

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

MÔNICA CARVALHO GENERINI DE OLIVEIRA

**CORRELAÇÃO ENTRE MOVIMENTOS DE MASSA E PLUVIOSIDADE PARA O**  
**MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Engenharia Civil.  
Orientador: Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Oliveira, Mônica Carvalho Generini de  
CORRELAÇÃO ENTRE MOVIMENTOS DE MASSA E PLUVIOSIDADE  
PARA O MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS, SC / Mônica Carvalho  
Generini de Oliveira ; orientador, Rafael Augusto dos  
Reis Higashi, 2018.  
225 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Movimentos de massa. 3.  
Pluviosidade. 4. Florianópolis. 5. Desastre natural. I.  
Higashi, Rafael Augusto dos Reis. II. Universidade Federal  
de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III.  
Titulo.

Mônica Carvalho Generini de Oliveira

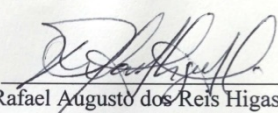
**CORRELAÇÃO ENTRE MOVIMENTOS DE MASSA E PLUVIOSIDADE PARA O  
MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS, SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheira Civil”, e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 21 de junho de 2018.

Prof<sup>a</sup>. Luciana Rohde, Dr<sup>a</sup>.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Orlando Maritini de Oliveira, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Gabriel Phelipe Nascimento Rosolem, Me.  
Universidade Federal de Santa Catarina

A todos afetados direta ou indiretamente por desastres socioambientais e a todos que buscam soluções para reduzir o impacto dos mesmos em nossas vidas.



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível sem a ajuda indiscriminada da Secretaria de Estado de Defesa Civil de Santa Catarina e da Defesa Civil Municipal de Florianópolis. Em especial, agradeço imensamente à amizade e às portas abertas pelo Coordenador Regional da Defesa Civil, Ângelo Volpato e sua equipe, não esquecendo também o apoio dos Gerentes Frederico Rudorff e José Luiz Ferreira de Abreu e o companheirismo dos consultores Humberto Alves da Silva e Laís de Oliveira Bernardino. Meus agradecimentos também ao Diretor da Defesa Civil Municipal, Luiz Eduardo Machado, e sua equipe sempre disponível para me atender, por ceder os materiais necessários para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigada Mayara e Thiago por sempre se certificarem que eu recebesse todas as informações disponíveis.

Deixo um agradecimento extraordinário ao geólogo Rodrigo Sato. Muito obrigada pelos conselhos, opiniões sobre o desenvolvimento deste trabalho, conversas, incentivos e por acreditar no meu potencial de realizar um trabalho que possa ajudar a salvar vidas e servir como uma crítica à necessidade de estudos e de maior atenção na área de ações para a prevenção de desastres.

Agradeço ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, à Companhia Pesquisa de Recursos Minerais, à Prefeitura Municipal de Florianópolis, ao Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina e à Agência Nacional de Águas pela cessão de informações fundamentais para a escrita deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Curso de Engenharia Civil por permitir que a minha experiência universitária se torne uma bela lembrança e pelos amigos e professores especiais que encontrei. Gostaria de deixar, ainda, um agradecimento aos Professores Luciana Rohde e Luiz Alberto Gómez, os quais sempre estiveram disponíveis quando precisei e são exemplos de profissionais para mim.

Com carinho, aos professores Patrícia de Oliveira Faria e Marcos Aurélio Marques Noronha pelas oportunidades e aconselhamentos. Obrigada por expandirem minha visão e me

ensinarem a sempre pensar fora da caixinha. Aos amigos que fiz ao longo da graduação: sem vocês esse caminho seria muito mais difícil e chato. Obrigada pelas resoluções de exercícios, Betonadas e por estarem presentes diariamente na minha graduação. Vocês são demais!

Por me oferecer a primeira oportunidade acadêmica no Laboratório de Mapeamento Geotécnico e por me apresentar à iniciação científica e à pesquisa na linha de estudos de desastres, agradeço ao Professor Rafael Augusto dos Reis Higashi.

Meu agradecimento ao Professor Orlando Martini de Oliveira por acompanhar minha jornada no meio acadêmico e por participar desta banca.

Agradeço também ao amigo Gabriel “Phelps” Phelipe Nascimento Rosolem. Obrigada pelas aulas de ArcGis, pela paciência em resolver minhas dúvidas e por ser uma ótima companhia de Betonadas e para bater papo. Sua dedicação me inspira e tenho certeza que você será um professor brilhante e que sua carreira acadêmica será de sucesso. Obrigada por aceitar o convite de compor a banca.

Ao meu melhor amigo Renan Pittigliani, obrigada por todos os trabalhos em grupo, por todas as reclamações e conversas sem sentido compartilhadas, por nunca duvidar da minha capacidade de realizar o que eu quiser e por ser exatamente quem você é. Juntos vamos mais longe!

Aos meus avôs, *in memoriam*, Celso Silva Carvalho e Nilton Barreto de Oliveira, por serem as pessoas mais autênticas que eu já conheci. Sei que vocês iriam querer saber todos os detalhes deste trabalho e teriam muito orgulho de mim.

O meu agradecimento mais especial aos meus pais, Laura Carvalho Generini de Oliveira e Nilton José Generini de Oliveira, por sempre me incentivarem a ser a minha melhor versão e a sempre a entregar o mais completo trabalho que eu puder realizar. Obrigada por sempre acreditarem em mim, tirarem o peso dos meus ombros quando precisei e a me ensinar a prezar pela excelência, independente de qual for o trabalho.

Aos meus Guias por andarem sempre comigo. Quem me protege não dorme.

A gente não pode mudar o passado, mas pode prevenir o futuro.

(Tema do II Seminário Regional de Proteção e Defesa Civil  
da Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina)

## RESUMO

A área urbana do município de Florianópolis/SC é atingida frequentemente por desastres socioambientais, acarretando em danos econômicos e de vidas, em especial no caso da ocorrência de movimentos de massa. Diversos estudos comprovam que a pluviosidade da região está intimamente ligada com a deflagração dessa tipologia de desastre. Visando colaborar com a redução de riscos através de ações preventivas e manutenção de políticas públicas, neste trabalho foram mapeados os eventos de movimentos de massa no município de 2012 a 2018, baseando-se nos registros da Defesa Civil Municipal, e realizadas análises espaciais e temporais dos eventos, além da elaboração de mapas temáticos buscando descrever as características físicas e socioeconômicas das áreas mais afetadas. Em seguida, baseando-se no trabalho de Tatizana et al. (1987), a região foi dividida em 5 subáreas e os dados foram relacionados com as séries históricas de cada subárea, resultando na correlação numérica entre a precipitação acumulada no dia do evento e em 24h, 48h, 72h, 96h, 120h e 30 dias anteriores ao dia do evento. A maior parte dos eventos estudados ocorrem em regiões com infraestrutura precária, presença de fluxo superficial de água, declividades entre 20 a 45%, ocupadas por moradores de baixa renda e tendem a ocorrer em solo Podzólicos vermelho-amarelo de substrato granito e Cambissolo de depósito de encostas. As correlações de 96h, 120h e 30 dias foram as que se mostraram mais coerentes para cada subárea. Para a escolha da correlação a ser utilizada deve-se levar em consideração a finalidade da mesma e a quantidade e qualidade da amostra, lembrando-se sempre de que as correlações devem ser atualizadas e empregadas com cautela.

**Palavras-chave:** Movimentos de massa. Pluviosidade. Florianópolis. Desastre natural. Desastre socioambiental.

## ABSTRACT

The urban area of the municipality of Florianópolis/SC is frequently affected by socio-environmental disasters, resulting in economic and lives damages, especially in the case of mass movements. Several studies show that rainfall is closely linked with the outbreak of this type of disaster. Aiming to collaborate with the reduction of risks through preventive actions and maintenance of public policies, this work mapped the mass movement events in the municipality from 2012 to 2018, based on the records of the Municipal Civil Defense, and carried out spatial and temporal analyzes of the events, as well as the elaboration of thematic maps seeking to describe the physical and socioeconomic characteristics of the most affected areas. Then, based on the work of Tatizana et al. (1987), the region was divided into 5 subareas and the data were related to the historical series of each subarea, resulting in the numerical correlation between the accumulated precipitation on the day of the event and in 24h, 48h, 72h, 96h, 120h and 30 days prior to the day of the event. Most of the events studied occur in regions with poor infrastructure, presence of water flow, slopes between 20 and 45%, occupied by low-income residents and tend to occur in red-yellow podzolic soil of granite substrate and deposit Cambisol of slopes. The correlations of 96h, 120h and 30 days were the most coherent for each subarea. In order to choose the correlation to be used, the purpose of the correlation and the quantity and quality of the sample should be taken into account, always remembering that the correlations must be updated and used with caution.

**Keywords:** Mass movement. Pluviosity. Florianópolis. Natural disaster. Socio-environmental disaster.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quantidade de registros de desastres naturais por fonte no período 1974-2002 .....	8
Figura 2 - Número de eventos de desastres naturais relevantes no mundo entre 1980 e 2017.....	9
Figura 3 - Quantidade de eventos de desastres naturais no período de 1900-2017.....	9
Figura 4 - Eventos de movimentos de massa por país .....	17
Figura 5 - Prejuízos econômicos de 1990 a 2017.....	18
Figura 6 - 10 países com mais eventos reportados em 2009.....	19
Figura 7 - Frequência anual de desastres no Brasil.....	20
Figura 8 – Aumento do registro de ocorrências entre as décadas de 1990 e 2000 .....	20
Figura 9 - Mortos por tipologia de desastre .....	21
Figura 10 - Relação entre mortos por desastres naturais e densidade demográfica das regiões brasileiras .....	21
Figura 11 - Variação nos índices de precipitação de DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e JJA (Junho, Julho e Agosto).....	22
Figura 12 - Abrangência dos radares .....	29
Figura 13 - Localização dos 20 CIGERD Regionais .....	30
Figura 14 - Aumento da incidência de desastres e tempestades no mundo de 1900-2006.....	43
Figura 15 – Levantamento do trimestre mais chuvoso no Brasil. As letras correspondem às iniciais dos meses consecutivos mais chuvosos. ....	44
Figura 16 – Perfil geométrico de encostas .....	47
Figura 17 - Tipos de chuva .....	52
Figura 18 - Envoltória elaborada para a Serra do Mar.....	56
Figura 19 - Carta de Periculosidade do Rio de Janeiro (RJ) .....	57
Figura 20 – Envoltória elaborada para a Bacia do Camarajipe.....	58
Figura 21 – Correlação elaborada para Ouro Preto.....	59
Figura 22 - Envoltória elaborada para Angra dos Reis.....	60
Figura 23 – Correlação elaborada para a Serra dos Órgãos .....	61
Figura 24 - Plano Preventivo de deslizamento do PPMR .....	63
Figura 25 - Índices críticos do AlertaBlu.....	63
Figura 26 - Correlação entre pluviosidade e movimentos de massa do AgroConnect .....	66
Figura 27 - Tela do AgroConnect .....	67
Figura 28 - Localização do município de Florianópolis.....	74
Figura 29 - Chuva acumulada em 48h para o evento crítico de janeiro de 2018.....	83
Figura 30 - Localização dos pluviômetros .....	87
Figura 31 - Totais e média anual da subárea Central (em mm).....	95
Figura 32 - Médias mensais da subárea Central (em mm).....	95
Figura 33 - Totais e média anual da subárea Continente .....	99
Figura 34 - Médias mensais da subárea Continente.....	100
Figura 35 - Totais e média anual da subárea Leste da Ilha .....	101
Figura 36 - Médias mensais da subárea Leste da Ilha.....	101
Figura 37 - Comparação pluviômetros 3 e 4.....	103
Figura 38 - Comparação pluviômetros 3, 4, 7 e 10 .....	103
Figura 39 - Comparação pluviômetros 3, 4, 7 e 10 (2) .....	104
Figura 40 - Comparação pluviômetros 3, 4, 7 e 10 (3) .....	104
Figura 41 - Comparação pluviômetros 3, 4, 7 e 10 (4).....	105
Figura 42 - Totais anuais e médio da subárea Norte.....	106
Figura 43 - Médias mensais da subárea Norte .....	106
Figura 44 - Comparação pluviômetros 6, 9 e 11 .....	108
Figura 45 - Comparação pluviômetros 6, 9 e 11 (2) .....	108
Figura 46 - Comparação pluviômetros 6, 9 e 11 (3) .....	109
Figura 47 - Totais e média anual da subárea Sul da Ilha.....	110
Figura 48 - Médias mensais da subárea Sul da Ilha .....	110
Figura 49 - Médias anuais das subáreas.....	112
Figura 50 - Médias mensais das subáreas .....	112
Figura 51 - Quantidade de eventos e média pluviométrica por 30 dias.....	118
Figura 52 - Visão em planta do Maciço do Morro da Cruz e redondezas da subárea Central.....	119
Figura 53 - Vista do Maciço do Morro da Cruz (1).....	119
Figura 54 - Vista do Maciço do Morro da Cruz (2) Fonte: Google Earth (2018) .....	120
Figura 55 - Vista do Maciço do Morro da Cruz (3) Fonte: Google Earth (2018).....	120
Figura 56 - Exemplo de ocupação na subárea Central (1) .....	121
Figura 57 - Exemplo de ocupação na subárea Central (2) .....	121
Figura 58 – Exemplo de ocupação no bairro Monte Verde.....	122
Figura 59 – Exemplo de ocupação na Costeira do Pirajubaé (1) .....	123

Figura 60 – Exemplo de ocupação na Costeira do Pirajubaé (2) .....	123
Figura 61- Exemplo de ocupação no bairro Vila Aparecida .....	124
Figura 62 - Eventos por tipologia de evento e subárea .....	126
Figura 63 - Acumulado de 30 dias e quantidade de eventos para os 10 dias selecionados .....	130
Figura 64 - Acumulados de 1 a 30 dias antes dos 10 eventos .....	131
Figura 65 - Distribuição dos eventos por unidade geotécnica.....	133
Figura 66 - Mapa Geotécnico com eventos.....	135
Figura 67 - Distribuição dos eventos por declividade em graus .....	137
Figura 68- Distribuição dos eventos por declividade em porcentagem.....	138
Figura 69 - Mapa de declividades em graus.....	139
Figura 70 - Mapa de declividade em graus com eventos .....	140
Figura 71 - Hipsometria por eventos.....	142
Figura 72 - Mapa hipsométrico .....	143
Figura 73 - Mapa hipsométrico com eventos .....	144
Figura 74 - Mapa de áreas urbanizadas.....	148
Figura 75 - Mapa de áreas urbanizadas por evento .....	149
Figura 76 - Zoneamento por eventos .....	153
Figura 77 - Mapa de contribuição .....	154
Figura 78 - Mapa de contribuição com eventos .....	155
Figura 79 - Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento - Central .....	157
Figura 80 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Central .....	157
Figura 81 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Central .....	158
Figura 82 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Central .....	158
Figura 83 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Central .....	159
Figura 84 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento – Central .....	159
Figura 85 - Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento - Continente.....	160
Figura 86 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Continente.....	161
Figura 87 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Continente.....	161
Figura 88 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Continente.....	162
Figura 89 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento – Continente.....	162
Figura 90 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Continente .....	163
Figura 91 - Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento - Leste .....	164
Figura 92 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Leste .....	164
Figura 93 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Leste .....	165
Figura 94 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Leste .....	165
Figura 95 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Leste .....	166
Figura 96 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Leste.....	166
Figura 97 - Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento - Norte.....	167
Figura 98 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Norte.....	168
Figura 99 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Norte.....	168
Figura 100 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Norte.....	169
Figura 101 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Norte .....	169
Figura 102 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Norte.....	170
Figura 103 - Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento – Sul .....	171
Figura 104 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento – Sul .....	171
Figura 105 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Sul.....	172
Figura 106 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Sul.....	172
Figura 107 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Sul.....	173
Figura 108 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Sul .....	173
Figura 109- Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento - Comparação .....	174
Figura 110 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Comparação .....	175
Figura 111 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Comparação .....	175
Figura 112 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Comparação .....	176
Figura 113 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Comparação .....	176
Figura 114 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Comparação.....	177
Figura 115 - Exemplo 1 .....	205
Figura 116 - Exemplo 2 .....	206
Figura 117 - Exemplo 3 .....	206
Figura 118 - Exemplo 4 .....	207
Figura 119 - Exemplo 5 .....	207
Figura 120 - Exemplo 6 .....	208
Figura 121 - Exemplo 7 .....	208
Figura 122 - Exemplo 8 .....	209

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de grupos de desastres naturais.....	13
Quadro 2 – Classificação de subgrupos de desastres naturais.....	13
Quadro 3– Classificação dos desastres por intensidade .....	14
Quadro 4 - Resumo dos prejuízos causados por desastres em Santa Catarina .....	28
Quadro 5- Relação dos pluviômetros utilizados .....	88
Quadro 6 - Pluviômetros selecionadas para cada subárea de estudo.....	89
Quadro 7 - Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 1 (em mm) .....	92
Quadro 8 - Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 2 (em mm) .....	93
Quadro 9 - Comparativo Pluviômetro 1 e 2 .....	93
Quadro 10 - Série histórica subárea Central.....	94
Quadro 11 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 8 (em mm).....	96
Quadro 12 - Comparação Pluviômetro 8 e 13.....	96
Quadro 13 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 13 (em mm).....	97
Quadro 14- Série histórica subárea Continente.....	98
Quadro 15- Série histórica da subárea Leste da Ilha.....	100
Quadro 16– Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 3 (em mm).....	102
Quadro 17 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 4 (em mm).....	102
Quadro 18 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 7 (em mm).....	102
Quadro 19 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 10 (em mm).....	102
Quadro 20 - Série histórica da subárea Norte da Ilha.....	105
Quadro 21 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 6 (em mm).....	107
Quadro 22– Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 9 (em mm).....	107
Quadro 23 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 11 (em mm).....	107
Quadro 24 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 12 (em mm).....	107
Quadro 25– Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 14 (em mm).....	108
Quadro 26 - Série histórica da subárea Sul da Ilha .....	109
Quadro 27- Médias mensais e anuais por subárea .....	111



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitação entre os dias 22 e 23 de novembro nos municípios catarinenses.....	24
Tabela 2 - Valores utilizados para elaboração da correlação .....	65
Tabela 3 - Crescimento do município de Florianópolis .....	80
Tabela 4 - Comparativo Pluviômetro 2 e 3 .....	94
Tabela 5 - Relação dos eventos selecionados por tipo .....	113
Tabela 6 - Quantidade de eventos por ano .....	114
Tabela 7- Quantidade de eventos por ano e mês.....	116
Tabela 8 - Quantidade de eventos por meses quentes e frios.....	117
Tabela 9 - Quantidade de eventos por subárea.....	125
Tabela 10 – Eventos por tipologia de evento e subárea .....	125
Tabela 11 - Eventos generalizados e isolados.....	127
Tabela 12 - Quantidade de dias por quantidade de eventos generalizados.....	127
Tabela 13 - Eventos generalizados por ano.....	128
Tabela 14 - Eventos generalizados por mês.....	128
Tabela 15 – Distribuição espacial dos 10 dias com maior número de eventos generalizados.....	128
Tabela 16 - Distribuição dos eventos por unidade geotécnica .....	133
Tabela 17 - Distribuição dos eventos por declividade em graus .....	137
Tabela 18 - Distribuição dos eventos por declividade em porcentagem .....	137
Tabela 19 - Hipsometria por eventos .....	141
Tabela 20 - Porcentagem de domicílios com pavimentação .....	145
Tabela 21 - Porcentagem de domicílios com calçada .....	146
Tabela 22 - Porcentagem de domicílios com bueiro ou boca de lobo.....	146
Tabela 23 - Porcentagem de domicílios sem arborização .....	146
Tabela 24 - Zoneamento por eventos.....	152
Tabela 25 - Correlações subárea Central .....	157
Tabela 26 - Correlação subárea Continente .....	160
Tabela 27 - Correlação subárea Leste .....	163
Tabela 28 - Correlação subárea Norte.....	167
Tabela 29 - Correlações subárea Sul.....	171
Tabela 30 – Comparação para nível de atenção.....	178
Tabela 31- Comparação para nível de alerta.....	179

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- ABGE – Associação Brasileira de Geologia e Engenharia Ambiental
- ANA- Agência Nacional de Águas
- CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
- CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres
- CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- CRED – Centre for Research
- EM-DAT – The International Disaster Database - Emergency Events Database
- EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
- IPIUF - Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis
- OMS – Organização Mundial da Saúde
- ONU – Organização das Nações Unidas
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
- UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	1
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	4
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>5</b>
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	5
1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	6
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>7</b>
2.1 DESASTRES.....	7
<b>2.1.1 Classificação</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1.2 Desastres no Mundo</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1.3 Desastres no Brasil</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1.4 Desastres em Santa Catarina</b> .....	<b>23</b>
2.2 MOVIMENTOS DE MASSA .....	30
<b>2.2.1 Escorregamentos</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.2 Desbarrancamentos ou Solapamentos</b> .....	<b>33</b>
<b>2.2.3 Rastejos</b> .....	<b>34</b>
<b>2.2.4 Quedas</b> .....	<b>34</b>
<b>2.2.5 Corridas</b> .....	<b>34</b>
<b>2.2.6 Condicionantes e Agentes Deflagradores</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2.7 Influência da Água</b> .....	<b>48</b>
2.3 PRECIPITAÇÃO .....	51
<b>2.3.1 Monitoramento</b> .....	<b>53</b>
2.4 ESTUDOS DE CORRELAÇÃO ENTRE MOVIMENTOS DE MASSA E PLUVIOSIDADE .....	54
<b>2.4.1 CEMADEN e Projeto GIDES</b> .....	<b>64</b>
<b>2.4.3 Agroconnect</b> .....	<b>65</b>
2.5 CONSIDERAÇÕES QUANTO À APLICAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS .....	67
<b>2.5.1. O caso de Los Angeles</b> .....	<b>70</b>
<b>2.5.2 O caso italiano</b> .....	<b>71</b>
<b>2.5.3 O caso de Ishiba, Japão</b> .....	<b>72</b>
<b>2.5.4 O caso do Rio de Janeiro</b> .....	<b>72</b>
<b>2.5.5 Programas Habitacionais</b> .....	<b>73</b>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>74</b>
3.1 MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS .....	74
3.2 URBANIZAÇÃO DE FLORIANÓPOLIS .....	79
3.3 DESASTRES EM FLORIANÓPOLIS .....	80
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>84</b>
4.1 INVENTÁRIO REGISTROS DE EVENTOS .....	84
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS .....	86
4.3 ANÁLISES DE DADOS.....	89
4.4 CORRELAÇÃO E LIMITARES CRÍTICOS.....	90

<b>5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	<b>92</b>
5.1 PLUVIOSIDADE DO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS .....	92
5.1.1 Central.....	92
5.1.2 Continente .....	95
5.1.3 Leste da Ilha.....	100
5.1.4 Norte da Ilha .....	101
5.1.5 Sul da Ilha .....	107
5.1.6 Comparação entre Subáreas .....	111
5.2 ESTATÍSTICAS DE DESASTRES LIGADOS A MOVIMENTOS DE MASSA .....	113
5.3 EVENTOS ISOLADOS E GENERALIZADOS .....	127
5.4 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	132
5.3.1 Mapeamento Geotécnico.....	132
5.3.2 Declividade .....	136
5.3.3 Hipsometria.....	141
5.3.4 Aspectos Sócioeconômicos .....	145
5.3.5 Urbanização .....	148
5.3.6 Zoneamento.....	150
5.3.7 Mapa de Contribuição .....	153
5.5 CORRELAÇÕES .....	156
5.5.1 Central.....	156
5.5.2 Continente .....	159
5.5.3 Leste da Ilha.....	163
5.5.4 Norte da Ilha .....	166
5.5.5 Sul da Ilha .....	170
5.5.6 Comparação entre subáreas.....	173
5.5.6 Comparação com o Plano Municipal de Redução de Riscos.....	178
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>180</b>
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	183
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA A DEFESA CIVIL MUNICIPAL .....	183
6.3 RECOMENDAÇÕES PARA A PREFEITURA MUNICIPAL.....	185
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO 1 – EXEMPLOS DE EDIFICAÇÕES DE BAIXO PADRÃO CONSTRUTIVO E/OU EM LOCAL DE RISCO NA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>205</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O registro da ocorrência de desastres tem aumentado consideravelmente com o passar das décadas. É possível comparar os acontecimentos dos anos de 1900 até o ano atual através de bases de dados mundiais e notar o aumento da ocorrência de desastres principalmente a partir da década de 80, quando instituições como o Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (CRED) da Organização Mundial da Saúde (OMS/ONU), Munich Re e a Agência Americana de Desenvolvimento Internacional passaram a participar ativamente do estudo e análise de desastres, possibilitando criar um histórico mais completo e confiável da ocorrência desses fenômenos.

É interessante ressaltar que durante essa transição a população mundial dobrou de tamanho e apresentou uma maior tendência a migrar de áreas rurais, eventualmente com poucos recursos financeiros, para buscar oportunidades nas áreas urbanizadas, muitas vezes de forma desordenada e caótica, assentando moradias em locais pouco apropriados, porém mais acessíveis economicamente. O aumento da população acarretou em ocupações cada vez mais extensas, o que colaborou com o aumento de ocorrências de maior magnitude, além de que os riscos originados por essas ocorrências espalharam-se espacialmente (GONÇALVES, 1992 apud GUERRA e CUNHA, 2001).

Aliado ao aumento de registros e da população, outra fonte da maior ocorrência de desastres é a influência de mudanças climáticas. As alterações do clima, como as causadas pelo aquecimento global, podem influenciar de forma significativa a incidência de eventos extremos, como tempestades. Nesse contexto, o aumento da temperatura, por exemplo, acarreta no derretimento de calotas polares, no aumento do nível do mar e consequente agravamento da erosão costeira. Além disso, com o planeta esquentando e oceanos aquecendo, mais energia é transferida para a atmosfera, influenciando a intensidade de tempestades, as quais podem desencadear movimentos de massa e causar inundações com maior frequência. Ao mesmo passo em que situações de secas, enchentes, climas “erráticos” e temperaturas extremas se agravam, o mesmo ocorre com desastres que vêm acompanhados com esses fenômenos (KELLER, 2011; RENNER e CHAFE, 2007).

Os relatórios anuais do NatCatSERVICE, desenvolvido pela MunichRe, e do Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT), vinculado ao CRED, apresentam altos valores de danos econômicos e vidas. Felizmente, apesar do maior número de ocorrências e pessoas afetadas, com o estudo e gerenciamento de riscos de desastres, a cada ano, os números de mortalidade tendem a diminuir, em grande parte pelo uso de medidas eficientes de prevenção e alerta em áreas de risco.

