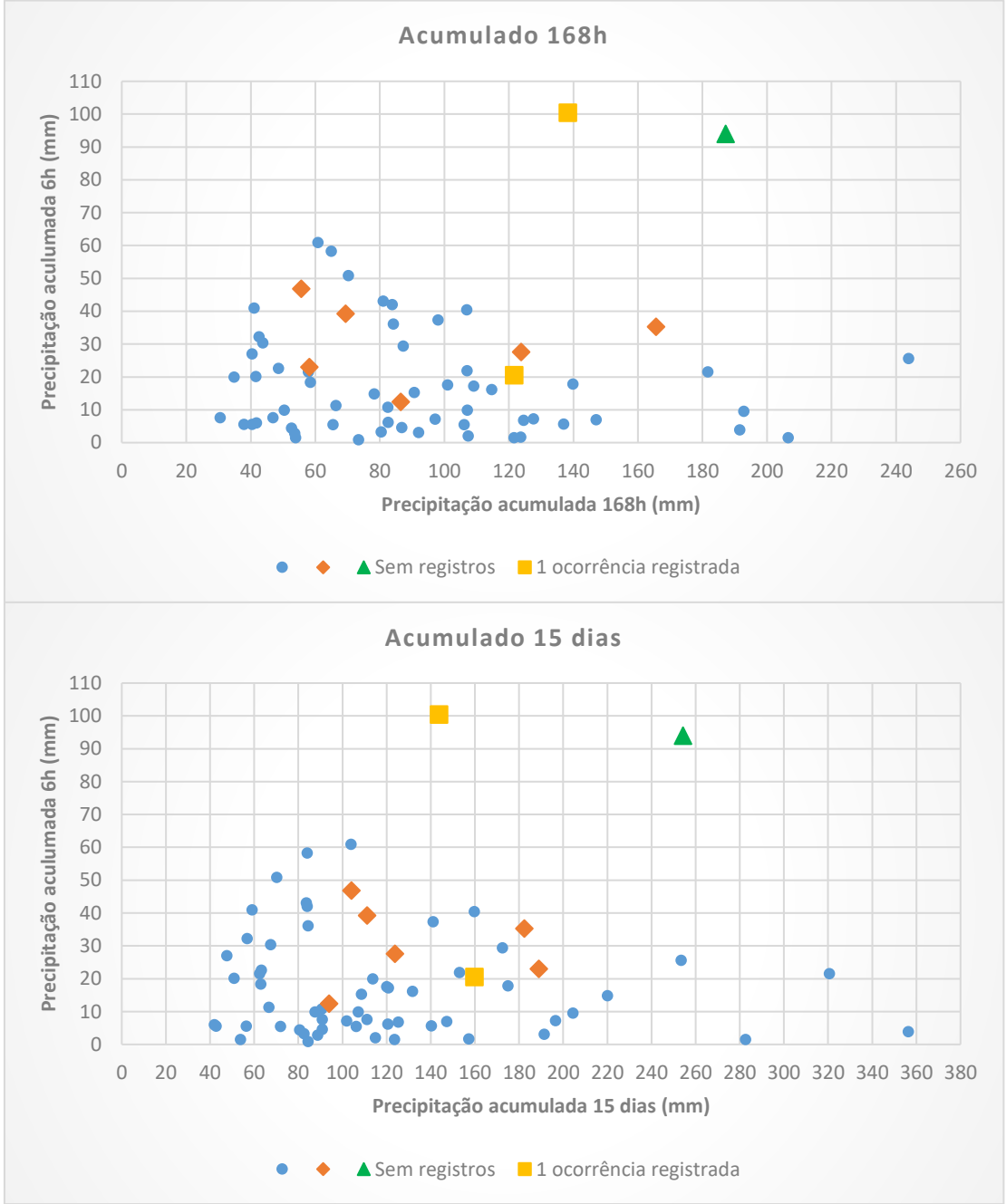
Fonte: Elaborados pelo autor (2024).

Gráficos de correlação entre precipitação acumulada de 6h e acumulada para 120h e 144h.



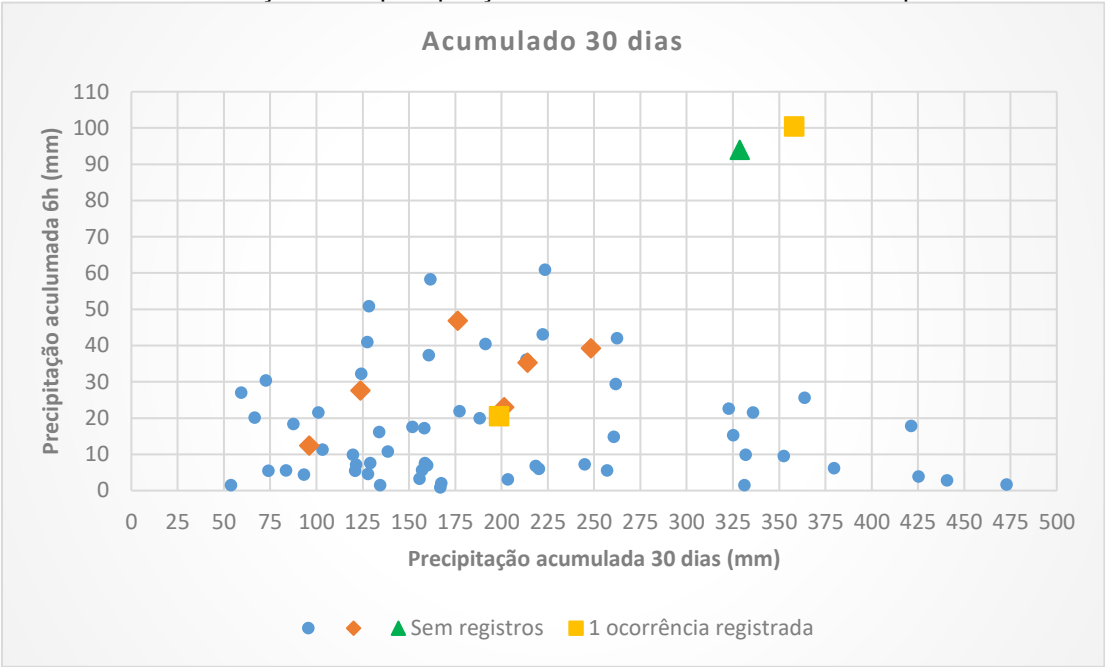
Fonte: Elaborados pelo autor (2024).

Gráficos de correlação entre precipitação acumulada de 6h e acumulada para 168h e 15 dias.



Fonte: Elaborados pelo autor (2024).

Gráfico de correlação entre precipitação acumulada de 6h e acumulada para 30 dias.



Fonte: Elaborados pelo autor (2024).