Kobyama et al. (2006) afirmam que o aumento do número de registros de eventos é devido ao aumento da população, à ocupação desordenada e ao processo intenso de urbanização e industrialização. Entre os fatores que contribuem para desencadear os processos, os autores assinalam, para áreas urbanas, a impermeabilização do solo, o adensamento de construções, a conservação de calor e a poluição do ar. Para áreas rurais, os autores relacionam a compactação de solos, o assoreamento de rios, os desmatamentos e as queimadas. Os autores relatam, ainda, o mau gerenciamento de bacias hidrográficas, a falta de planejamento urbano e o aquecimento global, o qual aumenta a intensidade e frequência de eventos extremos, como agentes que aumentam a incidência de desastres.

Brasil (2006) explica que o processo de urbanização no território brasileiro ocorreu de forma “intensa e desigual”, de modo que nem todos os brasileiros tem condição de viver com qualidade, uma vez que uma parcela da população tende a ocupar áreas impróprias e que oferecem riscos à vida. Assim, outro fator determinante para a deflagração de desastres ligados a movimentos de massa são as ocupações urbanas insalubres e sem conforto, localizadas de forma irregular e ilegal em encostas, normalmente realizadas pela população de baixa renda. Essa atividade ocorre principalmente devido ao baixo preço dessas terras, sua proximidade aos centros urbanos e pela sensação de comunidade e tranquilidade que essas áreas podem trazer aos moradores. Durante esse processo de urbanização, a interferência humana devido ao desmatamento e às queimadas também contribuiu para a deflagração de movimentos de massa. Soma-se a isso a falta de planejamento do uso do solo, ocupação sem critérios técnicos, drenagem inexistente ou inadequada, infiltração de água em solos pela ação da chuva ou falhas em tubulações de água ou esgoto, acúmulo de lixo, realização de cortes e aterros impróprios e sem projetos técnicos realizados por profissionais habilitados, fundações de construções inexistentes ou mal projetadas, construções sobre depósitos de lixo, terras descartadas de cortes e aterros mal compactados, adoção de técnicas de estabilização inadequadas, precariedade construtiva, presença de água em fraturas de rochas, construções

apoiadas diretamente em taludes ou sem uma distância segura dos mesmos e remoção da vegetação original da encosta. Ainda, favorecendo a ocupação desordenada em encostas, acrescenta-se a existência de terrenos particulares em áreas de risco localizados em Áreas de Preservação Permanente (APP) abandonadas, tornando-se propícias para a ocupação inadequada. Ademais, verifica-se que tal urbanização, caracterizada pelo rápido e desordenado aumento da população e construções, não foi acompanhada pelos devidos cuidados sanitários, de infraestrutura e de habitação necessários.

O Governo, tanto a nível estadual, federal e municipal, tem o dever de orientar, controlar e fiscalizar a construção ilegal e irregular nessas áreas, oferecer infraestrutura adequada e retirar a população que se encontra estabelecida em regiões de risco e realoca-la para um local seguro e adequado às suas necessidades, porém, não é essa a realidade que existe e, muitas vezes, a própria Administração corrobora com o estado precário e de abandono nessas localidades, fechando os olhos às ilegalidades e permitindo que o processo de ocupação de áreas de risco seja continuado, de modo que, cada vez mais, mais pessoas encontram-se em situação de risco de desastres. Cabe destacar que, nos momentos em que o Estado intervém na ocupação dessas pessoas e providencia um novo local para sua moradia, muitas vezes esta nova localização, custo ou a própria residência não é adequada e a família acaba retornando ao local de risco por não se adaptar à nova casa. Por outro lado, é preciso, também, a colaboração da população, que deve ter sua realocação para uma área que vá ao encontro, tanto de suas expectativas quanto com a realidade do Estado, além de seguir corretamente as orientações do poder público.

A prevenção de desastres pode ser realizada através de medidas não estruturais e estruturais. A primeira refere-se à educação da comunidade, princípios de gestão comunitária, planejamento do uso do solo, desenvolvimento de planos de contingência e monitoramento de áreas de risco através da definição de limiares críticos; a segunda inclui a construção de muros de arrimo, contenções, drenagem e outras obras normalmente de alto custo. O desenvolvimento de soluções não estruturais tem começado a tomar destaque no cenário mundial, especialmente em países que são comumente atingidos por desastres como Japão e Estados Unidos, e tem se mostrado muito eficazes na redução de mortes, além de menos onerosos e de execução mais rápida. Para Keller (2011), nos Estados Unidos, apesar do aumento de danos na maioria dos desastres naturais, o número de mortes está diminuindo devido à melhoria nas previsões de desastres e alertas à população.

Santos (2009), ao analisar os escorregamentos da Serra do Mar (São Paulo), na busca de soluções para minimizar riscos e perdas, concluiu que havia necessidade de 3 tipos de intervenções a serem tomadas em conjunto:

- Redução de riscos instalados: obras de estabilização;
- Evitar novas situações de risco: cartas geotécnicas para estabelecer critérios técnicos para a ocupação das encostas e
- Desenvolver soluções de como conviver com os riscos atuais da forma mais segura possível até que o problema seja relacionado.

O autor afirma que as duas primeiras soluções já são áreas de atuação consolidadas, enquanto o terceiro item apresenta-se como um novo desafio. A terceira solução é descrita por Santos como um método que visa identificar os locais em risco (definição espacial) e em quais circunstâncias ocorreriam os deslizamentos (definição temporal) com base na tipologia dos mecanismos dos processos, seus condicionantes naturais e antrópicos e de agente deflagrador principal, a pluviosidade.

Nesse contexto, e levando em consideração o aumento da população urbana de Florianópolis, a qual seguiu a tendência nacional tanto em velocidade e forma, chegando a ultrapassar 97% de população urbana em 2010, e mesmo com a presença de legislações restritas de ocupação do solo, evidencia, de forma cada vez mais comum, a ocupação de áreas de risco, o presente trabalho visa auxiliar órgãos municipais a minimizar perdas humanas e econômicas resultantes da ocorrência de eventos de movimentos de massa através de do entendimento dos principais agentes deflagradores e condicionantes dos movimentos, das particularidades do município de Florianópolis e da definição de limiares críticos de deflagração de movimento de massa.

## 1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é definir uma correlação numérica entre a precipitação e a deflagração de movimentos de massa no município de Florianópolis.



### 1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral exposto, são destacados os objetivos específicos para a pesquisa:

- Estudar metodologias existentes que definam as correlações entre pluviosidade e movimentos de massa;
- Analisar os principais agentes para a deflagração de movimentos de massa em áreas de ocupação urbana;
- Determinar a relação numérica entre precipitação acumulada e diária com a deflagração de movimentos de massa e
- Gerar conclusões úteis, baseadas em análises de mapas temáticos, para o desenvolvimento de metodologias de monitoramento, alerta, prevenção e gerenciamento de desastres na região.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em 6 capítulos e referências bibliográficas.

O primeiro capítulo apresenta a contextualização, justificativa e relevância do tema da pesquisa, além dos objetivos gerais e específicos a serem alcançados.

No segundo capítulo é desenvolvida a revisão bibliográfica do trabalho. A primeira parte do capítulo inclui dados sobre desastres naturais no Brasil e no mundo e definições sobre movimentos de massa e seus agentes condicionantes. A seguir, a revisão entra em detalhes quanto ao monitoramento de chuvas e suas características. Por fim, são elencados estudos de correlação entre movimentos de massa e pluviosidade realizados anteriormente no Brasil e no mundo, além das ferramentas já existentes ou em desenvolvimento para a área de estudo.

O capítulo seguinte trata sobre a caracterização das áreas de estudo, definindo a forma com que a área se desenvolveu, seu clima, hidrografia, aspectos geotécnicos e outros atributos importantes para o entendimento da área.

No quarto capítulo são apresentados os materiais e métodos utilizados para a coleta de dados, interpretação e análise de informações e definição da correlação.

O quinto capítulo mostra as análises desenvolvidas e os resultados encontrados, além da discussão sobre os mesmos.

Finalmente, no último capítulo, constam as conclusões e recomendações para próximos trabalhos e para a Defesa Civil Municipal.

Em seguida, apresentam-se as referências bibliográficas.

O Anexo I inclui imagens de construções ilustrando o baixo padrão construtivo e edificações construídas sem o devido apoio técnico características das regiões de ocorrências de eventos.

#### 1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Para a realização das séries históricas, foram utilizados os dados públicos disponíveis no *website* dos órgãos Agência Nacional de Águas, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais e Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Dessa maneira, os resultados encontrados dependem da qualidade e quantidade dos dados disponibilizados, além do intervalo existente de dados.

Em relação aos eventos relativos a movimentos de massa, foram utilizados os registros da Defesa Civil Municipal de Florianópolis, visando os eventos registrados entre janeiro de 2012 e fevereiro de 2018. Foram avaliadas as observações e outros detalhamentos de todos os registros do período visando selecionar os de interesse para o estudo.

Quanto à nomenclatura de termos descrita no estudo, os termos “desastre” e “desastre natural” serão utilizados para representar desastres socioambientais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

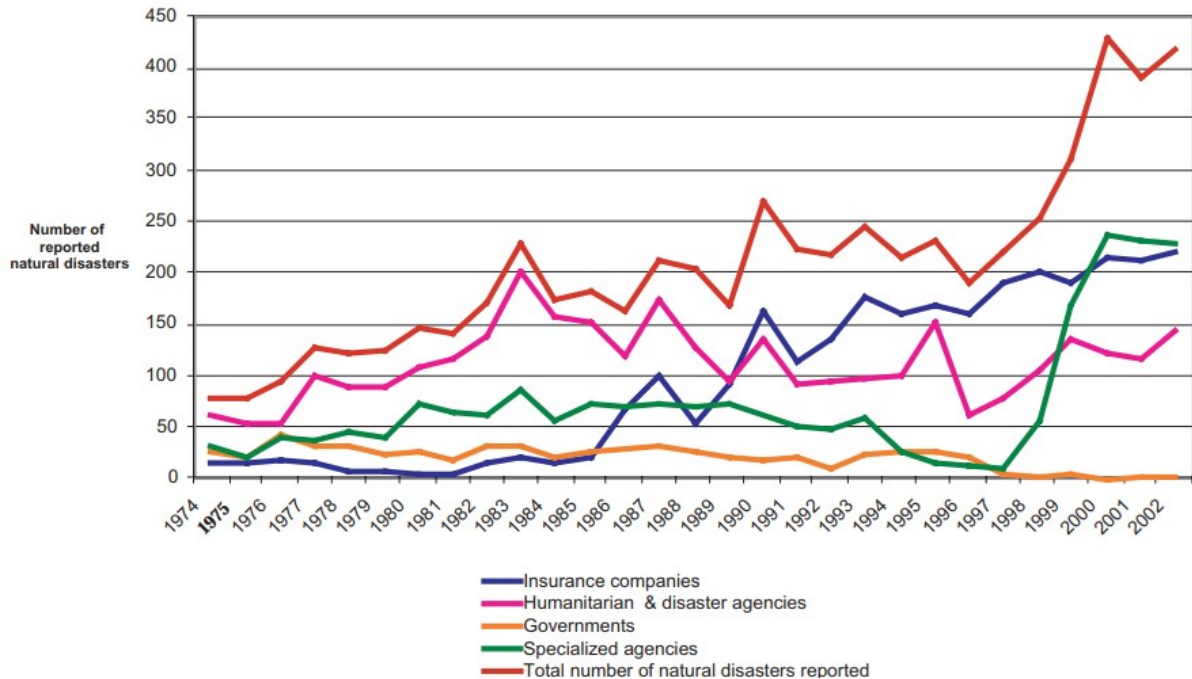
### 2.1 DESASTRES

Entende-se ser de extrema importância, antes do início deste trabalho, a explanação de um novo entendimento quanto à relação dos desastres e a presença do ser humano que será uma definição norteadora para este trabalho. O conceito de desastre socioambiental parte da noção de que os fenômenos naturais são parte da dinâmica natural da Terra e, sozinhos, não são capazes de gerar impactos e danos, sendo considerados apenas eventos naturais. Contudo, quando existe a presença de ocupações humanas na região afetada e estas são atingidas, causando prejuízos e perdas financeiras e humanas, ou seja, a ocorrência de um desastre. Assim, os desastres naturais são função do ajustamento humano ao meio, uma vez que envolvem a iniciativa e decisão humana de ocupar locais de risco, entendendo-se, por esse motivo, que esses desastres são socialmente construídos. Os resultados dos fenômenos naturais não seriam tão catastróficos se a população não fosse induzida a ocupar áreas de risco, as quais deveriam ser preservadas (MARCELINO, 2007; SIEBERT, 2012; MONTEIRO, 1981 apud GUERRA e CUNHA, 2001). Martins (2014) exemplifica esse caso quando descreve que um fenômeno natural, como uma tempestade severa que provoca chuvas intensas e esta se desloca até áreas urbanizadas ocupadas, pode acarretar destelhamentos, enxurradas e escorregamentos de encostas, ou seja, causar prejuízos a pessoas e estruturas, configurando um desastre socioambiental. Se o fenômeno não provoca danos ou não atinge áreas ocupadas será considerado, então, um evento natural. Portanto, neste estudo, os termos “desastre” e “desastre natural” serão utilizados para representar desastres socioambientais.

A ocorrência de fenômenos naturais é inevitável. Inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros, são fenômenos naturais severos, influenciados pelas características regionais, tais como alteração e decomposição de rochas, solo, topografia, vegetação e condições meteorológicas. Por conta disso, o ser humano teve que conhecer processos e mecanismos geodinâmicos do meio em que convivem de forma a aprender a conviver com seus efeitos e minimizar os impactos negativos que podem gerar. Os desastres, atualmente, apresentam-se com intensidades e magnitudes cada vez maiores, ao mesmo passo em que sua recorrência aumenta, trazendo danos nos âmbitos social, econômico e ambiental. (KELLER, 2011; KOBIYAMA et al., 2006; TOMINAGA et al., 2009). As informações, agora obtidas dos mais diversos tipos de fonte, apresentam notável crescimento nas últimas décadas (Figura

1). De acordo com a base de dados online NatCatService, o número de eventos com perdas relevantes chegou a crescer mais de 3 vezes, sendo que eventos hidrológicos (como inundações e deslizamentos) apresentaram aumento de quase 6 vezes, como visto na Figura 2. O EM-DAT também registra um aumento considerável de desastres naturais nesse período, com destaque para eventos hidrológicos, o qual está representado na Figura 3.

Figura 1 – Quantidade de registros de desastres naturais por fonte no período 1974-2002



Fonte: EM-DAT (2004)

Para Keller (2011), os desastres naturais são basicamente processos naturais que se tornam desastrosos quando pessoas moram ou trabalham em áreas onde eles possam ocorrer ou quando há mudanças no uso do solo, como urbanização ou desmatamento, que afetam os processos naturais, causando inundações ou deslizamentos.

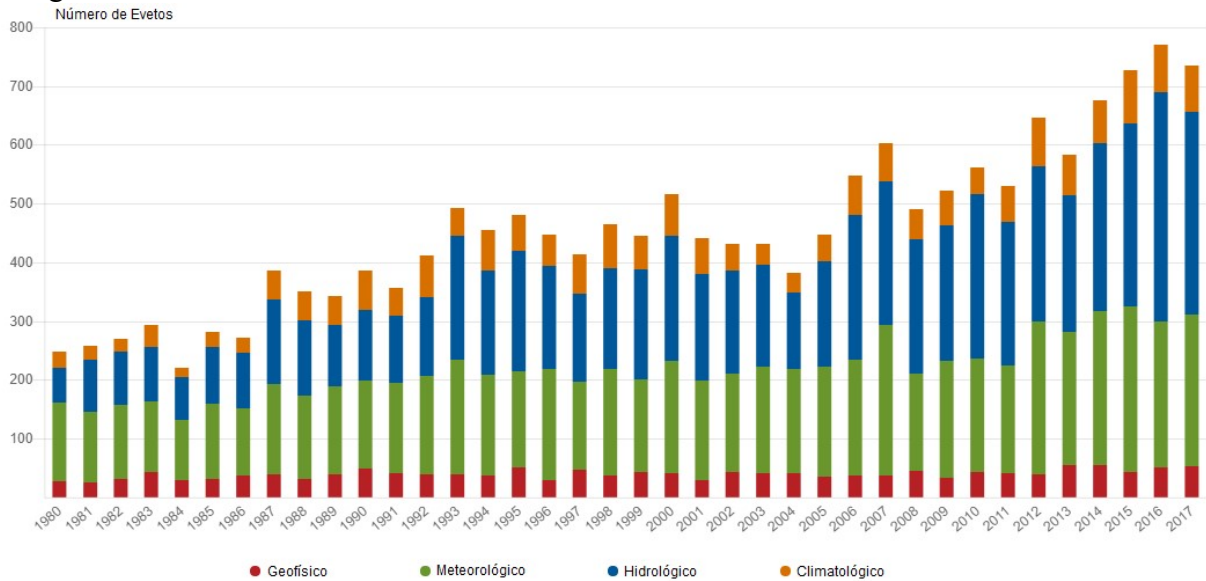
O Escritório das Nações Unidas para Redução do Risco de Desastres define como desastre natural:

A grave interrupção do funcionamento de uma comunidade ou sociedade de qualquer escala devido a eventos perigosos que afetam condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade, levando a um ou mais dos seguintes: perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais. O evento do desastre pode ser imediato ou localizado, porém normalmente se espalha e pode durar longos períodos de tempo. O efeito pode testar ou exceder a capacidade de uma comunidade ou sociedade de lidar com os impactos utilizando recursos próprios, de maneira a requerer assistência de fontes externas, como jurisdições vizinhas ou a nível nacional e internacional (UNISRD, 2017).

Os critérios do EM-DAT para a inclusão de desastres naturais em seu banco de dados abrangem os critérios:

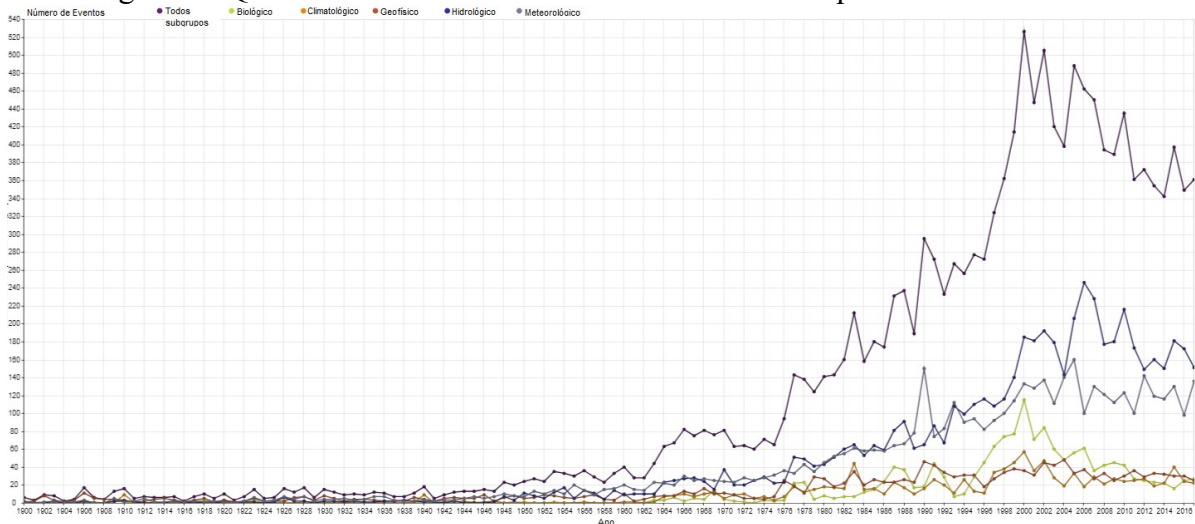
- 10 ou mais óbitos ou
- 100 ou mais pessoas afetadas, machucadas ou desabrigadas ou
- Declaração de estado de emergência e/ou pedido de assistência internacional.

Figura 2 - Número de eventos de desastres naturais relevantes no mundo entre 1980 e 2017



Fonte: NatCatService (2018)

Figura 3 - Quantidade de eventos de desastres naturais no período de 1900-2017



Fonte: EM-DAT (2018)

O Glossário de Defesa Civil define desastre como:

Eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou

ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Os desastres são quantificados, em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado. Normalmente o fator preponderante para a intensificação de um desastre é o grau de vulnerabilidade do sistema receptor (Castro, 1998).

Ainda, Castro (1998) afirma que, em geral, a frequência de eventos é inversamente relativa à magnitude.

Kobiyama et al. (2006) escrevem que os desastres naturais são determinados a partir da relação entre o homem e a natureza. O autor acrescenta que quando não são aplicadas medidas para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é que os impactos destes aumentem de intensidade, de magnitude e de frequência. Os autores citam Alcántara-Ayala (2002), afirmando que a ocorrência dos desastres naturais está ligada à susceptibilidade dos mesmos, às características geoambientais e à vulnerabilidade do sistema social sob impacto, em outras palavras, ao sistema econômico-social-político-cultural. De modo geral, países em desenvolvimento não possuem boa infraestrutura, sofrendo muito mais com os desastres do que os países desenvolvidos, principalmente quando relacionado com o número de vítimas. Vanacker et al. (2003 apud Kobiyama et al., 2006) também mostraram que em países em desenvolvimento o perigo devido a desastres está aumentando. O aumento da população e o desenvolvimento econômico forçam cada vez mais a população, em especial a de baixa renda, a se estabelecer em áreas de risco. Alexander (1997 apud Guerra e Cunha, 2011) concorda com os demais autores de que a gravidade dos desastres naturais tem relação direta com o nível de desenvolvimento econômico da região, demonstrando isso pelo maior número de vítimas por evento. Entre 1977 e 1996 ocorreram, no mundo, mais de 1.000 óbitos por desastres naturais e 87% deles ocorreram em países pobres, afetando populações carentes e que tendem a se aglomerar em áreas de risco.

A média anual de perdas de vida em desastres naturais ao redor do mundo é de aproximadamente 150.000 pessoas. Em relação aos custos, estes ultrapassam \$50 bilhões por ano e não incluem impactos sociais indiretos, como desemprego e redução de produtividade. Apesar dos impactos negativos, a ocorrência desses fenômenos podem trazer benefícios à região onde ocorrem. Se bem estudados e compreendidos, a sociedade pode obter vantagem da ocorrência desses fenômenos. As enchentes periódicas, como no Rio Mississipi (EUA), fornecem nutrientes para a planície, onde solos férteis são utilizados para cultivos. As

precipitações que causam erosão em encostas de montanhas enviam sedimentos dos rios às praias e descarregam poluentes de estuários no ambiente costeiro. Os deslizamentos podem trazer benefícios quando os detritos formam barragens, criando lagos em áreas montanhosas, providenciando estoque de água e formando belas paisagens, quando as barragens se mantêm estáveis. Os movimentos de massa também permitem acesso a camadas de solos mais profundas e férteis. As erupções vulcânicas podem gerar novas ilhas e suas cinzas são ricas em nutrientes para o solo (KELLER, 2011).

Para Kobiyama et al. (2006), o histórico dos desastres ao longo do tempo não é bem estudado. Os autores destacam dois aspectos característicos dos desastres: um é a repetitividade, isto é, os desastres podem ocorrer diversas vezes em um mesmo lugar se não houver, por exemplo, alteração na condição climática e na condição geomorfológica do local; o segundo aspecto é que um determinado tipo de desastre pode sofrer alterações ao longo do tempo em um mesmo local devido às intervenções humanas, visto que as condições geoambientais normalmente se modificam, por exemplo, através das formas de uso do solo. Isto pode aumentar ou diminuir a possibilidade de ocorrência de um tipo de desastre e até provocar o surgimento de outra tipologia. Ainda para Kobiyama et al. (2006), os desastres naturais devem ser estudados de forma sistêmica, enfatizando as relações entre o meio e a sociedade e, quando os mecanismos que geram os desastres naturais forem compreendidos, a pesquisa científica deve ser realizada de modo a ajustar as atividades das etapas de pré-evento, evento e pós-evento, a fim de se reduzir o número de perdas materiais e humanas, além de incentivar o intercâmbio de informações entre as entidades que compõe o “ciclo gerenciador” de desastres naturais.

Mendiondo (2005) analisou dados da Divisão de Ciências Básicas e Engenharia da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e afirma que a cada 100 dólares gastos com desastres pela comunidade internacional, 96% são referentes à reconstrução e 4% em prevenção. Essa tendência de se preocupar com os desastres somente após a sua ocorrência é comum do ser humano e pode ser observada não apenas nessa área, mas também em relação à manutenção de infraestruturas como rodovias, pontes e edifícios. Na mesma pesquisa, Mendiondo ainda afirma que cada dólar investido em prevenção de enchentes reduzem em até 25 dólares as perdas decorrentes de desastres naturais. Kobiyama et al. (2009) destacam que, na escala mundial, cada R\$ 1 investido em prevenção equivale, em média, entre R\$ 25 e 30 de obras de reconstrução pós-evento e que as magnitudes amplas e variadas dos desastres são causadas fundamentalmente pela falta de

alocação de recursos e de orientação para a fase de prevenção. Nesse sentido, deve-se começar a buscar investimentos para o desenvolvimento de medidas preventivas aos desastres naturais, visando tanto à redução de custos envolvidos em ações relativas aos desastres quanto às perdas de vida e econômicas decorrentes nos mesmos. Carvalho e Damacena (2012) vêm ao encontro desse pensamento ao escrever que, no Brasil, governos e entes federativos devem buscar melhorias na comunicação, parar de agir após os desastres e atentar aos sistemas de alertas de risco e prevenção, uma vez que o cenário atual apresenta-se economicamente mais custoso em todos os sentidos.

Cabe uma reflexão quanto à falta de execução de projetos de pré-evento no Brasil, uma vez que, no nosso País, os desastres movimentam bilhões de reais no setor de infraestrutura e recuperação de áreas atingidas. Carvalho e Damacena (2012) consideram inadmissível que a falta de verbas federais destinadas à prevenção de desastres seja devido ao não encaminhamento de projetos ou da documentação correta aos órgãos competentes. Acrescenta-se ainda, o inciso IV do Artigo 24º da Lei 8.666/93 permite que obras, serviços e compras sejam contratados sem licitação quando:

Nos casos de emergência ou de calamidade pública, quando caracterizada urgência de atendimento de situação que possa ocasionar prejuízo ou comprometer a segurança de pessoas, obras, serviços, equipamentos e outros bens, públicos ou particulares, e somente para os bens necessários ao atendimento da situação emergencial ou calamitosa e para as parcelas de obras e serviços que possam ser concluídas no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias consecutivos e ininterruptos, contados da ocorrência da emergência ou calamidade, vedada a prorrogação dos respectivos contratos (Brasil, 1993).

Essa abertura para contratos sem licitação ou concorrência permite brechas para o desvio de verbas federais, estaduais e municipais, além da contratação de serviços que podem ter contratos superfaturados e direcionados. Ademais, devido ao caráter emergencial, a fiscalização quanto à qualidade de material e serviço prestados são prejudicados. Por fim, muitas das atividades executadas apresentam prestação de contas precária e sem os detalhamentos necessários. Esse mecanismo alimenta muitos grupos que tem pleno interesse na manutenção desse sistema, sendo um fator que influencia o interesse em atividades de prevenção, favorecendo ações pós-evento. Ainda, para Veyret (2007 apud Tominaga et al., 2009), outro fator relevante para esse comportamento é que as ações de redução de riscos não oferecem a mesma visibilidade às políticas de organismos oficiais nacionais e internacionais,



arrecadadores de fundos, em relação aos programas de atendimentos emergenciais, os quais normalmente têm grande exibição na mídia.

### 2.1.1 Classificação

Existem diversas classificações quanto aos tipos de desastres e suas características. Este estudo adotou a classificação de desastres utilizada pelo EM-DAT. Essa classificação encontra-se resumida no Quadro 1 e no Quadro 2:

Quadro 1 - Classificação de grupos de desastres naturais

<b>Grupo</b>	<b>Subgrupo</b>	<b>Definição</b>
Natural	Geofísico	Desastre originado do solo.
	Meteorológico	Desastre causado por curtos eventos de clima extremo ou condições atmosféricas que duram de minutos a dias.
	Hidrológico	Desastre causado pela ocorrência, movimento ou distribuição de água doce ou salgada na superfície ou subsolo.
	Climatológico	Desastre causado por processos atmosféricos longos, variando entre estações até variações climáticas de muitos anos
	Biológico	Desastre causado pela exposição de organismos vivos e suas toxinas.
	Extraterrestre	Desastre causado por asteroides, meteoros e cometas ao passar próximo da Terra, penetrar sua atmosfera, atingi-la ou alterar atmosfera.
Tecnológico	Acidente Industrial	
	Acidente em Transporte	
	Outros	

Fonte: Adaptado de EM-DAT (2018)

Quadro 2 – Classificação de subgrupos de desastres naturais

<b>Grupo</b>	<b>Subgrupo</b>	<b>Principais Tipos</b>
Natural	Geofísico	Terremotos, movimentos de massa secos, vulcanismo
	Meteorológico	Temperaturas extremas, tempestades, névoa
	Hidrológico	Enchentes, movimentos de massa devido a presença de água, marés
	Climatológico	Seca, incêndios
	Biológico	Epidemias, infestações de insetos, ataques animais
	Extraterrestre	Impactos, clima
Tecnológico	Acidente Industrial	Radiação, vazamento de gás e óleo, derrame de substâncias químicas
	Acidente em Transporte	Via aérea, rodoviária ou aquática
	Outros	Explosão, Incêndio e outros

Fonte: Adaptado de EM-DAT (2018)

Este trabalho focará em desastres do tipo naturais, subtipo hidrológico - movimentos de massa devido à presença de água. Não deve-se confundir com movimentos de massa de origem geofísica.

Os desastres ainda podem ser classificados de acordo com sua intensidade, conforme o Quadro 3.

Quadro 3– Classificação dos desastres por intensidade

Intensidade	Descrição	Situação
I	Somente danos humanos consideráveis e que a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com o aporte de recursos estaduais e federais.	Situação de emergência
II	Danos e prejuízos são suportáveis e superáveis pelos governos locais e a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com o aporte de recursos estaduais e federais. Caracterizados pela ocorrência de ao menos dois danos, sendo um deles obrigatoriamente danos humanos que importem no prejuízo econômico público ou no prejuízo econômico privado que afetem a capacidade do poder público local em responder e gerenciar a crise instalada.	Situação de emergência
III	Danos e prejuízos não são superáveis e suportáveis pelos governos locais e o restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e, em alguns casos, de ajuda internacional. Caracterizados pela concomitância na existência de óbitos, isolamento de população, interrupção de serviços essenciais, interdição ou destruição de unidades habitacionais, danificação ou destruição de instalações públicas prestadoras de serviços essenciais e obras de infraestrutura pública.	Estado de calamidade pública

Fonte: Ministério da Integração Nacional (2016)

### 2.1.2 Desastres no Mundo

A conscientização e desenvolvimento de práticas visando à prevenção, redução de risco e mitigação de impactos de desastres teve destaque mundial a partir da década de 90, quando a Organização das Nações Unidas (ONU) decretou a Década Internacional para a Redução de Desastres. O objetivo da Década foi a redução de perdas de vidas e danos econômicos causados por desastres naturais através de ações internacionais combinadas, especialmente em países em desenvolvimento. Os esforços da Década visavam aumentar a capacidade dos países de mitigar os efeitos dos desastres naturais, com especial atenção ao auxílio da avaliação do potencial de danos causados por desastres e no estabelecimento de sistemas de alerta precoce e estruturas resistentes a desastres, onde e quando necessário; elaborar orientações e estratégias adequadas para a aplicação do conhecimento científico e técnico existente, levando em consideração a diversidade cultural e econômica entre as nações; fomentar esforços científicos e de engenharia destinados a fechar lacunas críticas no conhecimento, a fim de reduzir a perda de vidas e bens; desenvolver medidas para avaliação,

previsão, prevenção e mitigação de desastres naturais através de programas de assistência técnica e transferência de tecnologia, projetos de demonstração e educação e treinamento, adaptados a desastres e locais específicos, e avaliar a eficácia desses programas (Global Fire Monitoring Center, 2018).

Nesse contexto, foi criada a Estratégia Internacional para Redução de Desastres, “voltada para promover maiores envolvimento e comprometimentos públicos, disseminação de conhecimentos e parcerias para implementar medidas de redução de riscos” (TOMINAGA et al., 2009). Em 2013, a UNISRD, em parceria com mais 29 organizações da ONU, desenvolveu o Plano de Ação para Redução de Riscos de Desastres para a Resiliência. Até o final de 2013, 12 organizações da ONU priorizaram a redução de riscos de desastres em seus planos estratégicos de 2014-2017 e incluíram índices de redução de risco em suas estruturas de monitoramento, o que representou um aumento de 70% se comparado com o ciclo de planejamento passado (UNISRD, 2018). Em 2015, O Plano Global, também chamado de Quadro Sendai para a Redução do Risco de Desastres, foi adotado por todos os Estados membros da ONU. O Plano é integrado com a Agenda de Desenvolvimento Sustentável de 2030 e traz medidas para fortalecer o apoio no gerenciamento de riscos de desastres a países ou comunidades através do maior alinhamento e integração entre as capacidades de operacionais de preparação e resposta da ONU, aumentando o envolvimento nacional e local e assegurando que o sistema da ONU seja capaz de responder às mais diversas necessidades e contextos em relação à redução de desastres (Prevention Web, 2018). Somando-se a isso, o Plano tem como objetivo a redução substancial da mortalidade mundial por catástrofes e leva em consideração a necessidade de promover a integração das avaliações de risco de desastres no desenvolvimento e implementação de políticas de uso da terra, incluindo planejamento urbano, códigos de construção e investimento em infraestrutura adequada. O Plano destaca que é preciso de dados mais confiáveis sobre a mortalidade global por catástrofes, particularmente em relação aos riscos relacionados com o clima e o clima em países de baixa renda e renda baixa, e que deve haver mais foco nos impactos das mudanças climáticas, as quais geram eventos climáticos extremos pelo aumento do nível do mar e pelo aquecimento do solo e do mar e, conseqüentemente, mais perdas de vidas (CRED, 2016). Atualmente, as Nações Unidas, através de ações da UNISDR, estudam a vulnerabilidade a desastres naturais das comunidades, de forma a minimizar a exposição do perigo e suscetibilidade ao impacto do desastre por meio do desenvolvimento de capacidades individuais, institucionais e da

coletividade. A vulnerabilidade é função de condições físicas, sociais, econômicas e ambientais (TOMINAGA et al., 2009).

A grande maioria das mortes ocorre em países com baixa e média renda. De acordo com os dados obtidos nos relatórios do CRED (2016), os países mais pobres apresentam maior número de mortos por desastre e por 100.000 habitantes, e ainda sofrem mais com os impactos dos desastres. Em termos absolutos, países de média renda representam 69% do total de mortes entre 1996 e 2015. Relacionando as vidas perdidas por desastre ou por 100.000 habitantes, países de baixa renda apresentam uma taxa de mortalidade muito mais alta. Em média, em países de baixa renda, 327 pessoas morrem em cada evento nos últimos 20 anos. Esse valor é quase 5 vezes maior que a média para países com alta geração de renda. Para mortes a cada 100.000 habitantes, a média para países pobres é mais que 5 vezes maior. No ano de publicação do relatório, cerca de 613 milhões de pessoas viviam em 31 países de baixa renda. Muitos desses países estavam ou estão em situação de conflito ou pós-conflito, com falta de recursos para reduzir a vulnerabilidade aos desastres ou perdas, além de não contar com planejamento urbano e infraestrutura adequada e baixos investimentos em educação e saúde. O relatório destaca que é possível que a mortalidade desses países possa ser ainda maior que a indicada pelo EM-DAT.

Em 2016, o Annual Disaster Statistical Review do EM-DAT contabilizou um total de 342 desastres em mais de 100 países. Esse número foi o terceiro menor desde 2006 e apresentou uma redução de 13,4% em relação ao ano de 2015, com 376 eventos e é menor que a média anual de registros entre 2006 e 2015. A consequência dos desastres de 2016 foram um total de 8.733 mortes, muito menor que a média anual entre 2006 e 2015, de 69.827 mortes. Vale ressaltar que esse valor médio é influenciado por grandes catástrofes como o terremoto do Haiti em 2010 e o Ciclone Nargis em Mianmar, em 2008. Retirando esses anos para a realização da média anual, um total de 15.515 mortes anuais, o dobro do obtido em 2016. Um fato interessante é que a redução de desastres de tipologia hidrológica foi de 22,5%, enquanto para as demais tipologias esse valor excedeu 90%.

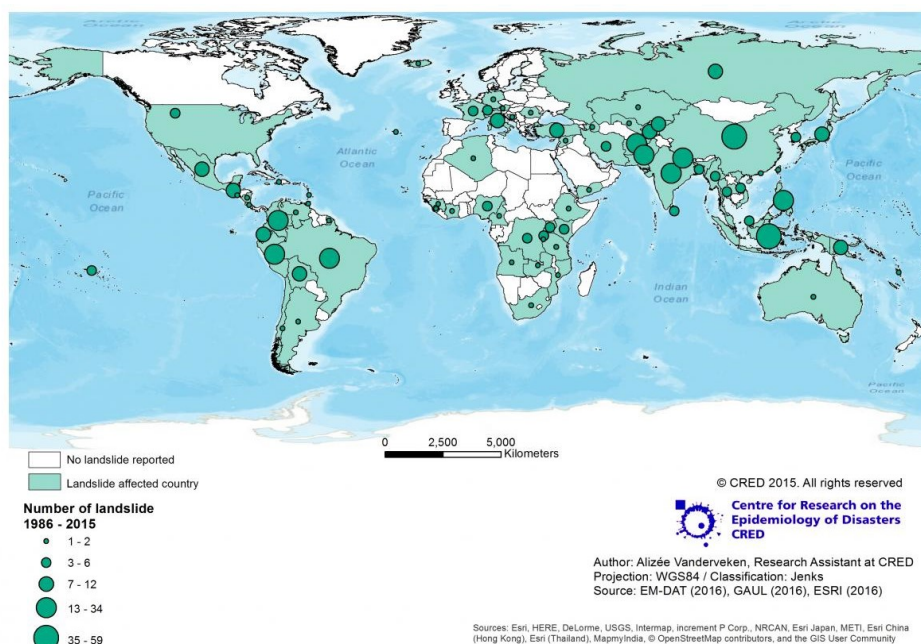
O total de pessoas afetadas foi de 569 milhões de pessoas, o maior desde 2006, ultrapassando 2,5 vezes a média anual. Isso pode ser devido à maior ocorrência de desastres climatológicos, os quais ocorreram 4 vezes mais que a média anual, e à ocorrência dos desastres

meteorológicos, que foi duas vezes maior que a média anual. O número de pessoas afetadas por esses dois tipos de desastres eram, ambos, os mais altos desde 2006.

Os danos econômicos foram estimados em US\$154 bilhões, o quarto maior índice desde 2006 e 11,2% a mais que a média anual. Esse valor ainda é menor do que os reportados em 2011 (US\$ 395 bilhões), o ano do tsunami no Japão.

Analisando os tipos de desastres, o relatório mostra que eventos hidrológicos, enchentes e deslizamentos, foram 51,7% do total de eventos no ano. Média maior que a anual de 50,5% para os anos de 2006 a 2015. Foram afetadas 78,1 milhões de pessoas, representando 13,7% de todas as pessoas afetadas. A média anual de pessoas afetadas por essa tipologia de desastre é de 82,6 milhões. Os danos econômicos foram de aproximadamente US\$ 59 bilhões e foram registrados em 31 dos 79 países que sofreram com os desastres hidrológicos, representando 38% de todos os danos de 2016, acima da média de proporção de 24,6%. O número de mortes por desastres hidrológicos foi de 5.092 pessoas, 23,5% menor que a média anual de 6.657 pessoas entre os anos de 2006 e 2015. As mortes devido à movimento de massa atingiram o número de 361, sendo o quarto menor desde 2006 e 64% menor que os índices do ano de 2015 e da média anual, de 948 pessoas. A ocorrência de movimentos de massa é percebida em todos os continentes, como é mostrado na Figura 4, de modo que esse tipo de desastre apresenta-se como uma realidade universal.

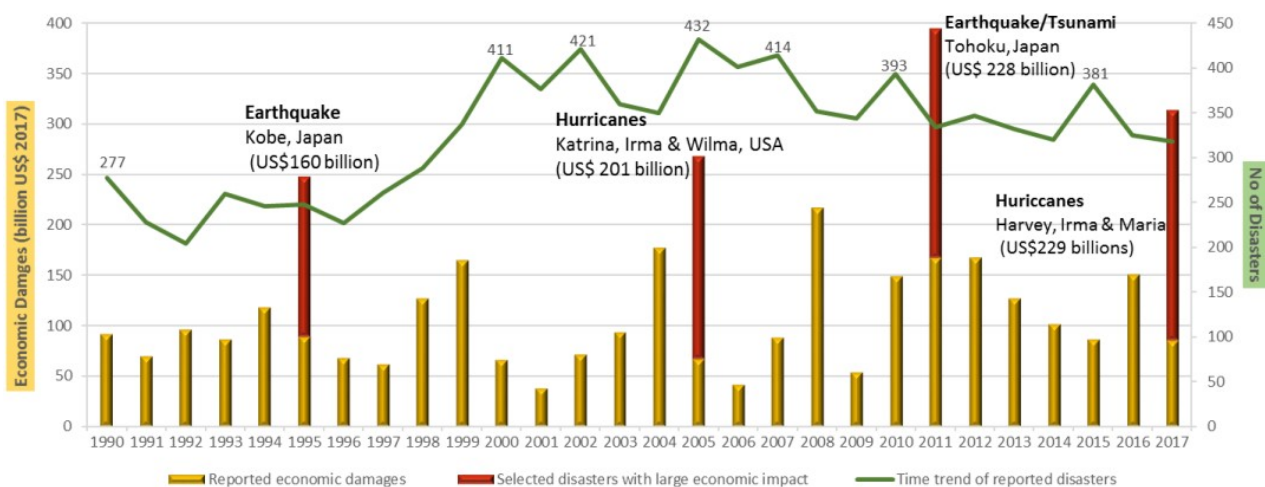
Figura 4 - Eventos de movimentos de massa por país



Quanto ao ano de 2017, a edição número 50 do relatório Cred Crunch (CRED, 2018), avalia que, de acordo com os dados do EM-DAT, ocorreram 318 desastres naturais, afetando 122 países e ocasionando 9.503 mortes, 96 milhões de pessoas afetadas e danos econômicos de aproximadamente US\$ 314 bilhões. Em relação à mortalidade e número de pessoas afetadas, 90% das mortes foram devido a eventos climatológicos, hidrológicos ou meteorológicos, e o ano de 2017 apresentou valores muito menores de mortalidade que a média entre 2007 e 2016. Entretanto, as perdas econômicas foram maiores, perdendo apenas para o ano de 2011, com US\$400 bilhões (ano do tsunami e terremoto em Tohoku, Japão). Esse impacto econômico ocorreu devido ao furacão Harvey, Irma e Maria, os quais atingiram os Estados Unidos e o Caribe. Observando a Figura 5, é possível ver que esses três fenômenos representaram mais da metade dos prejuízos do ano.

Esta análise confirma a tendência mundial dos últimos anos, a qual mostra redução na mortalidade e aumento em perdas financeiras.

Figura 5 - Prejuízos econômicos de 1990 a 2017



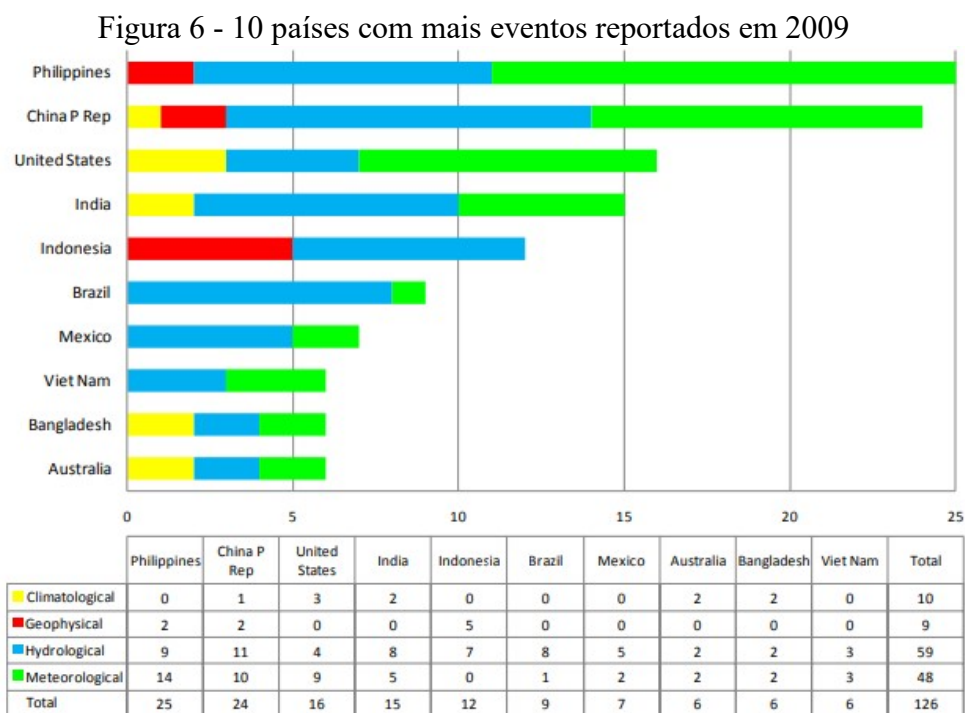
Fonte: CRED (2018)

### 2.1.3 Desastres no Brasil

O Brasil localiza-se na porção sul do continente Americano e conta com 27 Unidades Federativas divididas em 5 regiões, cada uma com características próprias e distintas quanto ao clima, vegetação, geologia e outros aspectos. Em 2016, o País apresentava 207,7 milhões de habitantes espalhados em uma área de aproximadamente 8,5 milhões de quilômetros

quadrados, resultando em uma densidade populacional de 28,4 habitantes por quilômetro quadrado. Entre 2000 e 2010 a taxa de crescimento populacional foi de 12,33% e entre 2016 e 2017 foi de 0,77% e a população urbana ultrapassa 84%.

Em 2003, um estudo divulgado pela Federação Internacional da Cruz Vermelha e do Crescente Vermelho indicou que o Brasil é o país americano mais afetado por desastres, resultado motivado pela grande extensão territorial e pela falta de estrutura para a prevenção de riscos. Entre 1993 e 2002 mais de 12 milhões de pessoas foram afetadas e mais de 2000 morreram. (BBC, 2003). De acordo com a Revisão Estatística de Desastres Anual do EM-DAT (2010), em 2009 o Brasil esteve em 6º lugar entre os países do mundo em número de eventos de desastres reportados, acumulando um total de 1,9 milhões de vítimas (Figura 6).

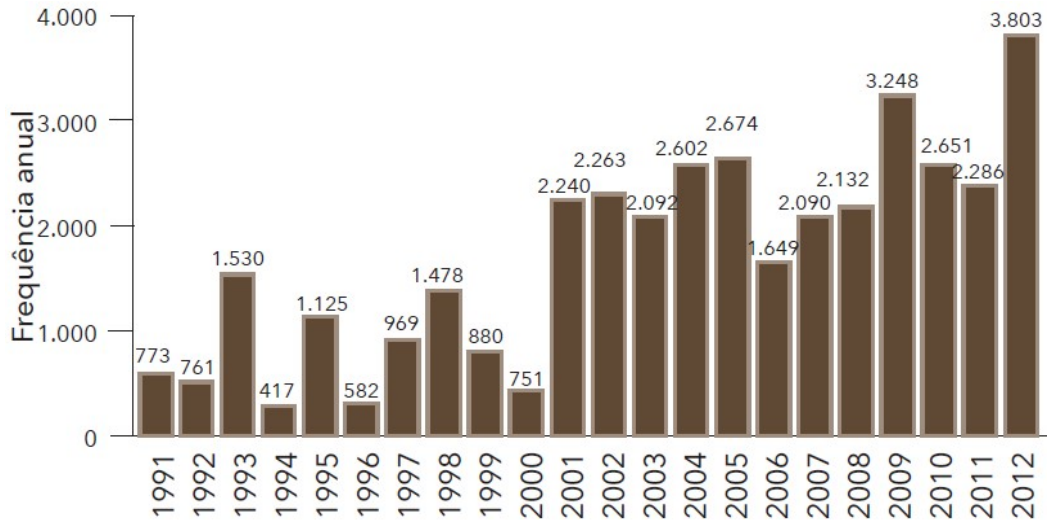


Fonte: EM-DAT (2010)

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2013), o qual analisa registros oficiais brasileiros a partir de 1991 até 2012, o aumento de registros é facilmente notado analisando o percentual de registros de cada década. De um total de 38.996 registros, a década de 90 apresenta 22% deles, enquanto a década de 2000 corresponde a 56% do total de registros e os anos de 2010 a 2012 exibem os 22% restantes. Ainda de acordo com o Atlas, é preciso ressaltar que isso não significa que os desastres aumentaram em 78% nos últimos anos, visto que o registro de ocorrências da Defesa Civil apresenta-se fragilizado

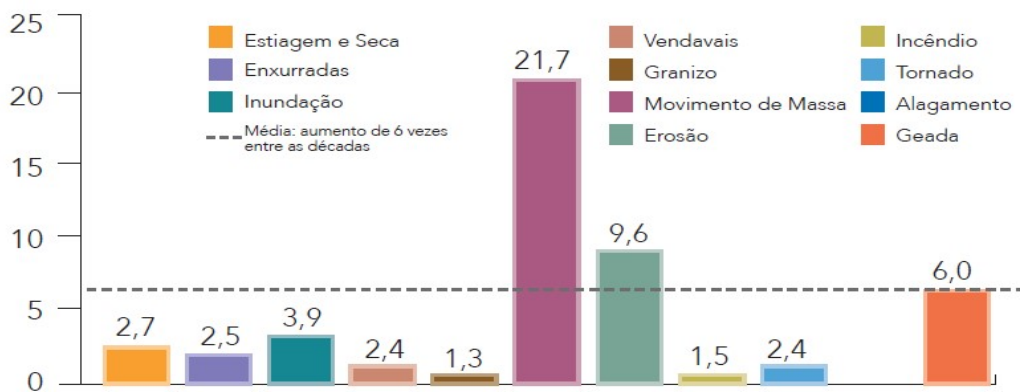
historicamente, mas deve-se atentar ao potencial de aumento de número de eventos e fortalecer o sistema de registros, visando maior fidelidade de dados. A tipologia de desastre que teve maior aumento no Brasil entre as décadas de 90 e 2000 foram os movimentos de massa, os quais apresentam um aumento de 21,7 vezes entre 1990 e 2000, diferindo da média geral, que exibe um aumento de 6 vezes (Figura 7 e 8).

Figura 7 - Frequência anual de desastres no Brasil



Fonte: (CEPED, 2013)

Figura 8 – Aumento do registro de ocorrências entre as décadas de 1990 e 2000



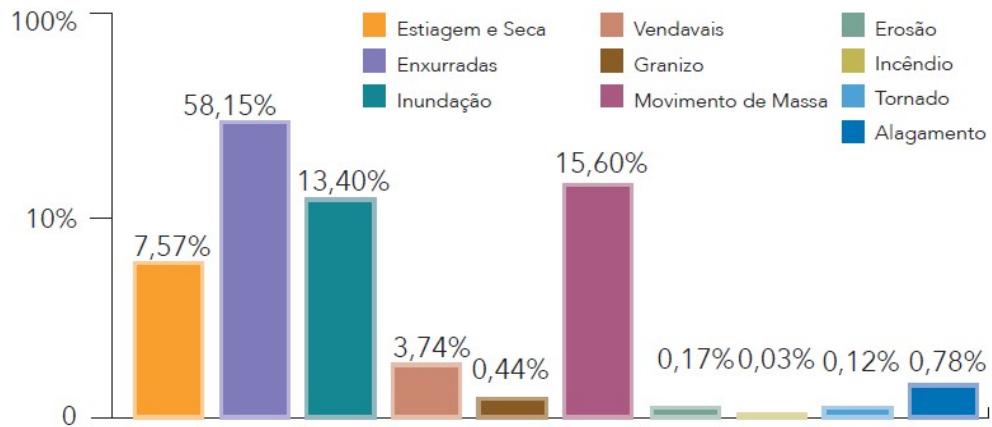
Fonte: (CEPED, 2013)

Quanto aos danos humanos, os movimentos de massa são o segundo tipo de evento que mais causou mortes, totalizando 15,60% do total (Figura 9). Em primeiro lugar estão as enxurradas, com 58,15%. Comparando entre as regiões brasileiras, as regiões Sul e Sudeste apresentam maior número de mortos por milhão de habitantes, 28,5 e 16,9 mortos, respectivamente. Esses valores são muito mais altos que para as outras regiões. Para justificar esse comportamento, pode-se analisar a densidade demográfica das regiões, de modo que é visível a tendência que,



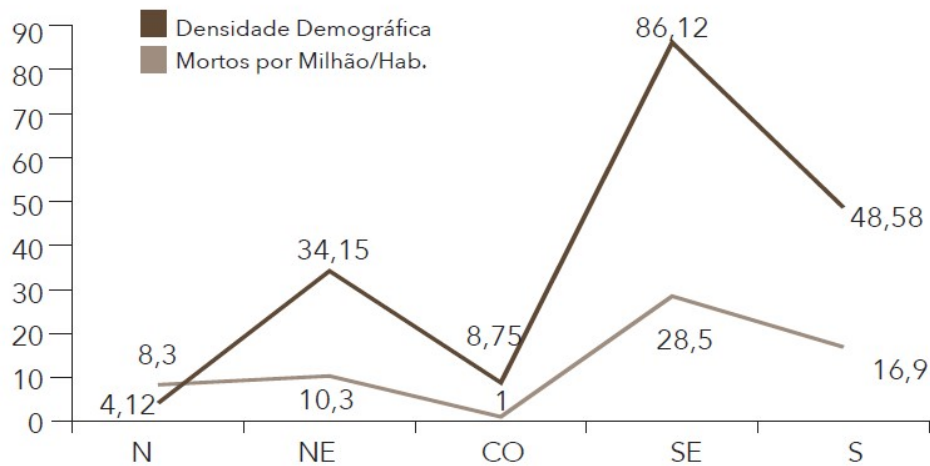
quanto maior a densidade demográfica, maior o número de mortos (Figura 10). Vale acrescentar, ainda, que, apenas em eventos de movimentos de massa entre 1991 e 2012, no Brasil, foram afetadas mais de cinco milhões e meio de pessoas e registradas 535 mortes (CEPED, 2013).

Figura 9 - Mortos por tipologia de desastre



Fonte: (CEPED, 2013)

Figura 10 - Relação entre mortos por desastres naturais e densidade demográfica das regiões brasileiras

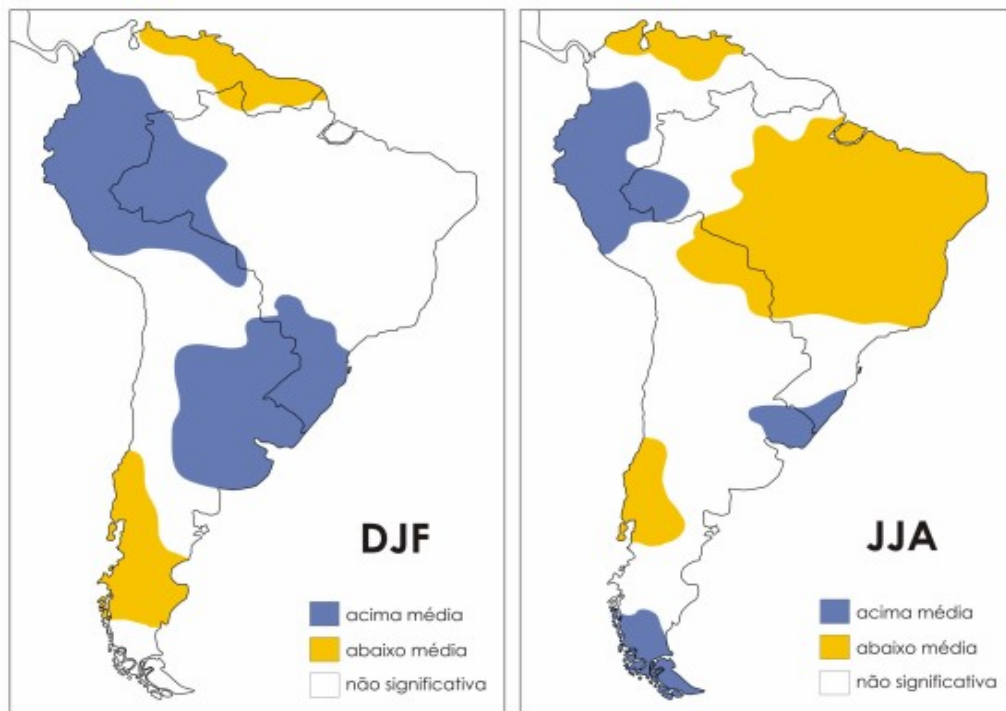


Fonte: (CEPED, 2013)

Além disso, a relação entre danos humanos/número de eventos para movimentos de massa é expressiva, de aproximadamente 8.000 pessoas, seguida pelo valor de 4.944 pessoas para eventos de erosão. Levando em conta os fatos citados e que a quantidade de eventos de movimentos de massa equivale a 2% do total dos eventos, é possível notar como a intensidade desse tipo de fenômeno pode causar grande destruição e impactar radicalmente a vida da população (CEPED, 2013).

Marcelino (1998) destaca que, no Brasil, mais de 80% das ocorrências são as relativas às instabilidades atmosféricas, como enchentes, tornados e escorregamentos. Em primeiro lugar, com 59% dos registros, estão as inundações graduais e bruscas; seguidas dos escorregamentos. Marcelino (2008), citando o 4º Relatório do IPCC (IPCC, 2007), explica que, no Brasil, os desastres de origem atmosférica apresentam a tendência de continuar aumentando, uma vez que deve haver um aumento na ocorrência de tempestades e precipitações intensas no Sul e Sudeste e de secas no Nordeste, Norte e Centro-Oeste (Figura 11).

Figura 11 - Variação nos índices de precipitação de DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e JJA (Junho, Julho e Agosto)



Fonte: Marcelino (2008)

As regiões Sul e Sudeste apresentam 60% dos casos de desastres naturais. Os estados brasileiros mais afetados são Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba, sendo que os movimentos de massa apresentam-se como o tipo de evento responsável pelo maior número de vítimas fatais e altos prejuízos materiais. As inundações e descargas elétricas aparecem como segunda e terceira maior causa de mortes, respectivamente. De 2008 a 2011, aproximadamente 2500 pessoas morreram devido a movimentos de massa, um total de 60% das vítimas fatais do período. Anteriormente, entre 1988 e 2008, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas informa que

houve mais de 1.860 mortes por movimentos de massa no Brasil (TOMINAGA et al., 2009; ECOAGÊNCIA, 2011; MARCELINO, 1998).

#### **2.1.4 Desastres em Santa Catarina**

Santa Catarina localiza-se na região Sul do Brasil, tem extensão territorial de 95.346,181 km<sup>2</sup> e é dividida em 195 municípios em 6 mesorregiões: Norte Catarinense, Vale do Itajaí, Grande Florianópolis, Sul Catarinense, Serrana e Oeste Catarinense. Em 2014, a população catarinense era de aproximadamente 6,727 milhões de pessoas, com uma densidade populacional de 70,55 habitantes por km<sup>2</sup>. Em 2010, a taxa de população urbana ultrapassava 84%.

Herrmann (1991) diz que o relevo, a altitude, a continentalidade e a maritimidade apresentam grande interação com sistemas atmosféricos, de forma a torná-los mais ou menos estáveis. Assim, no estado de Santa Catarina, esses fatores determinam variações climáticas que podem ser perigosas dependendo da vulnerabilidade e suscetibilidade dos municípios.

O Volume de Santa Catarina do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2013) contabilizou um total de 5.001 registros oficiais de desastres naturais em Santa Catarina, entre movimentos de massa, estiagens, enxurradas, vendavais, granizo, inundações e outros. O maior número de ocorrências se concentrou na mesorregião Oeste Catarinense, que também é a região com mais municípios do Estado. Em seguida aparece a mesorregião Vale do Itajaí, Sul Catarinense, Serrana, Norte Catarinense e, por fim, a Grande Florianópolis. O desastre com mais registros oficiais foram estiagens e secas, seguido de enxurradas e vendavais.

De acordo com a Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina, baseado no Atlas citado anteriormente, o Estado é o que apresenta a maior diversidade de tipologias de desastres naturais e é o terceiro estado com maior número de desastres totais ao longo dos anos 20 estudados, antecedido pelo Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Em média, ocorre pelo menos um evento em cada município anualmente. É interessante observar que o número total de afetados em Santa Catarina ultrapassa 12 milhões de pessoas, ou seja, se formos analisar a quantidade de desastres per capita, isso significa que cada habitante teria passado por pelo menos 2 eventos de desastres naturais ao longo dos anos, de modo que, nesse sentido, Santa Catarina é o estado com mais afetados per capita por desastres naturais no Brasil. Além disso,

se considerarmos a extensão territorial dos estados brasileiros, Santa Catarina também apresenta o maior número de eventos por km<sup>2</sup>. Em relação aos municípios, Chapecó é o segundo município brasileiro mais atingido por desastres, seguido por Tangará e Canoinhas; em primeiro lugar está a cidade de São Paulo. Atualmente 15% dos 295 municípios catarinenses não contam com responsáveis para trabalhar diretamente com a Defesa Civil.

Santa Catarina sofre tanto com a escassez de chuvas, acarretando em desastres como estiagens recorrentes, quanto com o excesso das mesmas, resultando em inundações e movimentos de massa de grandes proporções. Normalmente, no verão os índices de precipitação são muito maiores, especialmente de novembro a janeiro; no inverno, a precipitação diminui e os menores índices usualmente ocorrem entre junho a agosto. De acordo com Hermann (2005), isso ocorre devido ao encontro de massas de ar intertropicais e polares úmidas, as quais produzem chuvas com distribuição anual regular. Ainda segundo a autora, a dinâmica sazonal do Estado pode ser alterando quando há ocorrência de fenômenos como o El Niño – Oscilação Sul, tanto na sua fase positiva quanto negativa, modificando a temperatura da região e podendo aumentar a incidência de chuvas ou estiagens.

Os meses de outubro e novembro de 2008 foram marcantes para a história de Santa Catarina. As previsões apontavam para chuvas acima da média mensal, o que de fato aconteceu. As chuvas ininterruptas durante meses mantiveram solos saturados e cotas de rios acima do nível normal. Isso, em conjunto com a ocupação irregular de áreas de risco, tanto em encostas quanto em locais propensos a inundação, culminaram com o maior desastre registrado em Santa Catarina e o maior desastre por deslizamento de terras no Brasil até então. A semana do dia 19 de novembro, considerado o ápice das chuvas, registrou precipitação de bilhões de litros de água. Apenas em Blumenau foram 300 bilhões de litros em 5 dias. Entre os dias 22 e 23 de novembro choveu mais do que o dobro da média prevista para todo o mês em alguns municípios catarinenses. Em alguns locais, foram aproximadamente 700mm de chuva em um curto espaço de tempo. Os valores de precipitação para os dias mencionados em alguns municípios estão na Tabela 1 (GRUPO REAÇÃO, 2009).

Tabela 1 - Precipitação entre os dias 22 e 23 de novembro nos municípios catarinenses

Município	Precipitação (mm)
Balneário Camboriu	455

São José	254
Itajaí	403
Florianópolis	216
Blumenau	600

Fonte: Grupo Reação (2009)

O evento impactou o Estado de tal forma que 63 municípios decretaram situação de emergência e 14 estado de calamidade pública e no dia 22 de novembro, o Governo do Estado decretou situação de emergência em Santa Catarina. Foram registradas 78.656 mil pessoas desalojadas e desabrigadas e 135 mortes, sendo que mais de 97% das mortes ocorreram por soterramento. Mais de 1 milhões de pessoas foram afetadas (Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina, 2017). Rodovias estaduais e federais foram danificadas e foram incontáveis os prejuízos econômicos devido a danos estruturais, queda na produção da indústria, interrupção do abastecimento de gás, perdas no turismo, entre outros.

Ainda de acordo com o Grupo Reação (2009), Florianópolis decretou situação de emergência, foi preciso reconstruir 120 unidades habitacionais, foram atingidas mais de 15 escolas das rede estadual de ensino e os Centros de Saúde Costeira e Itacorubi foram alagados. As Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC) atendeu diversos chamados de postes caídos, quebrados ou fora do prumo, vegetação sobre a rede elétrica, recuperação de condutores, e outros, aplicando recursos de mais de R\$ 1.950.000,00. A Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina (COHAB) assinou um convênio de R\$600.000,00 com o Governo do Estado e Defesa Civil para adquirir terrenos e, com auxílio do programa Minha Casa Minha Vida, o município construiu unidades habitacionais para famílias com renda mensal de até 3 salários mínimos, que participam com 10% do seu salário para pagar o financiamento. O Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA) vistoriou os locais atingidos e definiu intervenções para minimizar riscos futuros e recuperar áreas atingidas, além de projetar uma contenção na encosta do Maciço do Cacupé, com investimentos previstos de mais de R\$16.000.000,00. A recuperação do sistema de drenagem da Via Expressa Sul recebeu investimentos na ordem de R\$300.000,00. O Ministério da Saúde enviou R\$2.673.201,50 para reforma e ampliação das Unidades de Saúde afetadas, para ações de promoção e prevenção a saúde, compra de medicamentos e outros. O Ministério da Educação enviou R\$ 4.429.136,14 para equipamentos e mobiliário em escolas atingidas.

O CEPED divulgou, em 2014, o Relatório de Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais no Brasil com dados de danos causados por eventos extremos de 1995 a 2014 no Brasil. Santa Catarina soma despesas de até R\$ 17,6 bilhões provocadas pelos mais diversos agentes, é o estado com mais habitações danificadas e com maior prejuízo na indústria e nos serviços. Santa Catarina destaca-se especialmente em relação aos prejuízos na indústria e serviços: no primeiro, o Estado registra 1,047 milhões de reais em prejuízos, seguido pelo Espírito Santo com 458 milhões e Paraná com 394 milhões; no segundo, a quantia chega a 1,545 milhões, precedido do Rio de Janeiro, com 1,120 milhões e Paraíba, com 694 milhões. O Quadro 6 mostra de maneira resumida as conclusões do estudo para o Estado de Santa Catarina.

É interessante notar que quando Santa Catarina se destaca no ranking de prejuízos em relação aos outros estados, o ano de 2008 e mês de novembro tendem a se apresentar com maiores parcelas de perdas na região Sul, ressaltando o quanto o desastre ocorrido nessa época refletiu na economia e na população da região. Analisando os prejuízos em desastres hidrológicos, Santa Catarina encontra-se na segunda posição entre os estados brasileiros e representa mais da metade dos eventos na região Sul, com destaque para o mês de novembro e ano de 2008.

Devido a todos os fatos decorridos anteriormente, a Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina foi criada em 2010 com o objetivo de oferecer ao Estado uma estrutura de pronta resposta aos desastres, gerir investimentos estruturantes e informações de previsão e alerta. Atualmente, a entidade busca inovar e encontrar soluções efetivas para a redução de desastres no Estado. Baseando-se no Marco de Sendai para a Redução de Riscos e Desastres, originado na Terceira Conferência Mundial da ONU para a Redução de Riscos e Desastres em 2015, o órgão definiu metas e objetivos próprios até 2030. As prioridades de ação do Marco de Sendai são:

1. Compreensão do risco dos desastres;
2. Fortalecimento da governança de risco de desastres para gerenciá-lo;
3. Investimento na redução do risco de desastre para a resiliência e
4. Aumentar a preparação para a ocorrência de desastres visando respostas efetivas e recuperação, reabilitação e reconstrução melhores.

As Metas do Marco incluem:

- Redução da mortalidade por desastres;
- Redução do número de pessoas afetadas por desastres;
- Redução de perdas econômicas diretas por desastres;
- Redução dos danos em infraestrutura básica;
- Aumentar o número de países com estratégias de redução de riscos;
- Intensificar a cooperação internacional com países em desenvolvimento.

Tendo em vista as metas do Marco de Sendai, a Defesa Civil de Santa Catarina planeja que até 2030 todos os municípios sejam contemplados com estratégias para redução de riscos e, para isso, planeja reestruturar a organização do Estado e dos municípios e capacitar comunidades, de forma a criar um sistema baseado na capilaridade com apoio de coordenações regionais. A meta é reduzir o número de afetados em 50% e de perdas econômicas em 70%, além de zerar a mortalidade e definir estratégias de redução de riscos para 100% dos municípios.

Com o apoio da Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina, Santa Catarina é o primeiro estado brasileiro a ter o território inteiro monitorado por radares meteorológicos. Em 2014 foi instalado um radar meteorológico em Lontras (Alto Vale do Itajaí), o qual cobria 77% do território catarinense, um total de 191 municípios. Logo em seguida, em 2017, foi inaugurado o radar meteorológico em Chapecó (Oeste) cobrindo 43% do território e, em 2018, o radar móvel de Araranguá (Sul), abrangendo 41 municípios. Juntos, os 3 radares cobrem 100% do território do Estado e são capazes de gerar informações importantes e precisas de até 3 horas de antecedência, colaborando para o monitoramento e previsão de instabilidades climáticas e possíveis desastres, de forma a poder alertar e garantir a segurança da população de forma eficiente e colaborar na tomada de decisões em situações críticas. Além disso, os radares podem captar e guardar informações sobre o comportamento de chuvas nas regiões, colaborando para a elaboração de estratégias de prevenção. O radar móvel pode, ainda, se deslocar pelo Estado para ser posicionado em locais mais estratégicos para previsões mais acertadas em situações de emergência. As imagens dos radares estarão disponíveis online para consulta pública. A Figura 12 mostra a abrangência dos radares em Santa Catarina.

Quadro 4 - Resumo dos prejuízos causados por desastres em Santa Catarina

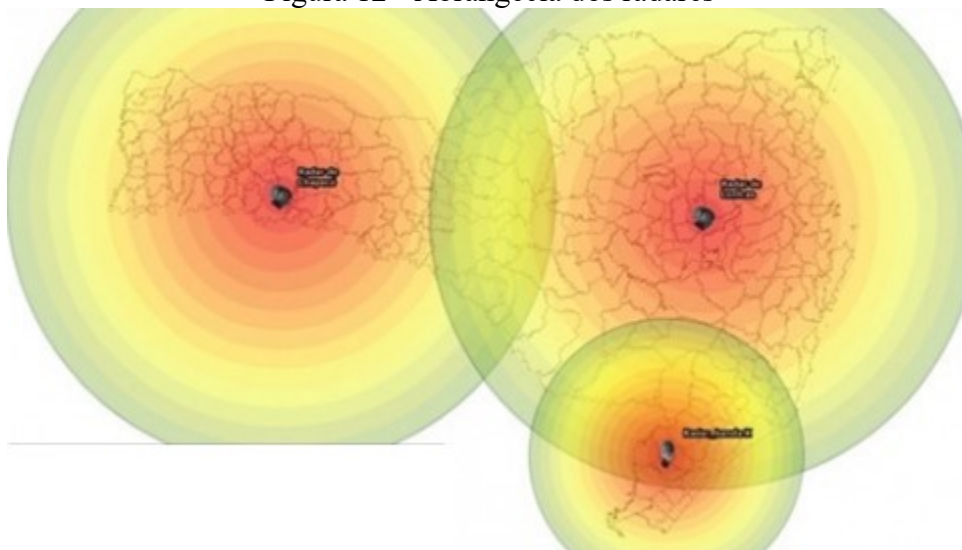
Quesito	Total Santa Catarina	Posição de SC em relação aos outros Estados	Ano mais afetado no Sul	Mês mais afetado no Sul	Total Região Sul	Parcela representada por SC na região Sul
Habitacões Danificadas	402.393	1	2004	novembro	792.384	50,80%
Habitacões Destruídas	11.021	8	2008	novembro	19.004	58,00%
Danos em Habitacões	1.752	3	2008	novembro	3.745	46,80%
Danos em Infraestrutura	3.288	2	2008	novembro	6.449	51,00%
Danos Materiais Totais	5.233	3	2008	novembro	10.596	49,40%
Prejuízos Públicos	1.065	7	2014	junho	2,83	37,60%
Prejuízos Privados	11.325	4	2012	janeiro	43,137	26,30%
Prejuízos Privados - Agricultura	7.602	4	2012	janeiro	33,819	22,50%
Prejuízos Privados - Pecuária	1.132	7	2009	janeiro	5,164	21,90%
Prejuízos Privados - Indústria	1.047	1	2008	novembro	1,773	59,00%
Prejuízos Privados - Serviços	1.545	1	2008	novembro	2,38	64,90%
Prejuízos Totais	12.389	4	2012	janeiro	45,967	27,00%
Danos e Prejuízos Totais	17.623	3	2009	janeiro	56,564	31,20%
Desastres Climatológicos	6,171	8	2012	janeiro	29,864	20,70%
Desastres Hidrológicos	9,777	2	2008	novembro	19,512	50,10%
Desastres Meteorológicos	1,653	3	2009	novembro	7,055	23,40%

Fonte: CEPED (2014)



Outra ação da Defesa Civil é a construção de 20 Centros Integrados Regionais de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CIGERD Regional) espalhados em locais estratégicos no Estado. Todos os Centros Regionais estarão em contato direto com o Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres, sediado em Florianópolis. O CIGERD funcionará como uma base para o intercâmbio de informações e ponto de encontro de diversas instituições, como a própria Defesa Civil, universidades, Forças Armadas e órgãos federais e municipais. A partir dessa integração espera-se que a definição de políticas públicas e de prevenção sejam analisadas em conjunto e de forma multidisciplinar e, em momentos críticos, a tomada de decisões seja facilitada. O local permite o trabalho de até 180 pessoas durante 24h, contando com gerador próprio, alojamentos e uma área específica de repasses para a mídia e público em geral, garantindo uma comunicação clara com a população. O espaço também contará com uma antena de satélite GOES-15, a qual está em processo de aquisição. O equipamento permite atualizações a cada 15 minutos e uma resolução de 1 pixel/500m. A localização dos 20 CIGERDS Regionais pode ser vista na Figura 13.

Figura 12 - Abrangência dos radares



Fonte: Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina (2018)

A Secretaria de Defesa Civil também oferece um serviço via SMS de alertas meteorológicos. O usuário deve cadastrar seu CEP e receberá, gratuitamente, em seu celular avisos atualizados de eventos próximos ao CEP cadastrado.

A entidade fechou parceria com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), a qual elaborará o mapeamento de risco de todo o território de Santa Catarina, incluindo mapas

e limites de áreas com risco geológico e suscetibilidade a deslizamentos, enxurradas e inundações, sendo o primeiro Estado brasileiro a ter seu território mapeado por completo.

Figura 13 - Localização dos 20 CIGERD Regionais



Fonte: Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina (2018)

Algumas das próximas atividades da Defesa Civil de Santa Catarina são a execução de simulados integrados, a implementação do Sistema de Defesa Civil (SisDC), plataforma que permitirá unificar os registros de ocorrências de desastres do Estado, instituir a Escola de Defesa Civil e o Centro de Pesquisa de Deslizamentos e Inundações da América Latina, elaborar um novo Plano Estadual de Redução de Riscos e, por fim, em 2030, avaliar os resultados obtidos e traçar novas metas baseadas no Marco de Sendai.

## 2.2 MOVIMENTOS DE MASSA

Gerscovich (2016) denomina movimento de massa “qualquer deslocamento de um determinado volume de solo”. Para Tominaga et al. (2009), movimento de massa é um processo natural que faz parte da dinâmica de vertentes, sendo responsável pela evolução geomorfológica de regiões serranas através da movimentação do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. Os autores acrescentam que a presença de água ou gelo reduz a resistência dos materiais da vertente e induz o comportamento plástico e fluido dos solos. Kobiyama et al. (2006) também é assertivo de que esses fenômenos são processos naturais que fazem parte da evolução da paisagem e que é inevitável conviver com

os movimentos de massa. O autor também cita Bigarella et al. (1996) que afirmam que esse fenômeno é o mais importante processo geomorfológico modelador da superfície terrestre. Guidicini e Iwasa (1976), afirmam que esse tipo de movimento, em solos tropicais úmidos, pode ser deflagrado principalmente por elevados índices pluviométricos (tanto chuvas intensas de curta duração quanto chuvas de menor intensidade e contínuas) e terremotos, devido ao fato de reduzirem a resistência do solo.

Os movimentos de massa desenvolvem-se em taludes. Neste trabalho, a definição de talude compreende a descrita por Gerscovich (2016), que corresponde a qualquer superfície inclinada de um maciço de solo ou rocha, podendo ser natural, também denominado encosta, ou construído pelo homem, como, por exemplo, os aterros e cortes. Taludes normalmente se apresentam de maneira estável e estática ao longo do tempo, contudo, estes são sistemas dinâmicos e que a todo momento podem apresentar alterações na estabilidade. No caso das encostas, pode-se dizer que em uma escala de milhares de anos é certo que algum movimento irá ocorrer em suas proximidades, com ou sem a presença do ser humano. Entretanto, a ocupação humana e a alteração no meio causada por esta facilitam o desequilíbrio do sistema, deflagrando os movimentos de massa em uma escala de dezenas de anos ou anualmente (KELLER, 2011; GERSCOVICH, 2016; BRASIL, 2006).

Para o correto entendimento do estudo realizado, o movimento de massa será caracterizado pelo deslocamento de solo ou rocha buscando encontrar o equilíbrio natural da encosta, com ou sem a presença de detritos e vegetação, o qual é influenciado diretamente pela ação da gravidade e pluviosidade, podendo ser desencadeado pela diminuição da resistência do solo ao cisalhamento e/ou pelo aumento de tensões cisalhantes sobre o mesmo.

Diversos autores buscaram definir classificações para os movimentos de massa, entre critérios como de tipo de material movimentado, geometria, tipo de movimento e presença de água. Entretanto, a diversidade e complexidade de eventos e de critérios de análise dificulta a classificação dos fenômenos, uma vez que os limites entre classes são difíceis de serem estabelecidos e que é possível a manifestação de várias classes em um mesmo movimento. A seguir, serão apresentadas as tipologias e as definições a serem consideradas para o desenvolvimento do trabalho.

Cabe ressaltar que é comum a utilização do termo “deslizamento” ou “escorregamento” para representar as ocorrências de movimentos de massa de um modo geral e não apenas como uma tipologia com características únicas.

### **2.2.1 Escorregamentos**

Para Tominaga et al. (2009), escorregamentos são “movimentos rápidos, de porções de terrenos (solos e rochas), com volumes definidos, deslocando-se sob ação da gravidade, para baixo e para fora do talude ou da vertente.” Ainda para os autores, esse tipo de fenômeno poder ser descrito como “processos de movimentos de massa envolvendo materiais que recobrem as superfícies das vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação.” Os autores ainda ressaltam que escorregamentos ocorrem em regiões montanhosas e serranas em varias partes do mundo, em especial onde há predomínio de climas úmidos e que, no Brasil, são mais frequentes nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

Para Gerscovich (2006), os escorregamentos são movimentos rápidos com superfície de ruptura bem definida que ocorrem quando as tensões cisalhantes se igualam ou superam a resistência ao cisalhamento do material, de forma que a ruptura se dá na superfície de menor resistência.

Os escorregamentos podem apresentar velocidades médias (m/h) a altas (m/s), dependendo da inclinação da superfície de escorregamento, sua causa inicial e características do terreno. Usualmente, terrenos homogêneos apresentam coesão e atrito interno mais elevado, gerando movimentos mais bruscos. Também apresentam de pequenos a grandes volumes de material, que incluem rocha, solo, lixo, entulho, detritos e árvores, podendo causar grande destruição. Os escorregamentos podem se originar em áreas de grandes dimensões, como encostas, ou em áreas menores, como em taludes (BRASIL, 2006; AUGUSTO FILHO 1992, 1994; GUIDICINI e NIEBLE 1984, 1993; TOMINAGA et al., 2009; KOBAYAMA et al., 2004).

A geometria dos escorregamentos pode ser rotacional, translacional ou em cunha. Os movimentos rotacionais ou circulares normalmente são mais complexos e profundos, podendo ocorrer movimentos sucessivos em um único local. Apresentam superfície de ruptura curva, onde ocorre movimento do maciço de solo. São comuns em solos homogêneos e espessos, como em aterros, em rochas muito fraturadas. O movimento é provocado principalmente pela execução de cortes na base de encostas e pela erosão fluvial no sopé da vertente

(FERNANDES e AMARAL, 1996 apud TOMINAGA et al., 2009; TOMINAGA et al., 2009; AUGUSTO FILHO 1992, 1994). Os movimentos translacionais ou planares ocorrem em encostas, independente da declividade das mesmas, ao longo de uma superfície plana e rasa associada à heterogeneidade dos solos ou rochas. Pode ocorrer de a superfície de ruptura coincidir com a interface solo-rocha, descontinuidade mecânica e hidrológica. Em geral, são de curta duração e grande poder de destruição. São os mais comuns nas encostas serranas brasileiras e apresentam grandes extensões, na ordem de centenas e milhares de metros. Esse movimento se desenvolve em solos pouco espessos e quando há apenas um padrão de estrutura do maciço no plano de fraqueza (fraturas, xistosidades, falhas, etc). Chuvas prolongadas costumam desencadear esse tipo de movimento de forma brusca, especialmente em locais de “aterro lançado”, onde os materiais não são compactados e muito heterogêneos, incluindo lixo, solo e entulho, e cortes em áreas inclinadas, os quais podem apresentar alta porosidade e permeabilidade, instabilizando ainda mais a encosta. O material transportado pode conter rocha e/ou solo. Quando há presença de água, o movimento pode se transformar em corridas ou rastejos (FERNANDES e AMARAL, 1996 apud TOMINAGA et al., 2009; GUIDICINI e NIEBLE 1984, 1993; TOMINAGA et al., 2009; AUGUSTO FILHO 1992, 1994). Quanto aos movimentos de geometria de cunha, estes ocorrem quando há dois planos de fraqueza no maciço que se cruzam ou quando há camadas de menor resistência não paralelas à superfície do talude. Usualmente ocorrem em locais com relevo controlado por estruturas geológicas. Nesses locais, usualmente ocorrem em taludes de corte ou em encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento (BRASIL, 2006; AUGUSTO FILHO 1992, 1994; INFANTI JR. e FOMASARI FILHO, 1998 apud TOMINAGA et al., 2009).

### **2.2.2 Desbarrancamentos ou Solapamentos**

Desbarrancamentos ou solapamentos são movimentos que ocorrem em áreas próximas de margens de cursos d'água ou taludes de canais fluviais. Em áreas urbanizadas, o processo erosivo nesses locais, usualmente causado por retificações, canalizações, aterros, deposição de lixo ou impermeabilização da bacia, pode alterar a dinâmica dos corpos d'água e desencadear a queda de material do talude em canais de drenagem. Os indícios da iminência desse tipo de movimento são a presença de cicatrizes de solapamentos passados, trincas e degraus de abatimentos e a proximidade de construções de margens de drenagens (BRASIL, 2006).

### 2.2.3 Rastejos

Rastejos são caracterizados por movimentos lentos e contínuos que diminuem com a profundidade e normalmente apresentam velocidade medida em cm/ano, perceptíveis pela mudança na verticalidade de árvores e estruturas. Devido à menor velocidade, esse tipo de movimento costuma apresentar efeitos destrutivos menores que os demais. Os movimentos podem ser constantes, sazonais ou intermitentes, e têm seu início causado pela ação da gravidade associada à variação de temperatura ou umidade, que expande ou contrai o material, provocando movimento encosta abaixo e criando diversos planos de deslocamentos. A geometria dos rastejos é indefinida e o material é composto de solo, depósitos e rocha alterada ou fraturada (AUGUSTO FILHO 1992, 1994; TOMINAGA et al., 2009).

### 2.2.4 Quedas

Quedas são blocos de rocha ou rochas individuais que se desprendem da face da rocha mãe, usualmente em encostas íngremes e com inclinação próxima a 90 graus, e se movimentam principalmente pelo ar, em queda livre ou em plano inclinados, realizando saltos ou rolando. O movimento não gera planos de deslocamento. A geometria do movimento é variável, podendo apresenta blocos, lascas ou placas de maciços rochosos. O processo é normalmente muito rápido, medidos em vários m/s, e a energia cinética dos blocos, que são elementos independentes, aumenta com a aceleração da queda. As causas variam entre ação do intemperismo, variação térmica, perda de sustentação dos blocos, ação erosiva da água, chuvas intensas de curta duração ou alívio de tensões. Os blocos se acumulam na base da encosta como um *scree deposit* (BRASIL, 2006; AUGUSTO FILHO 1992, 1994; GUIDICINI e NIEBLE 1984, 1993).

### 2.2.5 Corridas

Quando o solo atinge o estado de saturação e perde o atrito entre partículas, mobiliza-se encosta abaixo. As corridas são movimentos de massa muito rápidos, de velocidades altas, desencadeadas pela perda de atrito interno e resistência nas partículas do solo na presença de água. Normalmente apresentam extensos raios de alcance, mesmo em áreas pouco inclinadas e planícies, e o material inconsolidado se comporta como um fluido viscoso volumoso e de alta densidade, podendo gerar grande destruição por onde passa, causando até mais danos que escorregamentos. O movimento apresenta muitas superfícies de deslocamentos e gera fluxo de solo, rocha, detritos, árvores e água que destrói tudo por onde passa, desde seu local de formação na encosta, até a deposição em planícies. Durante seu trajeto, usualmente cursos

d'água, fundo de vales e ao longo de drenagens, a destruição também é bem percebida. De acordo com a viscosidade e do tipo de material do movimento e da quantidade de solo e água no material, podem ser denominados como fluxos de terra, lama ou detritos (AUGUSTO FILHO 1992, 1994; TOMINAGA et al., 2009; GUIDICINI e NIEBLE 1984, 1993; GERSCOVICH, 2006; FERNANDES e AMARAL, 1996 apud TOMINAGA et al., 2009).

### 2.2.6 Condicionantes e Agentes Deflagradores

Os movimentos de massa ocorrem quando a tensão atuante no talude ultrapassa a resistência ao cisalhamento do material, desenvolvendo a zona cisalhada e, depois, a superfície de cisalhamento na massa de solo, de onde se origina a ruptura. A alteração do estado de tensões do talude acontece quando a margem de estabilidade deste, representada pelo seu fator de segurança, apresenta valor menor que 1, ou seja, quando:

$$\frac{\text{Esforços Resistentes}}{\text{Esforços Atuantes}} = \frac{\text{Resistência ao Cisalhamento do Solo}}{\text{Tensões Cisalhantes no Solo}} < 1$$

Existem dois grupos de mecanismos que podem explicar o fenômeno: o aumento das tensões atuantes e a redução da resistência ao cisalhamento. O primeiro caso é exemplificado por casos de aumentos de sobrecarga no talude (presença de construções, vegetação ou detritos), pressões internas de materiais expansivos, cortes realizados de forma indevida e solicitações dinâmicas como tráfego, ondas e sismos e aparecimento de solicitações dinâmicas ou pressões laterais no sistema; para o segundo, variações nas características do material do talude, como a redução da coesão, alterações no nível do lençol freático, infiltração de água no maciço, fluxo de água em trincas, intemperismo e ação da força gravitacional, a qual supera o atrito interno das partículas, fazendo com que a massa de solo se movimente encosta abaixo.

Buscando melhor compreensão dos processos envolvidos na contribuição da deflagração de movimentos de massa, Guidicini e Nieble (1993) chamam de agentes predisponentes os elementos do meio físico e biótico que desencadeiam o processo. Os agentes predisponentes são as condições naturais dos materiais que constituem o talude, sem interferência humana, em outras palavras, as condições geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, ambientais, calor e efeito da gravidade. Os autores também citam os agentes efetivos, que são os fatores diretamente responsáveis pela deflagração do movimento, dividindo-se entre efeitos preparatórios – pluviosidade, erosão, gelo e degelo, variação de temperatura, ação humana,

desflorestamento e outros – e efeitos imediatos – como chuva intensa, terremotos, ondas, vento, ação humana.

Segundo Crosta (1998 apud Azevedo, 2011), o padrão de chuva gera diferentes condições de estabilidade, de forma que atributos com a espessura do perfil de intemperismo, propriedades mecânicas, físicas e hidráulicas dos solos e a cobertura vegetal afetam a resistência dos solos e a condição de fluxo superficial.

Terzaghi (1950) citado por Guidicini e Nieble (1993) divide em três as causas da ocorrência de movimentos de massa:

- Causas internas: ruptura sem alteração geométrica do talude. Ocorre devido à perda de resistência interna do material da encosta, podendo ser causado por aumento da pressão hidrostática ou diminuição da coesão e ângulo de atrito interno, influenciando a resistência do material;
- Causas externas: aumento da tensão de cisalhamento. Ocorre devido ao aumento da inclinação do talude por processos naturais ou artificiais, vibrações e abalos sísmicos e deposição de material na parte superior do talude;
- Causas intermediárias: efeitos externos alterando o interior do talude. Ocorre devido a efeitos como os de liquefação espontânea, erosão retrogressiva (piping) e rebaixamento rápido do nível freático.

Zerere (1999) trata a ocorrência de movimentos de massa influenciada por fatores condicionantes, representados por litologia e geologia, deslizamentos antigos, morfologia e ângulo da encosta e vegetação e uso da terra. O autor considera eventos deflagradores a ocorrência de chuvas intensas ou prolongadas, erosão e ação humana, a qual diminui o fator de segurança da encosta.

Crozier (1986, apud Zerere, 1999) relata que a instabilidade da encosta é determinada por fatores condicionantes ou preparatórios e fatores deflagrantes. Os primeiros relacionam-se às características inerentes do material do terreno; os segundos, às causas diretas do movimento. Zerere considera essa classificação mais interessante do que a definida por Terzaghi (1950) pois relaciona-se melhor com a distribuição espacial e temporal dos deslizamentos.



Kobyama et al. (2006) sustentam que os desastres estão relacionados à dinâmica interna e externa do planeta, explicados da seguinte maneira:

- Dinâmica interna: movimentação de placas tectônicas, as quais originam terremotos, maremotos e atividades vulcânicas e
- Dinâmica externa: dinâmica atmosférica, incluindo tempestades, secas, ressacas e vendavais.

Tatizana (1987a, b) definiu, para a Serra do Mar, seis fatores condicionantes para a deflagração de eventos: geologia, geomorfologia, declividade, cobertura vegetal, regime pluviométrico e posição da encosta. De forma semelhante, Lumb (1975) analisou a topologia, geologia, uso do solo, ângulo das encostas, chuva acumulada e tipo de falha na região urbana de Hong Kong e, para a região, destacou as características únicas de topografia, clima, geologia e uso da terra, além da presença de altos pluviométricos durante dias. Farah (2003, apud Marques, 2011), aponta que a estabilidade de encostas naturais é condicionada pela relação de três fatores: características geométricas, geológicas (solo e rocha) e ambiente fisiógrafo (clima, vegetação, drenagem natural, etc). A soma desses fatores, aliado à ocupação antrópica sem planejamento aumenta o risco de deslizamentos de terra. Para Herrmann (2004), os condicionantes principais para a deflagração de movimentos de massa são a estrutura geológica, declividade da vertente, forma das encostas, regime de chuvas, perda da vegetação e atividade antrópica, de acordo com o uso e ocupação do solo. Ide (2005) afirma que a ocupação do solo intensifica a suscetibilidade natural dos escorregamentos, a geologia predispõe certas localidades a eles e os fatores relativos ao clima são agentes preparatórios e deflagradores dos processos, sendo os fenômenos meteorológicos uma das principais causas de escorregamentos no Brasil.

Parizzi (2011) diz que a maior parte dos movimentos dos taludes estudados ocorreu de forma progressiva, de acordo com as mudanças geométricas e dos estados de alteração dos maciços ao longo do tempo. Para o autor, os condicionantes geológicos influenciam no tipo de ruptura e as ações antrópicas, características geomorfológicas e a ação da água interferem no grau de pré-disposição do talude aos eventos. Ainda, o acumulado de chuva determina a frequência e o momento de ocorrência da movimentação.

Santos (2009) defende que a ocorrência de deslizamentos tem relação com um conjunto de fatores que incluem pluviosidade, declividade e forma das encostas, características geológicas e tipo de interferência humana. O autor destaca a pluviosidade e a declividade das encostas como fatores principais para a deflagração de eventos.

Tominaga et al. (2006) explica que os escorregamentos e demais movimentos de massa são processos que dependem de vários fatores ambientais, os quais atuam naturalmente na evolução das formas de relevo de morros e serras. Também acrescenta que a ocupação desordenada influencia o aumento do número de eventos associados a movimentos de massa.

Os estudos realizados quanto à definição dos principais agentes que influenciam a deflagração de eventos relativos a movimentos de massa podem ser divididos em quadro grandes grupos:

- Vegetação;
- Atividade antrópica e urbanização;
- Variações climáticas e pluviosidade;
- Características intrínsecas a encosta e ao meio físico.

Esta seção discutirá cada um desses tópicos e dará maior destaque à influência da presença da água nos casos de instabilização de taludes na seção 2.2.7.

#### **a) Vegetação**

De modo geral, a presença de vegetação traz efeitos positivos quanto à estabilidade de taludes, principalmente pela ação de reduzir a entrada de água no solo, retirar a umidade do mesmo através de processos físicos e aumentar a coesão do solo com suas raízes.

Nott (2006) destaca a influência das mudanças na vegetação de uma encosta. Estas podem aumentar ou diminuir a susceptibilidade de um deslizamento, entretanto, normalmente, a remoção de parte da vegetação leva a um aumento na instabilidade da encosta e maior erosão potencial, favorecendo deslizamentos.

Gerscovich (2012) explica que a cobertura vegetal, de modo geral, ajuda na estabilidade de encostas por proteger o solo dos efeitos climáticos e por aumentar a resistência do solo através

do sistema solo/raiz. Dessa forma, a falta de vegetação, proveniente muitas vezes do desmatamento, deixa o solo exposto a processos erosivos e maior infiltração de água. As copas das árvores também reduzem as variações de temperatura e umidade, minimizando o efeito do intemperismo. A interceptação de água pela vegetação depende do tipo da mesma e sua influência é reduzida ao longo do período de chuvas, podendo até ser desprezível.

Santos (2009) ressalta a importância da floresta natural de encostas como elemento externo único e insubstituível para inibir escorregamentos e processos erosivos, devido:

- Redução da ação direta da precipitação no solo devido à presença de copas e da serapilheira;
- Raízes superficiais e da serapilheira reduzem a ação erosiva das águas de chuva;
- Retenção por molhamento de todo o edifício arbóreo parte da água da chuva que chegaria ao solo;
- Diluição do tempo de acesso das chuvas no solo;
- Retirada de água infiltrada no solo por absorção, e devolução da mesma para a atmosfera por evapotranspiração;
- Efeito de agregação e coesão, e retendo os solos superficiais devido à criação de uma malha superficial e subsuperficial de raízes.

Azevedo (2011) ainda defende a existência de um “efeito frenador” e dissipador de energia dos movimentos de massa, restringindo a extensão de áreas afetadas.

Entretanto, deve-se realizar uma observação quanto à possibilidade da criação de um efeito alavanca por parte dos troncos e das copas de árvores, devido à ação vento nos mesmos, além da sobrecarga que pode ser causada pelo peso da vegetação, de forma a contribuir de forma negativa à estabilidade do talude (GREY e LEISER, 1982 apud AZEVEDO, 2011). Ainda, a presença de matéria orgânica desenvolvida devido à presença de vegetação sob aterros ou em meio a resíduos originados de cortes pode criar uma camada impermeabilizante, a qual impede a impermeabilização da água em camadas mais internas e, devido ao acúmulo de água, favorece a queda da resistência ao cisalhamento do solo.

## **b) Atividade antrópica e urbanização**

A atividade antrópica influencia negativamente a estabilidade de encostas através da mudança de geometria e declividade das encostas, inserção de sobrepeso pela construção de edificações e acúmulo de lixo, e alteração das características vegetais e de infiltração e resistência do solo. Além disso, o descalço de rochas e assentamento de habitações próximo a elas, além da presença de vazamentos de caixas d'água e águas servidas favorecem a desestabilização do maciço. Contudo, se elaboradas obras de contenção e drenagem pertinentes ao uso do respectivo local, é possível aumentar o coeficiente de segurança dos taludes. Tominaga et al. (2009) explicam isso ao afirmar que a ação humana pode ser vista como um agente modificador da dinâmica natural do relevo, influenciando tanto para favorecer ou minimizar a estabilidade de vertentes, e, conseqüentemente, na ocorrência de eventos.

De acordo com Oke (1980 apud Guerra e Cunha, 2001), a urbanização é o processo da conversão do meio físico natural para o assentamento humano, acompanhada de drásticas e irreversíveis mudanças do uso do solo.

As desigualdades e a exclusão sócioespaciais acontecem quando o crescimento urbano não recebe de forma equitativa o investimento em infraestrutura e em acesso aos serviços urbanos. Uma das conseqüências disso é a ocupação irregular de encostas com favelas e assentamentos precários. A população com menos recursos, para construir suas moradias e o acesso a elas, realiza a remoção da vegetação e execução de fundações, cortes e aterros com técnicas inadequadas e sem projetos técnicos. Além disso, pela falta de investimentos em infraestrutura e conscientização da comunidade, verifica-se a deposição de lixo e entulho e sistemas de esgoto e de drenagem ineficientes ou inexistentes. Soma-se a isso, ainda, a elevada densidade populacional, que altera a capacidade de suporte do solo, e a fragilidade das moradias, as quais acarretam no aumento da magnitude e da frequência dos eventos de movimentos de massa (BRASIL, 2006; GUERRA e CUNHA, 2001). Tominaga et al. (2009) sustentam que o aumento de eventos de movimentos de massa tem crescido em encostas urbanas devido à ocupação desordenada de áreas com alta suscetibilidade a escorregamentos. Fernandes e Amaral (1996 apud Tominaga et al., 2009) vêm ao encontro desse pensamento ao defender que os escorregamentos em metrópoles brasileiras são induzidos por cortes para a construção de moradias e vias de acesso, desmatamento, atividades de mineração e lançamento de águas servidas e de lixo. Pode-se acrescentar, ainda, a declaração de Parizzi (2011), que explica que a retirada de horizontes superficiais de solo, os quais apresentam maior resistência e menor erodibilidade, contribui consideravelmente para os

escorregamentos. Esse tipo de solo é usualmente retirado visando a execução de cortes e aterros, e o descarte dessa terra é depositado juntamente com lixo, aumentando o sobrepeso dos taludes e, por vezes, servindo como solo de fundação inadequado para a construção residências.

APPs sem controle por parte dos responsáveis da terra e do Governo também se tornam locais propícios para a ocupação irregular e ilegal. A presença humana nesses locais acaba influenciando a ocorrência de desastres. Atualmente, de acordo com o atual Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), o Artigo 2º descreve, para o interesse deste trabalho, APPs como:

- Encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 metros;
- No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação e
- As áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

O Artigo 6º inclui, ainda, como APP, quando declaradas de interesse social, áreas de floresta ou demais formas de vegetação natural que assegurem condição de bem-estar público, contenham a erosão do solo e mitiguem riscos de enchentes e deslizamentos de terra e rocha. Essas APPs contribuem para a manutenção da cobertura vegetal natural das encostas, permitindo a infiltração de água em lençóis freáticos e reduzindo a ocorrência de enxurradas e deslizamentos.

O poder público, tanto a nível federal, estadual ou municipal, de acordo com o Artigo 70º do Código Florestal têm o poder de proibir ou limitar o corte de espécies e declarar a qualquer árvore imunidade de corte (seja pela sua localização, beleza ou condição de porta-sementes).

Outra saída para desestimular a ocupação de áreas de APP poderia ser a implantação de parques e áreas de uso público.

Diversos estudos foram realizados visando identificar a localização espacial de movimentos de massa e sua relação com a atividade urbana. Nunes et al. (1990) e Nakazawa e Cerri (1990), ambos citados por Tominaga et al. (2009), avaliaram o desastre de Petrópolis (Rio de Janeiro) de 1988, o qual culminou em 171 mortes. Os autores concluíram que mais de 90% dos escorregamentos foram induzidos pela ocupação desordenada das encostas do município. Ainda, Fernandes et al. (1999 apud Tominaga et al., 2009), ao estudar a ocupação de áreas edificadas do Maciço da Tijuca (Rio de Janeiro), assentam que aproximadamente 50% dos 242 escorregamentos registrados no maciço ocorreram em favelas, as quais representam 4,6% da área total do maciço. De acordo com os autores, este fato está ligado ao aumento de intervenções com cortes para a construção de moradias precárias em encostas íngremes no sopé de afloramentos rochosos. No cenário internacional, na região norte de Lisboa (Portugal), Zêzere et al. (1999), concluíram que 484 dos 597 escorregamentos ocorridos, aproximadamente 81%, ocorreram devido à interferência humana direta (desmatamentos, estradas, cultivos) ou indireta (áreas de regeneração), sendo que 20% dos escorregamentos foram induzidos pelos cortes de encostas para a construção de casas e estradas.

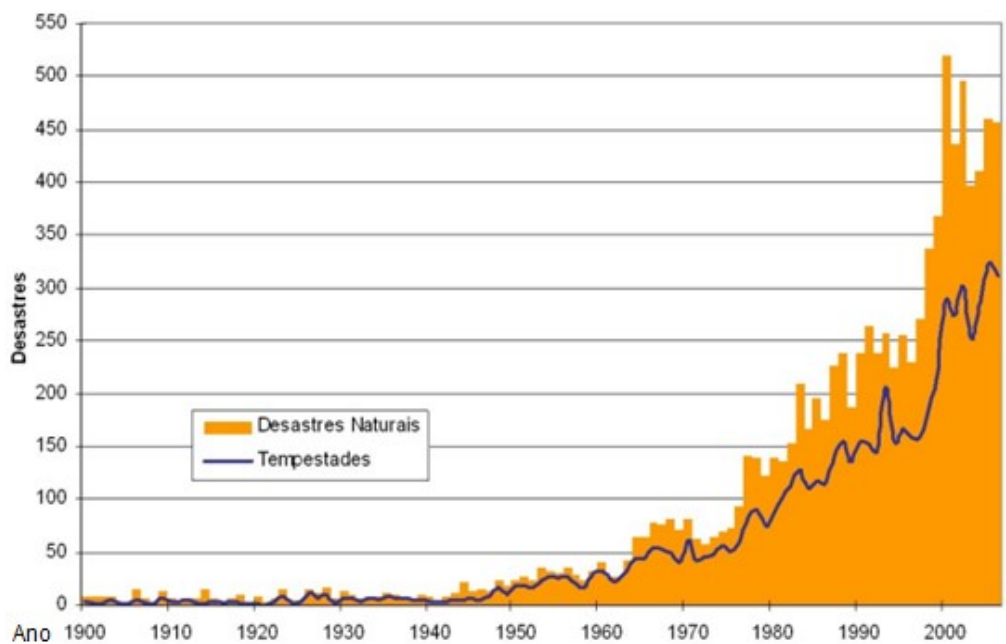
Um estudo recente de Mendes et al. (2018), buscou entender a influência antrópica nos deslizamentos rasos no evento ocorrido em 2000, no município de Campos do Jordão (São Paulo). O artigo explica que o acumulado pluviométrico que deflagrou o evento foi muito menor que os limiares críticos previamente estudados para a região, impedindo a evacuação preventiva da área e resultando na atualização dos valores críticos para o acumulado de 72h na localidade. A metodologia do estudo foca em separar condições de contorno para as influências naturais e antrópicas através da avaliação do coeficiente de segurança de modelos que considerem os efeitos (1) apenas da precipitação, (2) da precipitação e cortes na encosta, (3) precipitação, cortes na encosta e vazamento de tubulações e (4) precipitação, cortes na encosta, vazamento de tubulações e sobrecarga pela presença de edificações. Os modelos foram testados em três geometrias de encostas e condições de contorno diferentes. Os resultados foram bem claros e o estudo concluiu que o evento de 2000 não pode ser atribuído única e exclusivamente aos eventos pluviométricos registrados, por mais significantes que estes sejam. A redução do fator de segurança foi muito mais intensa nos cenários que levaram em conta, além da chuva, a influência da ação antrópica. Assim, pode-se afirmar que a

presença de cortes nas encostas, combinada com a construção de edificações e vazamentos, contribuem significativamente na deflagração de deslizamentos em encostas íngremes e densamente povoadas ao redor de áreas urbanas.

### c) Variações Climáticas e Pluviosidade

Para Nerilo et al. (2002), ao analisarem o regime de chuvas nos últimos anos, é evidente que o estudo das chuvas é determinante para o planejamento urbano à manutenção da qualidade do meio físico natural. As recentes variações climáticas ao redor do mundo, causadas em virtude, por exemplo, do aquecimento global, estão causando a ocorrência do aumento de eventos extremos e de tempestades com precipitações intensas. Grande parte dos eventos de movimentos de massa apresenta relação com episódios de chuva, seja de forte intensidade em curtos períodos ou de intensidades menores em períodos prolongados, normalmente concentrados em alguns meses, como evidenciado na Figura 14.

Figura 14 - Aumento da incidência de desastres e tempestades no mundo de 1900-2006

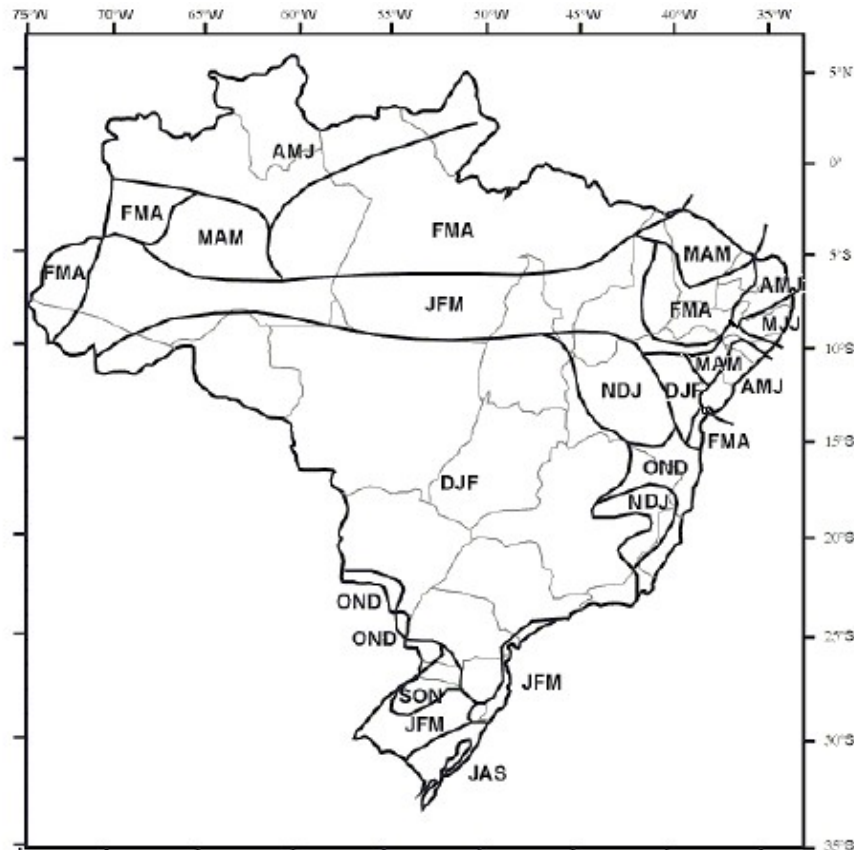


Fonte: Marcelino (2008)

Para Santos (2009), em relação à pluviosidade, esta seria a chave para que solos superficiais se saturem e, junto com a percolação interna da água, enfraqueça as propriedades geotécnicas do solo. Ogura e Macedo (2002) vêm ao encontro dessa afirmação ao afirmar que a chuva é o principal mecanismo deflagrador de escorregamentos em países tropicais como o Brasil, uma vez que os maiores acidentes vistos no País ocorreram no período chuvoso da região, o qual

varia de uma localidade para a outra. Nesse contexto, deve-se atentar para o histórico de pluviométrico acumulado (Figura 15).

Figura 15 – Levantamento do trimestre mais chuvoso no Brasil. As letras correspondem às iniciais dos meses consecutivos mais chuvosos.



Fonte: Ide (2005, modificado de Rao e Hada, 1990, apud Silva Dias e Marengo, 1999)

Citado por Azevedo (2011), Rahardjo et al. (2007) apontam que a magnitude na redução do fator de segurança de uma encosta é diretamente proporcional à grandeza e à intensidade de precipitação. Dessa maneira, quanto mais intenso o evento pluviométrico, mais rápido será o decréscimo do fator de segurança. Azevedo afirma ainda que a instabilidade do talude é favorecida quando a parcela de sucção desaparece, o que ocorre quando o solo encontra-se totalmente saturado. Isso faz com que o lençol freático gere uma poro pressão superior a zero, promovendo a redução da resistência ao cisalhamento. No Brasil, é comum, nas regiões tropicais úmidas, o aumento da incidência de movimentos de massa durante estações chuvosas, normalmente no verão. Isso se dá devido às frentes frias com origem no Círculo Polar Antártico, as quais se encontram com as massas quentes de ar da costa brasileira, resultando em chuvas intensas (Guidicini e Nieble, 1984).



Gariano e Guzzetti (2016) realizaram uma revisão sistemática com 103 estudos, publicados entre 1983 e 2016, quanto aos efeitos e consequências entre alterações climáticas e deslizamentos. Alguns achados dos autores foram os seguintes:

- Dikau e Schorott (1999): impossível estabelecer uma única “lei universal” ou método para analisar a relação entre deslizamentos e clima na Europa, devido à alta complexidade do problema;
- Senatore et al. (2011), Collison et al. (2000) e Comegna et al. (2013): aumento da temperatura do ar aumenta a evapotranspiração da vegetação de encostas, causando um efeito positivo na estabilidade do talude, sendo necessária maior precipitação para a deflagração do evento;
- Cardinalli et al. (2000), Guthrie et al. (2010): o aumento de temperatura favorece o derretimento de neve e ocorrência de eventos de chuva com neve, aumentando o runoff superficial e infiltrando mais água no solo, aumentando a poropressão e reduzindo a resistência ao cisalhamento do material da encosta. Esses fatores normalmente são esquecidos na análise de estabilidade de taludes;
- Glade (2003), Sidle e Ochiai (2006), Wu (2013): o aumento da temperatura pode estimular o crescimento da vegetação, contribuindo para a estabilidade do talude, além de que as raízes da vegetação aumentam a coesão. O aumento da evapotranspiração reduz a taxa de infiltração;
- Sidle e Ochiai (2006), Imaizumi et al. (2015): alterações na temperatura e no regime de precipitação pode produzir ciclos de gelo-degelo seco-úmido mais frequentes, os quais podem perturbar o equilíbrio de encostas;
- Crozier (2010): a duração e velocidade do vento pode alterar a evapotranspiração e, conseqüentemente, a umidade do solo;
- Sidle e Ochiai (2006): o aumento da velocidade do vento pode alterar a posição de raízes, resultando em rachaduras e desprendendo blocos de rocha;
- Imaizumi et al. (2008): deslizamentos e fluxos de detritos são influenciados pela mudança da estabilidade de taludes causado pelo ganho ou perda de força de raízes
- Sidle e Ochiai (2006): o aumento na temperatura média do ar e mudanças na precipitação regional anual são os elementos climáticos cuja variação mais influencia em deslizamentos. Efeitos de alterações climáticas na vegetação, solo, uso da terra e cobertura da terra produzem interações mais complexas em análises de já difícil avaliação;

- Crozier (2010): impactos das mudanças climáticas são pouco relevantes se comparados com perturbações antrópicas;
- Gariano e Guzzetti (2016): a presença humana aumenta ainda mais a incerteza na avaliação de impactos nas mudanças climáticas e
- Gariano e Guzzetti (2016): alterações climáticas afetam o impacto humano em paisagens naturais e ambientes socioeconômicos, o que repercute diretamente na estabilidade de taludes e deslizamentos. Por exemplo, alterações na agricultura ou práticas florestais;

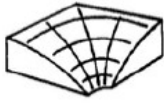

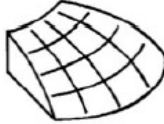

#### **d) Características intrínsecas à encosta e ao meio físico**

As características intrínsecas da encosta e do meio físico relacionam-se aos atributos naturais do material do talude e geometria do mesmo, como por exemplo, declividade da encosta, coesão e ângulo de atrito do solo, hidrologia da região e intemperismo. Em taludes naturais, a própria dinâmica da evolução da encosta pode instabilizar o talude.

Parâmetros como a topografia e declividade do relevo são influentes na distribuição espacial de eventos. Santos (2009) afirma que a partir de inclinações de 30 a 35° as encostas tendem a se mostrar mais susceptíveis e que trechos retilíneos, em geral no terço superior de morros isolados ou espigões, são mais instáveis. Lopes et al. (2011) citam que Fernandes e Amaral (2003) afirmam que escorregamentos ocorrem em declividades acima de 20° e a maior densidade de eventos ocorre entre 21° a 35°, devido à cobertura vegetal e espessuras de solos menores. Para Nott (2006), qualquer ação que torne o ângulo da encosta mais íngreme aumenta a probabilidade ao movimento ou falha da encosta.

Além do fator declividade, o formato da encosta influencia a instabilidade da mesma. Assim, encostas retilíneas tendem a apresentar maiores declividades do que as convexas, sendo são mais suscetíveis a escorregamentos. Encostas convexas normalmente apresentam a água subterrânea mais dispersa devido ao fluxo divergente e as pressões neutras são menores que em outros locais. Já as encostas côncavas tendem a concentrar água de recarga, sendo inclinadas a apresentar elevação do nível freático e a desenvolver pressões neutras mais elevadas, são áreas preferenciais para a concentração de água, havendo uma elevação mais rápida das cargas de pressão, necessitando de menores acumulados para a ocorrência de movimentos (IPT (1994), RENEAU E DIETRICH, 1987 apud VIEIRA, 2011).

Figura 16 – Perfil geométrico de encostas

CURVAS DE NÍVEL	PERFIS	
	PERFIL CONVEXO (encostas de rastejamento)	PERFIL CÔNCAVO (encostas de lavagem)
CURVAS DE NÍVEL CÔNCAVA (encostas coletoras de água)	(A) 	(B) 
CURVAS DE NÍVEL CONVEXA (encostas distribuidoras de água)	(C) 	(D) 

Fonte: Dutra (2011, apud Brasil, 2007)

Parizzi (2011) defende que as características geológicas e geotécnicas de solos e rochas são fundamentais para a deflagração de movimentos de massa. Filitos alterados e depósitos superficiais como tálus e aterros são mais susceptíveis a deslizamentos. Os solos residuais de gnaiss e horizontes do solo do tipo A e B apresentam coesão aparente mais elevada, sendo um pouco mais resistentes. Assim, é preciso atenção no momento da execução de escavações, uma vez que a retirada desses horizontes pode favorecer o aparecimento do horizonte C, usualmente menos resistente. Fernandes e Amaral (1996) destacam que as feições geológicas – fraturas, falhas, foliações e discontinuidades – podem ser consideradas condicionantes. Essas estruturas geram pontos de fraqueza e locais de percolação da água, que podem acelerar o processo de desestabilização do talude. Guidicini e Nieble (1984) afirmam que a percolação irregular no interior de massas rochosas é muito maior que massas terrosas e que o processo de intemperismo no solo é diferente daquele que acontece nas rochas: no primeiro, a alteração pode resultar no adensamento ou cimentação secundária do solo, aumentando sua resistência; no segundo, provoca alteração nas propriedades do material, reduzindo parâmetros de resistência do maciço e sua estabilidade.

Azevedo (2009) cita Aristizábal et al. (2010) e Hengxing et al (2003), onde os autores explicam que quando da ocorrência de períodos chuvosos, as encostas com baixo coeficiente de permeabilidade (inferiores o iguais a  $10^{-6}$  m/s) e formadas por solos homogêneos resistem melhor a chuvas de curta duração (menos de 24h), independente de sua intensidade, em

oposição às chuvas de alta intensidade e curta duração que afetam de maneira determinante a estabilidade de taludes homogêneos com coeficiente de permeabilidade acima de  $10^{-5}$  m/s. O tempo necessário para que a água da precipitação infiltre encostas com baixa permeabilidade é maior e a restauração do fator de segurança é muito lenta, assim a poropressão permanece em valores elevados e sua redução ocorre de maneira lenta, mesmo após o término da chuva. Diferentemente, para perfis com alta permeabilidade, a pressão nos poros decresce juntamente com a diminuição da chuva.

A hidrologia da vertente e sua topografia influenciam na definição de direção de fluxo e da rede hidrográfica do local. Assim, o fluxo superficial e subsuperficial de água, quando direcionarem a mesma para locais com menor coeficiente de segurança, podem gerar planos de ruptura e ser condicionantes de instabilização.

### 2.2.7 Influência da Água

Para entender a importância do papel da água na instabilização de taludes, é necessário rever conceitos básicos de mecânica dos solos e fator de segurança. O fator de segurança foi debatido anteriormente no início da seção 2.2 e relaciona a resistência ao cisalhamento com as forças solicitantes. A resistência ao cisalhamento é a maior tensão, representada pelas forças solicitantes, que um solo, no plano de ruptura do mesmo, pode suportar sem haver ruptura. Essa resistência envolve duas componentes, o atrito e a coesão. Assim, a equação da resistência ao cisalhamento é dada por:

$$\tau = c + \sigma * tg\phi$$

Sendo:  $\tau$  = resistência ao cisalhamento

$c$  = coesão

$\phi$  = ângulo de atrito interno

$\sigma$  = tensão normal ao plano de ruptura

Terzagui definiu que apenas a pressão efetiva, ou seja, a suportada pelos componentes sólidos do solo, é capaz de mobilizar a resistência ao cisalhamento do material, através do contato grão a grão. Sabendo disso, e que a tensão efetiva é dada por:

$$\sigma' = \sigma - u$$

Sendo:  $\sigma'$  = tensão efetiva

$u$  = poropressão

É possível concluir, portanto, que o aumento da poropressão – pressão que se desenvolve na água - reduz a tensão efetiva e, conseqüentemente, a resistência ao cisalhamento do solo. A coesão é representada pelo atrito entre partículas as partículas sólidas e é influenciada pela presença de água nos vazios do solo e sua organização. Dessa forma, a entrada de água no solo reduz a coesão e, conseqüentemente a resistência ao cisalhamento.

Para Tatizana et al. (1987), a distribuição de chuva é importante pois influencia a saturação do solo, linhas de fluxo, subpressão e erosão. A ocorrência de precipitação geralmente está associada com o aumento do risco de movimento de encostas em áreas propensas a tais eventos, uma vez que a água que infiltra no solo reduz a coesão e aumenta a poropressão do material, reduzindo a resistência ao cisalhamento das encostas, e aumentando as forças sollicitantes pelo umedecimento do material.

Para Soares (2006), as precipitações assumem papel de agente de ação progressiva e de ação instantânea. A ação progressiva caracteriza-se pelas alterações na densidade do solo, redução de coesão, aumento do peso do solo e redução da resistência ao cisalhamento.

Ide (2005) baseada em Augusto Filho (1995) e Ogura e Macedo (2002) diz que a instabilização de encostas pela precipitação ocorre pelos seguintes mecanismos:

- Elevação do nível d'água e geração de força de percolação;
- Preenchimento temporário de fendas, trincas, e ou estruturas em solos saprolíticos e rochas, com geração de pressões hidrostáticas e
- Formação de frentes de saturação sem formação de lençol freático, reduzindo a resistência dos solos pela perda de coesão a parente.

Para ABGE (1998), os principais mecanismos de atuação da água como agente na desestabilização de uma determinada massa de material são:

- Elevação do nível piezométrico em regiões com camadas de solo espessa mantendo uma homogeneidade nestas condições, de modo a aumentar a pressão neutra e reduzir à tensão normal efetiva e a resistência ao cisalhamento, podendo levar os taludes à ruptura;
- Elevação da coluna d'água em descontinuidade: Quando o maciço rochoso é pouco fraturado, a distribuição de pressões da água será aleatória ao longo das descontinuidades, de

modo a reduzir as tensões normais efetivas e gerando esforços laterais cisalhantes, contribuindo, em ambos os casos, para a deflagração de escorregamentos nas encostas e nos taludes e

- Diminuição da coesão aparente: A presença de água intersticial em solos, mesmo em materiais perfeitamente não coesivos, como as areias finas e limpas, pode conferir por efeito de pressão capilar, características de materiais coesivos. Como a coesão pode desaparecer completamente após a imersão ou após a secagem, este processo pode levar os taludes à ruptura.

Para Pedrosa (1994), a infiltração se caracteriza por ser um mecanismo que se destaca no processo de instabilidade de encostas provocado pelas chuvas, pois, mesmo com índices pluviométricos baixos, a ocorrência de movimentos pode ser desencadeada em taludes pela infiltração em virtude das condições internas existentes no maciço, como o grau de saturação, teor de umidade, índice de vazios, topografia e geomorfologia e litologia. Nesse sentido, Carvalho (1989) apud Ide (2005) explica que a umidade inicial do material influencia a velocidade de avanço de frentes de saturação. Assim, é mais comum a ocorrência de precipitações que deflagrem movimentos em locais com umidade inicial elevada do que em locais de umidade reduzida. Mendes et al. (2018) destaca que a presença de vazamentos de tubulações contribuem para a saturação do solo, desenvolvendo poropressões positivas mais rapidamente em episódios chuvosos.

Lumb (1975) é assertivo ao afirmar que a causa primária da deflagração de movimentos de massa é a infiltração direta de água da chuva em zonas superficiais de encostas, produzindo uma perda na coesão efetiva, seguida da saturação do solo. O autor ainda diz que o efeito da precipitação depende da capacidade de infiltração do solo e que a melhor prevenção para os eventos é a proteção contra a infiltração excessiva.

Assim, a infiltração é o principal processo que promove a instabilidade de taludes e é definida como a entrada de água a partir da superfície de um solo não saturado e ocorre verticalmente devido às forças capilares e gravitacionais. O fluxo gerado altera as condições de umidade, podendo influenciar nos níveis de lençóis freáticos e na geração de fluxos subsuperficiais.

Existem dois mecanismos de ruptura causados pela infiltração (Collins e Znidarcic, 2004 apud Azevedo, 2011):

- Acréscimo de pressão positiva nos poros, ocasionado pela liquefação do material. Este normalmente ocorre em solos de granulação fina e com baixa infiltração, de forma que a ruptura resulta na diminuição da resistência ao cisalhamento pela perda de sucção;
- Redução de sucção quando o material encontra-se ainda em um estado não saturado em condições de poro pressões negativas, sendo que a massa se comporta como um corpo rígido.

A maior presença de chuvas colabora com a manutenção de umidade nos solos, sendo assim, necessária menor quantidade de precipitação para a deflagração de eventos. A presença de mais água proveniente da chuva aumenta a infiltração e o runoff superficial, intensificando a erosão de taludes.

Por último, destaca-se que é comum que a chuva intensa e prolongada gere deslizamentos extensos e profundos, enquanto deslizamentos curtos e rasos ocorrem mais frequentemente durante episódios de chuvas curtas, porém intensas (NOTT, 2006). Ademais, Santos (2009) confirma que escorregamentos induzidos (com ligação com a interferência antrópica), necessitam de uma intensidade pluviométrica menor para serem deflagrados do que escorregamentos naturais.

### 2.3 PRECIPITAÇÃO

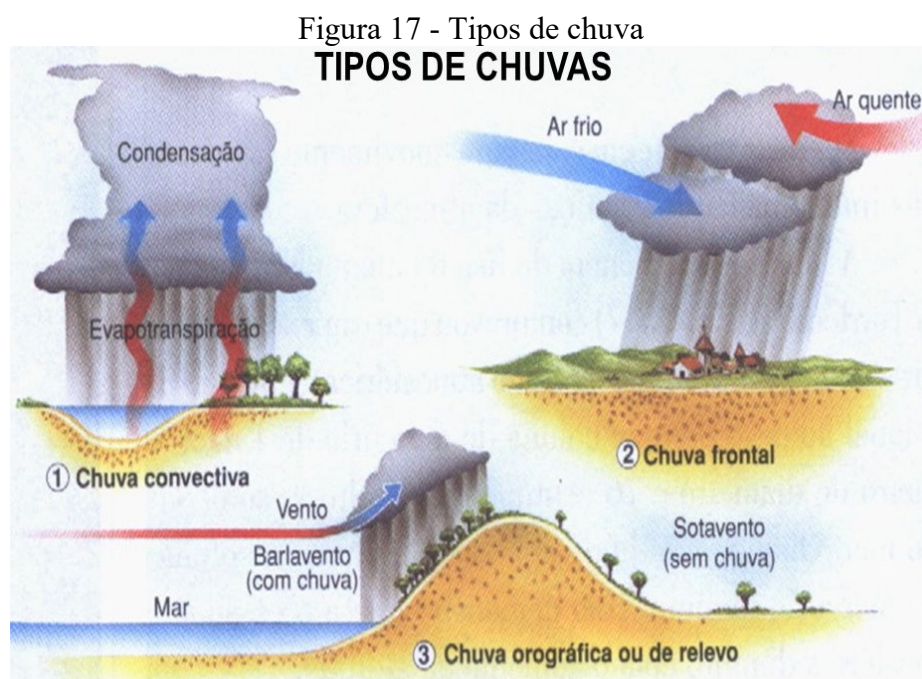
A precipitação é uma das etapas do ciclo hidrológico. É a partir dela que a água evaporada para a atmosfera retorna para a superfície, na forma de chuva, gelo ou granizo, fazendo parte de um movimento contínuo.

Nerilo et al. (2002) definem a precipitação como um fenômeno hidrológico natural aleatório e que não pode ser totalmente previsto. Os autores acrescentam que, da mesma forma que temperatura, insolação e evaporação, esse tipo de evento não acontece de forma totalmente determinística ao longo do tempo ou espaço.

De acordo com o local, relevo, temperatura e maneira que o ar se eleva, a chuva pode ser dividida em (AYOADE, 1998; BUSTAMANTE, 2010):

- Chuva convectiva: o movimento vertical do ar resulta do processo de aquecimento da massa de ar. Durante a subida, as temperaturas baixam e condensam o vapor, formando as nuvens. Geralmente essas chuvas são intensas e de curta duração, ocorrendo de forma mais concentrada e durante o verão, no período vespertino;
- Chuva orográfica: ocorre quando a elevação do ar úmido é causada inteira ou principalmente por um terreno elevado ou outro obstáculo de relevo, dando início a um processo de convecção forçada ao impedir a passagem de ventos quentes e úmidos do mar. O ar é forçado a subir, expandindo-se, formando nuvens e, então, chuva. Essa precipitação ocorre praticamente à barlavento da encosta, enquanto que à sotavento geralmente não recebe chuva. É desse processo que surge a grande incidência de nebulosidade e chuva próxima às altas encostas das montanhas e
- Chuva frontal: associadas a sistemas frontais - de modo geral, frentes frias tendem a ocasionar chuvas intensas, podendo ser acompanhadas de trovoadas, granizos, vendavais e tornados e as frentes quentes originam chuvas de longa duração e de menor intensidade. Se a frente for estacionária a chuva pode permanecer na mesma região por vários dias.

Os tipos de chuva estão representados na Figura 17.



Fonte: Geografando com o Prof. Anderson (2017)



### 2.3.1 Monitoramento

A chuva, tanto em excesso quanto em escassez, pode ser um indicativo da possibilidade da ocorrência de desastres. Dessa maneira, é importante estudar e controlar o comportamento das chuvas em toda a extensão territorial como ferramenta para a redução e gerenciamento de desastres naturais. Kobiyama et al. (2006) destacam que a partir de dados pluviométricos é possível, por exemplo, estabelecer sistemas de alerta, mapear áreas de risco, estimar vazões máximas de cheias e adaptar projetos de barragens, pontes e portos. Santos (2009) afirma, ainda, que a pluviosidade é escolhida como o primeiro parâmetro de monitoramento por ser o agente deflagrador principal dos processos de movimentos de massa e pela facilidade de sua medição. Em áreas urbanas é ainda mais importante o monitoramento das chuvas, uma vez que a precipitação tende a ser maior nesses espaços do que em áreas rurais. Guerra e Cunha (2001) apresentam estudos de Chanhnon (1969) e Jauregui (1984) para evidenciar esse fato. O primeiro estudou efeitos urbanos na precipitação e evidenciou o aumento de até 16% na precipitação anual e nos dias de chuva e o aumento de até 20% nos dias de aguaceiro no verão. O segundo estudou a Cidade do México e concluiu que o incremento das precipitações na área urbana foi acompanhado pelo aumento na frequência de chuvas intensas. Assim, a precipitação tem potencial para causar maiores adversidades imediatas em áreas urbanas.

O volume de precipitação pode ser medido através de estações meteorológicas dotadas de pluviômetros convencionais, automáticos ou semiautomáticos. As estações automáticas apresentam uma memória central conectada com sensores de medição, os quais medem e transmitem informações em intervalos de tempo pré-definidos. As estações convencionais contêm sensores isolados cujas informações devem ser lidas, em intervalos determinados, por um observador responsável e enviadas pelo mesmo ao centro organizador de dados. As estações semiautomáticas medem e armazenam as informações, que devem ser lidas em um painel digital (CEMADEN, 2013; INMET, 2018).

Os pluviômetros realizam a medição da precipitação em milímetros. Uma precipitação de 1mm equivale à acumulação de uma camada de 1L de água em uma superfície horizontal, plana e impermeável de 1m<sup>2</sup>. Essa relação pode ser justificada através da seguinte equação:

$$\frac{1 L}{m^2} = \frac{1 dm^3}{m^2} \Leftrightarrow \frac{(1 dm)^3}{m^2} = \frac{(10^{-1} m)^3}{m^2} = \frac{10^{-3} m^3}{m^2} = \frac{10^{-3} m^2 \cdot m}{m^2} = 10^{-3} m = 1 mm$$

A precipitação é ainda caracterizada por sua duração e por sua intensidade, ou seja, a quantidade de água caída por unidade de tempo, geralmente sendo medida em mm/h.

O posicionamento dos pluviômetros deve ser bem estudado. O equipamento deve estar a uma altura mínima de 1,5m do solo e estar localizado em local sem barreiras, de forma que a água não se perca em obstáculos e a medição seja realizada de forma correta. Além disso, deve-se ter em mente que a precipitação apresenta variabilidades espaciais e temporais, de modo que regiões diferentes apresentem regimes pluviométricos diferentes. Isso significa que, para um mesmo município, é possível encontrar volumes diferentes de chuva para cada bairro e, para conhecer com maior exatidão a quantidade de chuva precipitada, é necessário instalar os pluviômetros em locais que melhor caracterizem cada área de estudo. A Organização Meteorológica Mundial recomenda a distancia de 25 a 30km entre postos de uma rede pluviométrica situada em terrenos planos e de 12,5 a 15km para relevos montanhosos (GANDIN, 1970 apud OLIVEIRA, 2014).

#### 2.4 ESTUDOS DE CORRELAÇÃO ENTRE MOVIMENTOS DE MASSA E PLUVIOSIDADE

Diversos autores estudaram a correlação entre movimentos de massa e pluviosidade. O trabalho de Pichler (1957), tenta relacionar a precipitação com a deflagração de movimentos de massa. O autor considera a chuva intensa que saturou o solo como causa efetiva da ocorrência dos eventos nos morros de Santos. Aliado à causa efetiva, ele ainda sugere a existência de causas básicas, como características geológicas e a ação do homem.

A relação entre pluviosidade e a ocorrência de movimentos de massa é única para cada região e deve levar em consideração todos os aspectos específicos da localidade, incluindo seu relevo, geologia, ocupação do solo e regime pluviométrico. Nesse sentido, Pedrosa (1994) relaciona como principais parâmetros a precipitação horária, diária ou antecedente associada ao número de deslizamentos ou aspectos do talude, como geomorfologia, hidrologia e umidade do solo. Aristizábal et al. (2010) destacam que parâmetros como a chuva total (acumulada), a chuva antecedente ao evento e a duração e a intensidade de chuva, ou uma combinação desses, são os mais frequentemente investigados e de natureza mais comum.

Soares (2006) agrupou em categorias os métodos que estabelecem a relação entre pluviosidade e deslizamentos, podendo ser:

- Correlação da precipitação com probabilidade de deslizamentos;
- Modelos matemáticos para previsão das variações de nível d'água do solo local;
- Conjugação de mapas cartográficos de ocorrência de deslizamentos com mapas de isoietas;
- Instalações de instrumentos de monitoração dos parâmetros do solo (inclinômetros, piezômetros) conjugados com instrumentos meteorológicos (pluviômetros) e
- Modelos utilizando mineração de dados para aplicação na previsão de deslizamentos ocasionados por precipitação de chuva;

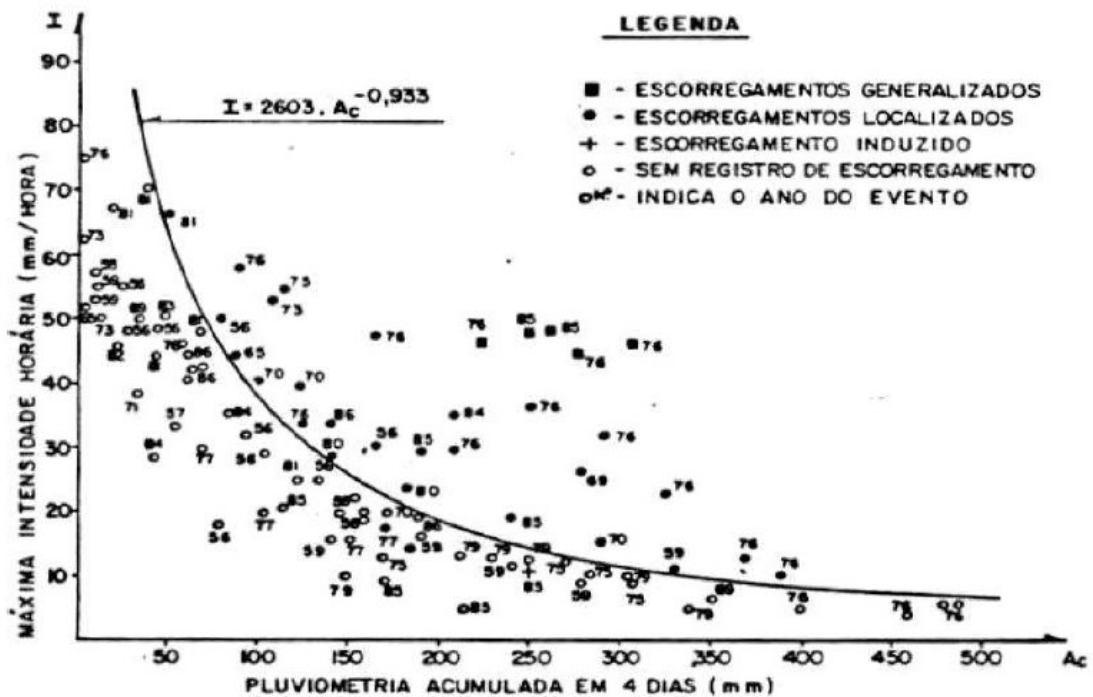
Ainda não existe um consenso sobre qual o método mais adequado a ser utilizado, uma vez que cada método deve levar em consideração o, tipo, a quantidade e a qualidade de dados disponíveis, tanto de precipitação quanto do histórico de ocorrências. Em geral, a maior parte dos trabalhos para áreas de estudo como a do município de Florianópolis se concentram no primeiro grupo, utilizando dados empíricos de séries históricas e inventário de deslizamentos e/ou estudos estatísticos, definindo gráficos que dividem áreas de probabilidade de ocorrência ou não de eventos. Usualmente, esse método de trabalho tem apresentado resultados satisfatórios e colaborado com ações de prevenção. Além disso, é um modelo de mais fácil aplicação, se comparado, por exemplo, à criação de modelos matemáticos de processos físicos que dependem de muitos parâmetros de entrada, como dados hidrológicos, geológicos, morfológicos, entre outros.

O fato de ter sido descoberta essa “equação pluviométrica” para a ocorrência de escorregamentos permitiu a adoção de sistemas de defesa civil que, ao detectar a iminência de se configurar o referido histórico pluviométrico crítico, emitem um sinal de estado de alerta que proporciona a interdição de vias, a evacuação de populações em áreas críticas, o isolamento de sistemas industriais e de transporte de combustíveis, etc (Santos, 2009).

Um dos trabalhos pioneiros e de grande importância sobre esse assunto é de Tatizana et al. (1987a,b). O trabalho analisa escorregamentos na Serra do Mar (Cubatão) durante 30 anos, determinando a correlação numérica entre eles e a chuva acumulada da região. A conclusão foi de que chuvas acumuladas de 4 dias representam melhor a influência da precipitação na ocorrência desses fenômenos, considerando que esse acumulado é capaz de desestabilizar o

terreno devido alterações na resistência ao cisalhamento e aumento de esforços solicitantes (Figura 18). Foram estudados 35 eventos durante períodos de chuva acumulada de 2, 3, 4 e 8 dias. Os autores desenvolveram um valor para uma constante denominada “K”, a qual representa escorregamentos induzidos, escorregamentos generalizados ou corridas e se relaciona com a intensidade horária da chuva do evento, com o acumulado de 4 dias antes e uma constante “b”, de valor -0,933, referenciando-se a relação geométrica da encosta (características geotécnicas e condições climáticas do local). Ainda, há o estabelecimento do Coeficiente de Precipitação Crítica, o qual mede a susceptibilidade de deslizamentos de acordo com a evolução da precipitação, relacionando a intensidade horária em determinada hora e a intensidade horária crítica para a ocorrência de deslizamentos induzidos.

Figura 18 - Envoltória elaborada para a Serra do Mar

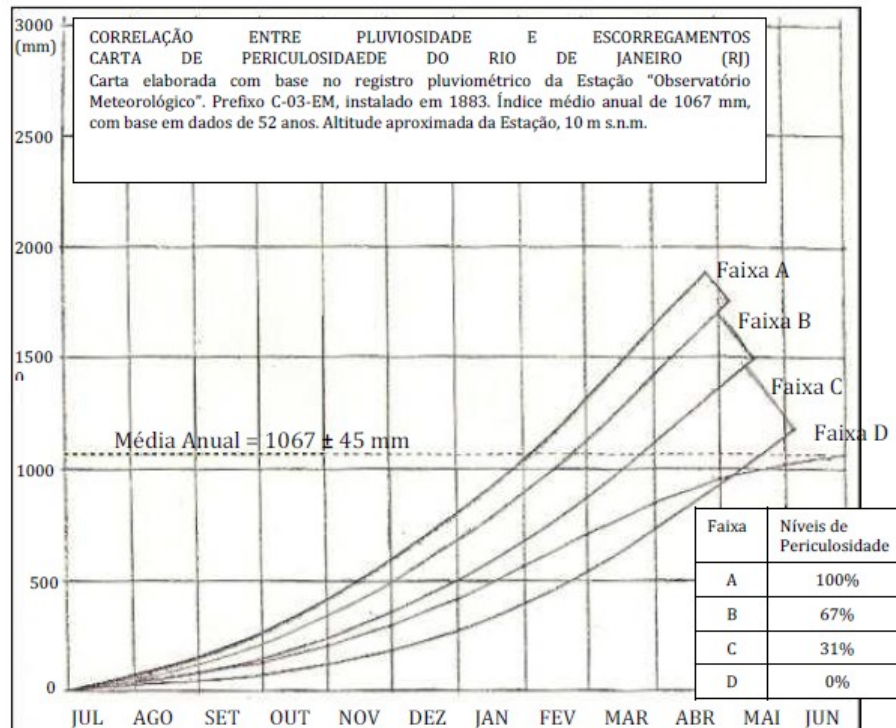


Fonte: Tatizana et al. (1987a,b)

Guidicini e Iwasa (1976) selecionaram precipitações acumuladas de 3, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias para analisar 101 casos de precipitação em 9 locais no Brasil, como em São Paulo Rio de Janeiro, Ceará, Minas Gerais e Tubarão, definindo as “Cartas de Periculosidade” para cada área estudada (Figura 19). As cartas associam a curva acumulada de pluviometria (média anual) com 4 faixas que correspondem aos percentuais de previsibilidade de ocorrência de 100%, 50%, 33% e 0%. Entre as conclusões do estudo, tem-se que o acumulado pluviométrico até 72h antes do evento são bem característicos para analisar o provável risco; índices de pluviosidade entre 12 a 20% da média de pluviosidade anual entre 24 e 72h antes

do evento tendem a deflagrar escorregamentos e acima do valor de 20% existe a tendência de eventos catastróficos; índices entre 8 e 12% da pluviosidade média anual entre 24 e 72h só geram escorregamentos se a condição do meio for influenciada pelo histórico de pluviosidade recente do local, de forma a apresentar maior umidade e saturação do solo; e índices abaixo de 8% da pluviosidade média anual não estão associados com a ocorrência de escorregamentos.

Figura 19 - Carta de Periculosidade do Rio de Janeiro (RJ)

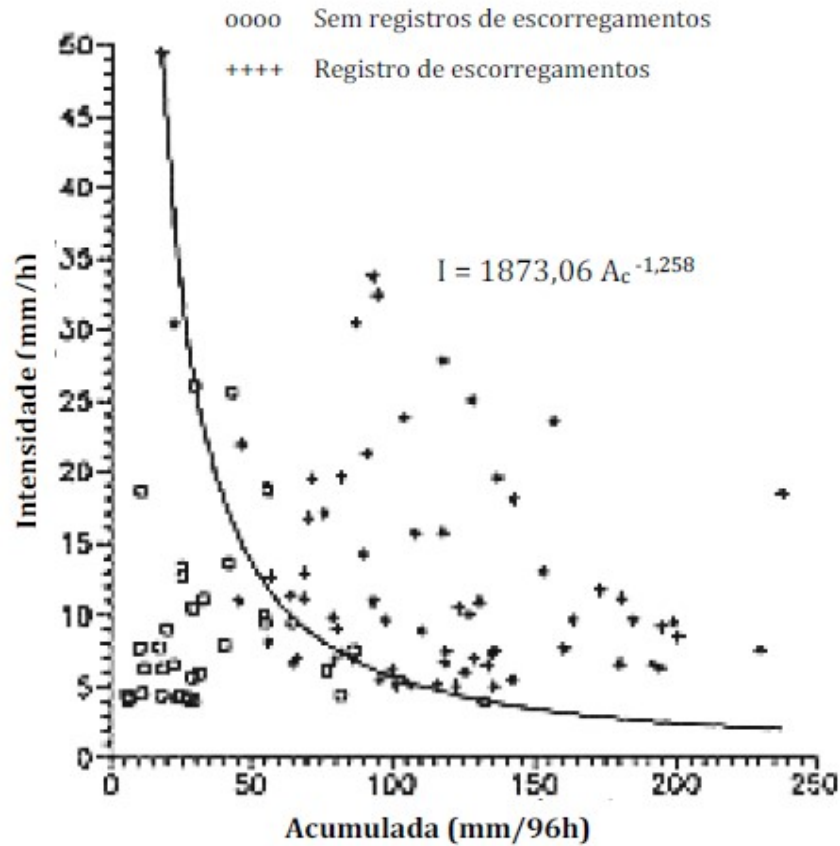


Fonte: Guidicini e Iwasa (1976)

Salaroli (2003) apud Silva (2014) apresenta análises para o município de Vitória (Espírito Santo). Através de dados pluviométricos e de movimentos de massa entre os anos de 1999 a 2001. A autora definiu que os eventos tendem a ocorrer para índices de pluviosidade acima de 150mm da pluviosidade média anual e, além disso, que precipitações contínuas acima de 106,9mm são altamente favoráveis à deflagração de movimentos de massa na cidade. A autora também concluiu que precipitações acumuladas de 4 dias indicaram a melhor correlação.

Elbachá et al. (1992) estudaram a região da Bacia do Camarajipe, Salvador e concluíram que a melhor correlação para a região é encontrada em acumulados de 4 dias de chuva, com um valor acumulado a partir de 120mm/4 dias (Figura 20).

Figura 20 – Envoltória elaborada para a Bacia do Camarajipe



Fonte: Elbachá et al. (1992)

Almeida et al. (1993), em Petrópolis (Rio de Janeiro), estudaram a relação entre acumulados de 1, 2, 3, 4 e 5 dias, definindo que a melhor a relação acontece entre a chuva acumulada de 4 dias.

Xavier (1996) analisou movimentos de massa em Belo Horizonte entre 1990 e 1995. Para o local, o autor definiu que acumulados de 30mm/24h e 50mm/48h são os mais característicos para a deflagração de deslizamentos.

Parizzi (2004) estudou Belo Horizonte (Minas Gerais) e definiu que a presença de escorregamentos generalizados ocorrem em todas as litologias da região para altos índices pluviométricos em poucas horas.

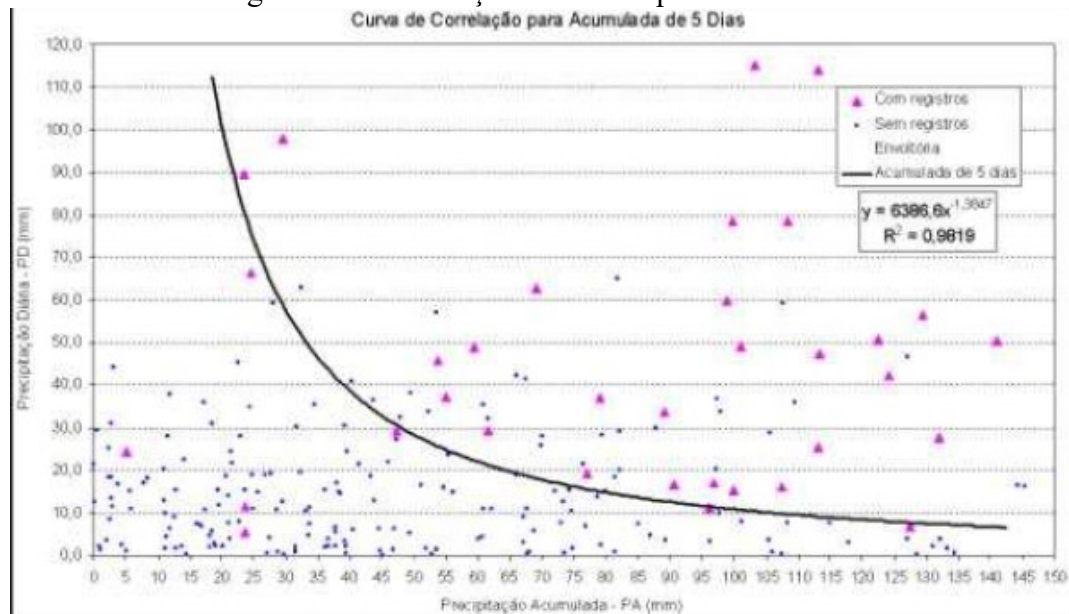
Ide (2005) concluiu que, para Campinas (São Paulo), os escorregamentos são mais prováveis, em áreas cristalinas, para índices pluviométricos acumulados a partir de 78mm/7 dias.

Costa Nunes (1982) estudou rodovias brasileiras e definiu que a intensidade pluviométrica de 40mm/h é capaz de deflagrar deslizamentos. Vargas (1986) também analisou rodovias brasileiras e sua conclusão caracterizou a intensidade de 50mm/h como desencadeadora de movimentos de massa.

Almeida e Nakazawa (1991) estudaram a região de Petrópolis, no Rio de Janeiro, e definiram que, para uma chuva acumulada de 4 dias, uma pluviosidade maior que 30mm demonstra a possibilidade de escorregamentos.

Castro (2006), em Ouro Preto (Minas Gerais), afirma que precipitações acumuladas de, no mínimo, 22mm/5 dias podem originar o início de algum movimento. Para 128mm/5 dias a autora define ser um nível de atenção, ou seja, é um valor acumulado que pode proporcionar grandes quantidades de acidentes (Figura 21).

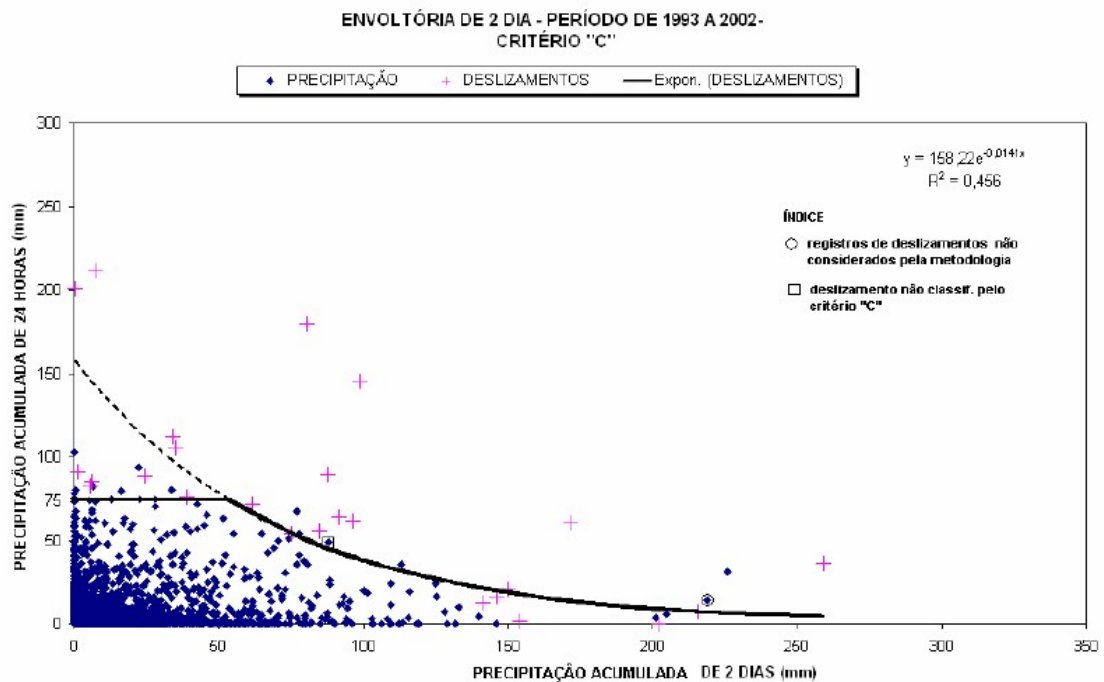
Figura 21 – Correlação elaborada para Ouro Preto



Tavares et al. (2004) estudaram o litoral norte de São Paulo e concluíram que a movimentação de massa é deflagrada, majoritariamente, por chuva acumulada a partir de 120mm/72h. Alguns eventos foram deflagrados com chuva entre 80 e 119,9mm/72h. Abaixo desses valores, os autores indicam como causas a ação antrópica direta ou presença de precipitação intensa antes das 72h de estudo. Os autores também ressaltam a maior ocorrência de eventos do começo ao final do verão, inferindo que a saturação do solo, dada pela ocorrência de chuvas antecedentes, é fator determinante no aumento da suscetibilidade das encostas.

Soares (2006), baseando-se na metodologia de Tatizana et al. (1987a, b) definiu um limiar de 75mm em um dia para que precipitação e deslizamento fossem considerados como uma relação de causa e efeito em Angra dos Reis. A autora ainda destaca que acumulados de 1 a 5 dias são os que melhor representam a correlação e que a envoltória de 2 dias é a que melhor separa dados de precipitação com e sem deslizamentos (Figura 22).

Figura 22 - Envoltória elaborada para Angra dos Reis



Fonte: Soares (2006)

Soares e Filho (2014), na cidade de João Pessoa (Paraíba), concluíram que, para a precipitação acumulada de 7 dias, a ocorrência de movimentos pode se dar por chuvas acumuladas de 50,0mm relacionadas com chuvas diárias de 150,0mm e chuvas acumuladas de 150,0mm relacionadas com chuvas diárias de 50,0mm. Soares (2006) destaca que essa análise permite concluir que os índices pluviométricos acima de 250mm a 300mm diários são suficientes para gerar movimentos de massa e que valores diários acima de 20% da média anual favorecem grandes eventos de escorregamentos.

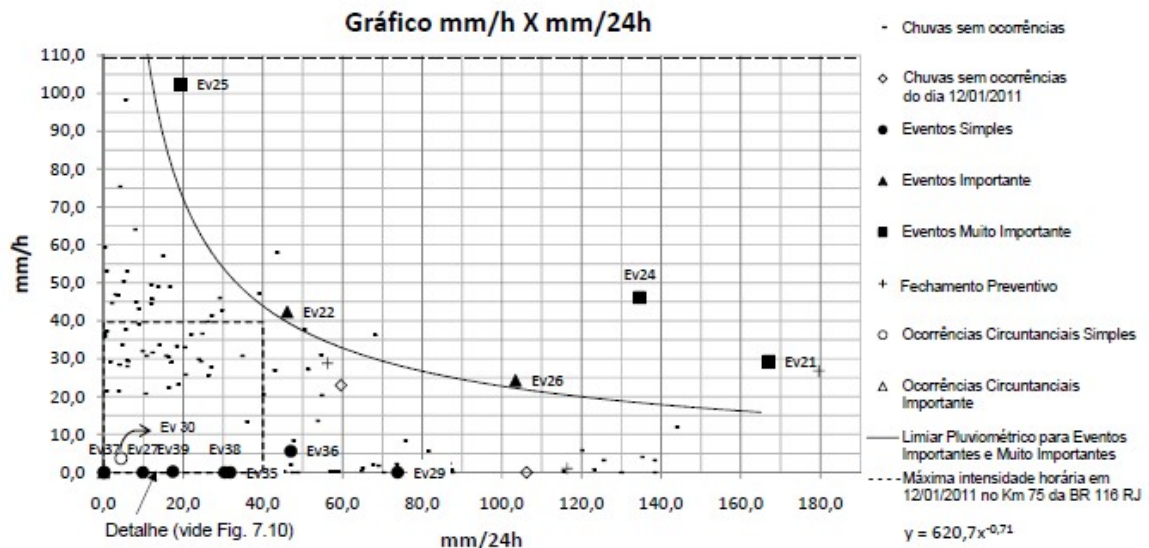
A Fundação Instituto de Geotécnica, Rio de Janeiro, baseando-se na metodologia de Tatizana et al. (1987a, b) e GEO (1996), criou um sistema de alerta de chuvas visando à previsão de desastres em função das chuvas acumuladas em 4 dias e faz análises de correlações diárias e



hoárias (mm/h, mm/24h, mm/h x mm/96h e mm/24h x mm/96h). O sistema conta com o monitoramento automáticos de pluviômetros ao redor da cidade em intervalos de 15 minutos e com a elaboração do inventário de deslizamentos ocorridos, de forma a calibrar os modelos e permitir o alerta constantemente. O valor de precipitação crítica horária definido é de 50mm. Atualmente, o resultado dessas análises são disponíveis para a população em tempo real e online ou via aplicativo de celular, através de alertas do sistema Alerta Rio, informando 4 níveis de probabilidade de escorregamentos e 3 níveis de condição de chuvas.

d’Orsi (2011) analisou a Serra dos Órgãos (Rio de Janeiro) e definiu como melhor correlação a encontrada para a intensidade horária pluviométrica acumulada em 24h e gerou um gráfico mm/h x mm/24h para representar a correlação. O autor explica que esse fato provavelmente se dá pelas características da região, que apresenta camadas de solo espessas e de rápida velocidade de percolação, além de altas encostas de alta declividade e maciços muito fraturados (Figura 23).

Figura 23 – Correlação elaborada para a Serra dos Órgãos



Silva (2014) definiu como valor mínimo de precipitação acumulada para provocar os acidentes geológicos-geotécnicos na região do Alto Ribeirão do Carmo o de 48,2mm em 6 dias. O valor definido como nível de atenção, ou valor com maior probabilidade de ocorrências de escorregamentos, foi de 129mm/6 dias. Para Ouro Preto foram considerados os valores 54,1mm/6 dias e 151,4mm/6 dias, respectivamente, como valores mínimos e de atenção.

Feijó et al. (2001) também analisaram o Rio de Janeiro e determinou que, em média, os eventos de deslizamentos ocorrem quando há precipitação de aproximadamente 30mm/h, 70mm/24h e 100mm/96h.

No contexto internacional, Lumb (1975) realizou análises para a pluviosidade acumulada relativa média anual nas áreas urbanas de Hong Kong e da Península Lowloon, concluindo que a ocorrência de desastres depende da relação de chuva acumulada a partir de 100mm/24h e 200mm/15 dias. O autor ainda criou categorias de risco em função do número de deslizamentos, das condições de estabilidade do maciço e da precipitação acumulada em 15 dias. Brand (1984 e 1989) também estudou a cidade de Hong Kong e definiu um critério de advertência de acordo com a intensidade horária 24h antes da ocorrência de um evento, além de caracterizar duas categorias de risco para precipitações em 1h e 24h.

Existem alguns trabalhos voltados especificamente para Santa Catarina. Rieckmann et al. (2005) estudaram a relação entre precipitação acumulada em 7 dias e deslizamentos em Blumenau. O Laboratório de Transportes e Logística, redigiu o Relatório Parcial do Plano de Adaptação de Rodovias Federais a Desastres Naturais e Desastres Naturais Recorrentes (2016), apresentando, para a Serra de Corupá, a correlação para 4 dias de chuva acumulada e ocorrência de deslizamentos de massa. Michel et al., utilizando a ferramenta SHALSTAB, avaliou eventos pluviométricos na bacia do Rio Cunha, definiu classes de estabilidade ao local e supõe 4 prováveis relações pluviométricas para deflagrar os eventos: 1.042 mm em 69 dias; 533 mm em 28 dias; 216 mm em 8 dias; 167 mm em 3 dias. Vieira (2004) estudou a subbacia do Ribeirão Araranguá (Blumenau) e indicou que acumulados de 50mm/3 ou 4 dias são mais propensos a gerar movimentos de massa, especialmente nos meses de março e outubro.

O Plano Municipal de Redução de Riscos de Florianópolis (PPMR) estabelece que devem haver vistorias periódicas nos setores de riscos identificados no Plano. Além disso, estabelece o Valor Acumulado de Chuvas (VAC), o qual determina que a possibilidade da ocorrência de deslizamentos para todo o município está estimada em 100mm de chuva em 72h. Contudo, o Plano ressalta que o valor é de referência e não preciso, e é necessário realizar estudos individuais para cada região. A Figura 24 exhibe os critérios de intensidade de chuva e procedimentos indicados para o momento.

Figura 24 - Plano Preventivo de deslizamento do PPMR

Nível	Critério de entrada	Procedimentos Básicos
<b>Observação</b>	Início da operação do plano.	Conscientização da população das áreas de risco, monitoramento pluviométrico e acompanhamento da previsão meteorológica.
<b>Atenção</b>	Acumulado > 30 mm no período de 72 horas e previsão de continuidade das chuvas na região.	Realizar vistorias de campo, advertir as secretarias municipais e demais integrantes do Sistema Municipal de Proteção e Defesa Civil.
<b>Alerta</b>	Acumulado > 100 mm no período de 84 horas ou previsão de chuvas que ultrapasse este valor.	Remoções em situações em que é possível prever acidente observado pelas vistorias de campo (setores do risco Alto e Muito Alto), acionamento do alerta comunitário, monitoramento pluviométrico, acompanhamento da previsão meteorológica.
<b>Alerta Máximo</b>	Previsão > 150 mm no período de 84 horas ou previsão de chuvas que ultrapasse este valor ou constatação da necessidade de apoio de instituições estaduais e/ou federais.	Avaliar a necessidade da retirada da população das áreas de risco em todos os setores de risco identificados no plano, monitoramento pluviométrico, acompanhamento da previsão meteorológica.

Fonte: Prefeitura Municipal de Florianópolis (2014)

O Município de Blumenau (Santa Catarina) desenvolveu o sistema AlertaBlu, no qual informa à população a condição do nível do rio Itajaí-Açu, condições de chuva e probabilidade de escorregamento para diferentes regiões da cidade. Os índices críticos estipulados pelo sistema para a possível ocorrência de deslizamento estão na Figura 25.

Figura 25 - Índices críticos do AlertaBlu

Índices Críticos			
Critérios pluviométricos para determinação da probabilidade de escorregamentos.			
	Média	Alta	Muito Alta
Acumulado em 1h	10mm/h a 30mm/h	30mm/h a 50mm/h	> 50mm/h
Acumulado em 24h	50mm/24h a 100m/24h	100mm/24h a 150m/24h	> 150mm/24h
Acumulado em 168h	100mm/168h a 150m/168h e 40mm/h	150mm/168h a 210m/168h e 40mm/h a 80mm/h	> 210mm/168h e > 80mm/h

Adaptado de: Pinheiro et al. (2005); AlertaRio (2013)

Fonte: AlertaBlu (2018)

#### **2.4.1 CEMADEN e Projeto GIDES**

Em 2011, devido ao grande número de perdas de correntes de desastres em todo o território brasileiro, o Decreto Presidencial nº 7513 determinou a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta a Desastres Naturais (CEMADEN), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). O objetivo do Governo Federal era desenvolver um programa multissetorial voltado à gestão, monitoramento, alerta, articulação, resposta e mobilização a desastres naturais, com intuito de reduzir a vulnerabilidade social, ambiental e econômica (CEMADEN, 2018).

O CEMADEN conta com a parceria de diversas instituições e mantém uma rede com instrumentação meteorológica, hidrológica e geotécnica, a qual serve de insumo para o desenvolvimento de alertas para preparar as Defesas Civas dos 957 municípios monitoradas para eventuais desastres. O Centro também realiza eventos voltados à conscientização e educação sobre desastres naturais da população.

O Projeto de Fortalecimento de Estratégias Nacionais para a Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais (Projeto Gides) foi uma colaboração entre o Governo Brasileiro e o Governo Japonês com o objetivo de auxílio ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de políticas públicas e metodologias de gerenciamento de desastres vinculados a movimentos de massa. Entre as competências do CEMADEN dentro desse Projeto, estão a delimitação de áreas alvo para a emissão de alertas, coleta de dados para subsídios das metodologias, elaboração de manual técnico e protocolos de emissão e transmissão de alertas, definição de valores de referência para o envio de alertas e experimentação e melhoria das metodologias. Os municípios piloto para testes foram Nova Friburgo, Petrópolis (RJ) e Blumenau (SC) (CEMADEN, 2018).

Até o momento da escrita deste trabalho, a Secretaria de Defesa Civil iniciou o diálogo com o CEMADEN quanto ao desenvolvimento de limiares críticos de precipitação através da metodologia desenvolvida pelo Projeto Gides para municípios críticos de Santa Catarina, incluindo Florianópolis e os dados deste trabalho estão servindo de insumo para a elaboração do modelo.

### 2.4.3 Agroconnect

O Agroconnect é uma plataforma online desenvolvida pelo Centro de Informações e Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM). A plataforma utiliza estações meteorológicas espalhadas pela região sul do Brasil para disponibilizar mapas atualizados indicando:

- Variáveis meteorológicas, como temperatura, pressão atmosférica, precipitação e vento;
- Índices agrometeorológicos, como balanço hídrico e geadas; alertas meteorológicos de última hora;
- Alertas meteorológicos de última hora, como precipitação na última hora, risco de deslizamento e velocidade média do vento em 10 minutos e
- Outros produtos, como climograma da região, fotos e informações da estação e previsão meteorológica.

Visando o tema da pesquisa, foram recolhidas informações quanto à implantação e metodologia do sistema de alerta de risco de deslizamento no Agroconnect com o Dr. Hamilton Vieira (EPAGRI/CIRAM).

A metodologia utilizada é a mesma para todas as estações disponíveis, baseando-se na definição de uma correlação numérica entre a precipitação acumulada em 96h e 24h em Timbé do Sul no ano de 2005 a 2007. Essa região foi escolhida devido ao alto índice de desastres que ocorrem na região. Devido à ausência de dados quanto datas da ocorrência de deslizamentos, foi calculada uma regressão exponencial com dados que visualmente indicavam possível alerta. As quantidades acumuladas de chuva selecionadas para a correlação estão na Tabela 2. Os pares de dados estão representados pelos pontos verde na Figura 2626, onde também estão plotados outros pares de dados em que houve ou não a ocorrência de deslizamentos para os anos de 2005 a 2007.

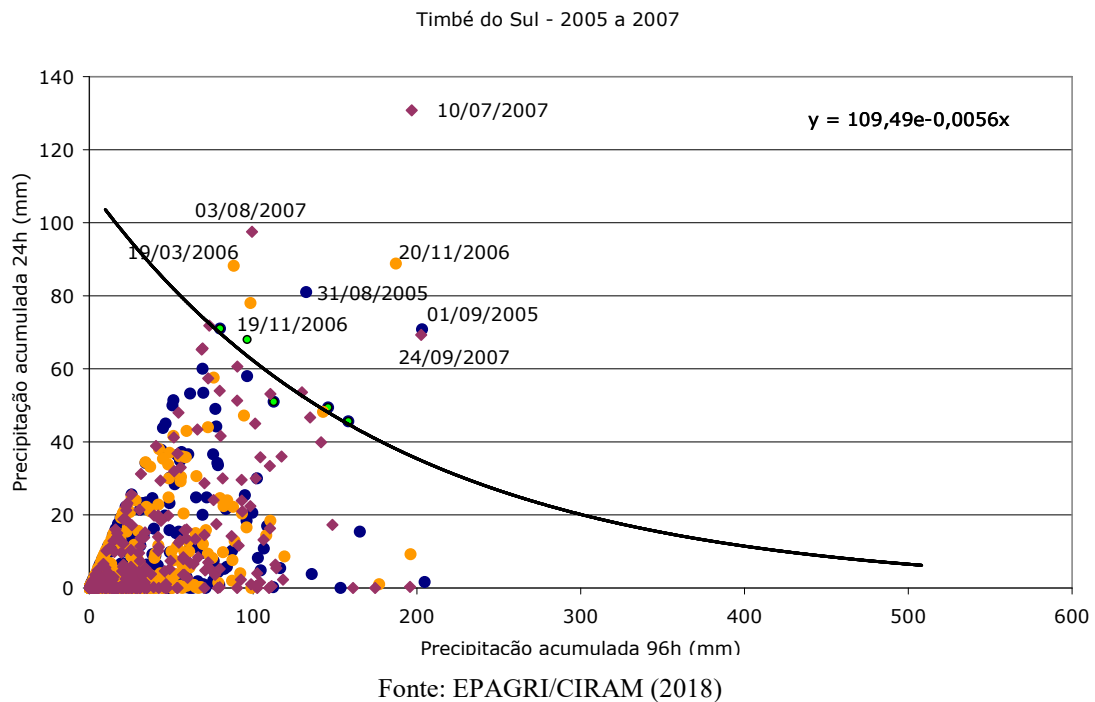
Tabela 2 - Valores utilizados para elaboração da correlação

96h (mm)	24h (mm)
79,8	71,0
96,4	68,0
112,6	51,0

145,8	49,4
158,2	45,6

Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2018

Figura 26 - Correlação entre pluviosidade e movimentos de massa do AgroConnect



A linha de tendência foi gerada com base nos pontos verdes previamente mencionados. A expressão resultante é dada por:

$$Y = 109,49 e^{-0,0056x}$$

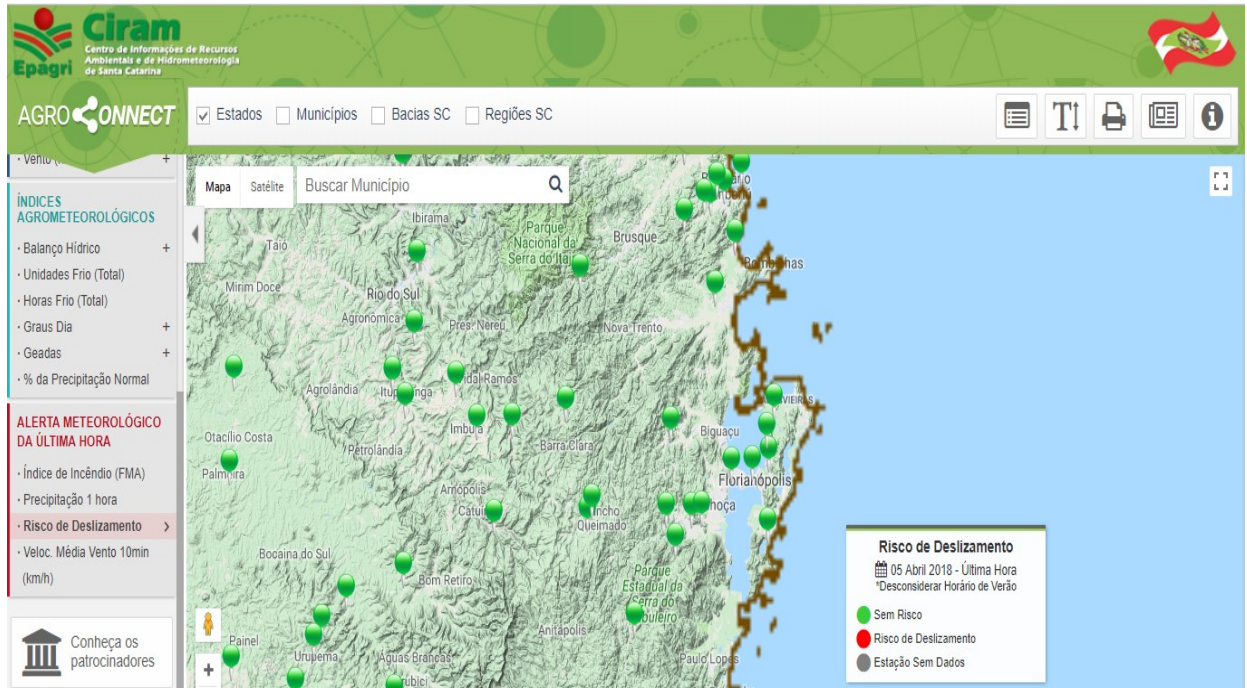
- Onde x é a quantidade de precipitação acumulada em 96h e y a precipitação acumulada em 24h.

O sistema realiza o cálculo com base nas informações de precipitação registradas em cada estação e determina se existe ou não o risco de deslizamento. Dessa forma, quando o par de dados resultarem em um ponto acima da curva gerada, haverá o risco de deslizamento e deve ser emitido alerta via e-mail.

Na plataforma online (Figura 27), é possível encontrar o resultado da equação na última hora para cada estação, além de apresentar uma representação visual, na qual cada estação é

representada através de uma “bolinha”: quando não há risco de deslizamento, o símbolo é da cor verde, quando há risco de deslizamento cor torna-se vermelha e quando não há dados da estação, mantem-se a cor cinza.

Figura 27 - Tela do AgroConnect



Fonte: Agroconnect (2018)

O Sistema tem conseguido alertar de forma satisfatória a possibilidade de ocorrência de deslizamentos, especialmente em áreas de corte em estradas e na Serra do Rio do Rastro, porém, reforça-se que, para um alerta adequado e de maior confiabilidade, é necessária uma análise individual e particular de cada área de interesse, visando contemplar suas características únicas.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES QUANTO À APLICAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A fim de evitar os danos causados por desastres sócioeconômicos, a atuação do Governo deve ser presente e respeitada pela população através de políticas públicas fortes e constantemente atualizadas, as quais devem ser aplicadas tanto em áreas já habitadas quanto em desenvolvimento, levando em conta as características do local e as atividades desenvolvidas no mesmo.

Schuster e Kockelman (1996) apud DeGraff (2012) identificam 4 meios de redução de riscos contra deslizamentos:

- Restrição do desenvolvimento em áreas propensas a deslizamentos;
- Desenvolvimento de normas quanto à escavação, paisagismo, cortes e aterros e construção;
- Incorporação de medidas físicas para prevenção ou controle de deslizamentos em projeto e
- Estabelecimento de sistemas de alerta quanto à ocorrência de movimentos de massa.

DeGraff (2012) elenca ações comuns para a redução de deslizamentos em áreas urbanas e rurais:

- Zoneamento: designação de uso da terra de acordo com categorias. Exemplos: delimitação de áreas de risco para habitação e delimitação de locais para atividades extrativistas de madeira sem susceptibilidade a deslizamentos;
- Restrições de uso: designação de atividades permitidas para cada área e descrição das condições associadas para a sua permissão. Exemplos: requerimento de laudos documentando possíveis riscos para a construção e a mitigação para os mesmos e requerimento de laudos de alteração de condição de susceptibilidades a movimentos de massa antes e depois da atividade extrativista;
- Manutenção da estabilidade da área: obras visando a manutenção da estabilidade do talude a longo prazo. Exemplos: muros de contenção, drenagens e outras medidas geotécnicas e de engenharia e
- Políticas de desenvolvimento em encostas: considerar aspectos geológicos e suplementar o zoneamento. Exemplos: agrupar construções em áreas mais estáveis, requisitos para garantir a segurança e operação de fornecimento de água e energia.

Pra Kobiyama et al. (2006), quando já existem ocupações em áreas suscetíveis a desastres, a criação de um sistema de alerta pode auxiliar na redução dos danos e prejuízos. Isso deve ser feito através do monitoramento dos principais fatores causadores dos desastres, constante alimentação com esses dados de modelos capazes de simular os fenômenos em tempo real. Dessa forma, quando o modelo indicar a ocorrência de uma situação crítica, inicia-se o processo de alerta e retirada da população do local de risco. Os autores acrescentam ainda que são instrumentos de extrema importância para políticas públicas uma vez que permite que a comunidade seja informada da ocorrência de eventos extremos e minimize os danos materiais e humanos.



Nesse contexto, o sucesso na redução de riscos de desastres está na pauta, de forma geral, na criação de guias para elaboração e execução de projetos, na revisão constante de legislações, zoneamento de áreas, sistemas de alerta e mapas de risco, educação da população e criação de grupos de ação na comunidade, e na participação ativa de geólogos, engenheiros, investidores, projetistas, políticos e população em geral. Di Martire et al. (2012) defende que as novas legislações não devem se ater apenas a soluções estruturais e físicas contra movimentos de massa. No lugar disso, autoridades locais e nacionais devem reforçar o controle territorial, obrigando a população a respeitar legislações existentes e enfatizar o papel de soluções alternativas e não estruturais.

O realocamento da população em área de risco visando o cumprimento dos zoneamentos também é importante. Essa ação não pode ser feita sem planejamento e deve respeitar tanto as possibilidades do Estado quanto às características e expectativas da população a ser realocada. Não adianta enviar essas pessoas para locais afastados, que não comportem a família, que dificultem sua adaptação ou não estejam de acordo com a realidade financeira da mesma. A população deve atender às regulamentações e decisões do Estado, porém, em contrapartida, o mesmo deve prestar auxílio para definir a melhor solução de moradia e ocupação para seus habitantes.

DeGraff (2012) afirma que apenas quando as atividades e comportamentos da população em zonas de risco se alterarem, de modo que as perdas devidas a um evento de deslizamento diminuirão ou serão inexistentes e que o maior dilema em transformar as informações obtidas através de estudos científicos e mapeamentos de áreas de risco em legislações e políticas públicas está na dificuldade de incorporar a incerteza intrínseca a esses tipos de estudo em uma linguagem escrita e sem abertura a diferentes interpretações e, ainda, levar em conta o contexto econômico, cultural, político, ambiental e social da região. Nesse momento, cabe ressaltar a Lei nº 12608, de 10 de abril de 2012, a qual institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e afirma, no Art. 20, Parágrafo 2º, que “a incerteza quanto ao risco do desastre não constituirá óbice para a adoção das medidas preventivas e mitigadoras da situação de risco”.

A imprensa também pode colaborar com a prevenção de desastres através da divulgação de alertas e notificação de emergências gratuitos, indicando rotas de fuga e abrigos previamente estabelecidos por Planos de Contingência.

O método definido como política pública deve ser adaptado à cultura da população do local onde será implantado. Deve-se atentar à realidade da comunidade e modelar metodologias e sistemas que sejam facilmente integrados ao dia a dia da população e que esta seja capacitada de forma a compreender e atender os protocolos definidos. A preparação, apesar de trabalhosa, é fundamental uma vez que não é possível definir quais ações devem ser tomadas para mitigação do desastre durante o cenário de crise. Contudo, mais importante ainda, está a obediência e respeito por parte da população às normas estabelecidas. Essa resposta por parte da comunidade só será positiva quando a mesma confiar na estrutura do município para os proteger dos desastres e participar de ações coordenadas com conjunto.

### **2.5.1. O caso de Los Angeles**

Los Angeles é um exemplo de cidade com diversas ocupações humanas em áreas de risco. Após a II Guerra Mundial ocorreu um boom imobiliário e a expansão urbana dirigiu-se às encostas. Esse movimento não levou em consideração aspectos geológico ou práticas de construção que reduzissem a probabilidade de desastres. A consequência foi um prejuízo de U\$ 7,5 milhões em danos de propriedades após uma temporada de tempestades entre os anos de 1951 e 1952. A solução encontrada pelo Governo foi a criação de regulamentações que incluíam, por exemplo, a presença de profissionais com expertise em engenharia geotécnica em projetos. Mesmo assim, em 1956, outra tempestade atingiu a região, resultando em grandes perdas econômicas pois ainda havia pouco estudo geológico das áreas a serem construídas. As resoluções foram revisadas e testadas no evento que aconteceu entre 1961 e 1962. Os prejuízos foram menores, porém novas modificações foram realizadas nos regulamentos, exigindo acompanhamento geológico e de engenharia na fase de projeto, construção e inspeção da obra para obtenção de certificação de adequação do projeto. O resultado do endurecimento das legislações, em conjunto com o acúmulo de informações espaciais e de deflagração de movimentos de massa, resultou em uma redução de aproximadamente 18 vezes em danos financeiros entre antes de 1952 e depois de 1963 e de 15 vezes em relação aos eventos depois das alterações do código em 1952 e depois de 1963. É notável a redução de danos por construção, inicialmente em \$300, reduzindo para \$100 e

atingindo \$7, e o percentual de construções danificadas, que passou de 10,4% para 0,2% (DeGraff, 2012).

### **2.5.2 O caso italiano**

Desde o início do século XX a Itália apresenta um histórico longo e sequencial de grandes eventos de desastres relativos a movimentos de massa. Apenas em 1989 o país promulgou a primeira legislação quanto a uso e planejamento do solo e proteção do solo, a Lei nº 183/1989. Entretanto, apenas uma década depois e após um evento que resultou em 160 mortes, a legislação foi completamente implementada e foram traçados planos de ação e mapeamento de áreas de risco, sendo o país um dos primeiros a mapear totalmente sua área quanto a riscos de inundação e deslizamentos. Nápoles, cidade italiana, apresentou sua intensa expansão urbana no final do século XIX e devia responder à crescente necessidade de habitação. A falta de planejamento urbano e regulamentação de construções precisos e a alta taxa de não cumprimento dos mesmos, resultou em uma urbanização caótica. A falta de um planejamento urbano claro e participação ativa da Administração incentivaram a ocupação ilegal de espaços urbanos, estimulada por políticos e construtoras aliados a máfias locais (camorra). Em 1995 foi decretado um ato um regras estritas quanto ao uso do solo em encostas, seguido, em 1999, e em 2002 por outros planos que introduziram restrições severas a áreas expostas a risco de inundação e deslizamentos, tornando muito mais difícil executar qualquer intervenção em encostas e seus arredores. Mesmo assim, a ocupação de zonas de risco com objetivo de habitação continuou. Um estudo realizado pela Organização Não Governamental Legambiente mostrou que, de 2006 a 2007, havia 13 construções ilegais a cada 10000 habitantes em Nápoles, sendo que esse número aumentava para 19 construções em outras regiões do sul da Itália. Entre a década de 80 e os anos 2000, o governo italiano não tomou nenhuma ação contra as ocupações ilegais e as incentivou indiretamente através de um sistema de permissões retrospectivas. O governo realizou três anistias quanto às ocupações ilegais, em 1985, 1994 e 2003, de modo que o próprio cidadão admitia ter infringido legislações de habitação e, mediante pagamento de uma taxa, era absolvido pela ilegalidade. Em Nápoles foram incontáveis os pedidos de anistia, provavelmente ultrapassando 100000 inscrições. Em Ischia, uma ilha com muitas construções ilegais, após a anistia de 2003 havia aproximadamente 9000 pedidos de perdão, em uma população de aproximadamente 56000 (Di Martire et al., 2012).

### **2.5.3 O caso de Ishiba, Japão**

A província de Ishiba, no Japão é uma região modesta, com muitos habitantes de idades avançadas e pouco estudo, baseada na agricultura. A região sofre constantemente com chuvas que acarretam na deflagração de sérios movimentos de massa

A solução encontrada para preparar a população para eventos críticos foi simples. O Estado disponibilizou para cada residência um copo com duas marcações, uma amarela e uma vermelha. Os residentes foram instruídos a, quando começasse a chover, colocar esse copo em um local sem obstáculos próximos, como um muro. À medida que o copo enche, ele se aproxima das linhas marcadas. Quando a água encontra a linha amarela é sinal de que é preciso se preparar para uma eventual evacuação, a qual acontecerá caso o nível d'água atinja a linha vermelha. Quando isso acontece, a população foi treinada a seguir uma rota de fuga segura até abrigos, no qual devem permanecer enquanto a ameaça da ocorrência de deslizamentos não for extinta. Os abrigos não devem ser apenas “depósitos de pessoas”. É necessário que sejam ambientes agradáveis, de forma a representar uma continuidade da comunidade (Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina, 2017)

Nota-se que esse sistema, apesar de rudimentar, funciona de forma eficiente uma vez que a população recebeu instruções de como agir e colabora com o protocolo passado, que é claro e coeso. Além disso, o Estado fornece todas as informações necessárias e oferece a infraestrutura adequada para uma rota de fuga acessível e abrigos confortáveis.

### **2.5.4 O caso do Rio de Janeiro**

A cidade do Rio de Janeiro sofre anualmente com desastres envolvendo movimentos de massa deflagrados pela alta pluviosidade e intensa urbanização de morros. A catástrofe da Região Serrana em janeiro de 2011 é uma das 10 maiores do mundo relacionadas a deslizamento desde 1900, somando mais de 900 mortes em sete cidades e afetando mais de 300 mil pessoas. Em dois dias, choveu aproximadamente 170mm, mais do que 70% do esperado para o mês (CEPED, 2015). Em conjunto com esse fato e da falta de planejamento urbano, está o relevo do local, que funciona como um tipo de barreira, impedindo a passagem das nuvens e concentrando as chuvas em um só local, inundando o solo.

A partir do mesmo ano, as comunidades cariocas receberam um sistema de alerta sonoro para aviso quanto à possibilidade de deslizamentos na região. Ao total, são 163 sirenes em 105

comunidades e que emitem 3 sinais sonoros. O primeiro funciona como uma mensagem de prevenção e aviso; o segundo indica que é hora de se mobilizar e procurar locais seguros ou pontos de apoio para se abrigar e o terceiro encerra a mobilização quando não há mais riscos para os moradores. As lideranças comunitárias também receberam treinamento e, até mesmo antes do alarme das sirenes, já são responsáveis por indicar a possibilidade de evacuação.

Após a instalação do sistema, a primeira morte em decorrência dos efeitos da chuva foi em 2016 e, de acordo com o informado pela Defesa Civil, as vítimas não seguiram os protocolos de segurança. O sistema de alerta deve ser respeitado por todos para o sucesso da operação.

Vale destacar que é dever do Estado manter os equipamentos em operação, o que muitas vezes não ocorre e diversas sirenes não se encontram em funcionamento, além de disponibilizar um Plano de Contingência eficiente. Em contrapartida, a população deve prezar pela manutenção do equipamento e respeitar os protocolos a serem seguidos, sem exceção.

### **2.5.5 Programas Habitacionais**

Existem algumas políticas públicas voltadas ao auxílio financeiro a famílias com necessidades e à promoção da habitação de interesse social. Entre elas, destacam-se:

- Financiamento, venda e locação social: financiamentos com incentivos de parcelas, prazos de financiamento e juros. Na locação, a propriedade permanece como pública. Essas ferramentas merecem atenção pela possibilidade de inadimplências, as quais podem fazer com que os habitantes retornem às áreas de risco. Exemplo: Minha Casa Minha Vida e
- Parceria Público Privada: mais utilizada no cenário internacional, são propriedades subsidiadas pelo Governo do Estado e financiadas de acordo com as possibilidades dos moradores.

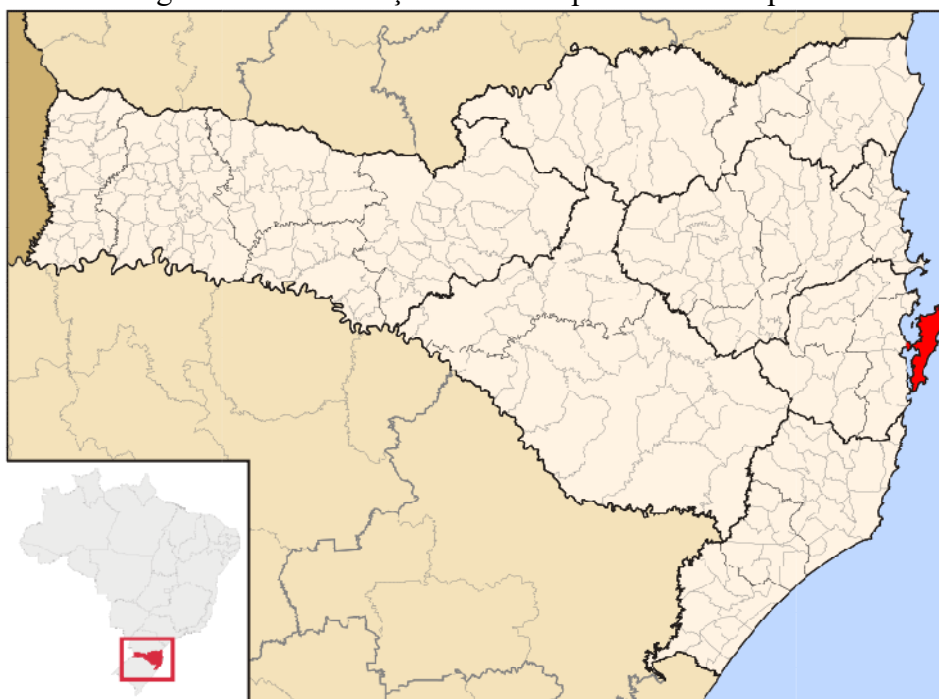
Esses programas devem andar lado a lado com Planos de Habitação de Interesse Social e com o gerenciamento de riscos de desastres, permitindo apenas a construção, compra ou locação de propriedades em áreas não classificadas como de risco.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS

Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina, localiza-se na região Sul do Brasil, entre os paralelos de 27°22'45 "e 27°50'10" de latitude sul e os meridianos de 48°21'37" e 48°34'49" de longitude oeste. Conhecida também como Ilha de Santa Catarina, representando tanto a parte insular quanto a continental, é cercada pelo Oceano Atlântico e dista aproximadamente 500m de sua região continental, sendo ligada até esta por 3 pontes, estando a mais antiga, a Ponte Hercílio Luz, desativada e em obras para voltar ao funcionamento. O município apresenta área de 399 km<sup>2</sup> e comprimento maior, de norte a sul, de 52,5 km (KLEIN et al., s.d.).

Figura 28 - Localização do município de Florianópolis



Fonte: Wikipédia (2018)

Baseando-se no Censo Demográfico de 2010 do IBGE, o município conta com 421.240 habitantes e a estimativa do órgão para 2017 é de 485.838 habitantes e 96,2% dos florianopolitanos residem em áreas urbanas. O PIB é de mais de 17 bilhões de reais, sendo que o setor de serviços emprega quase 80% dos habitantes. Entre 2000 e 2016, a taxa média anual de crescimento da população foi de 2,1% ao ano, superior à média nacional de 1,2% ao ano e à catarinense de 1,6% ao ano (SEBRAE, 2017).

Florianópolis, segundo o sistema de classificação de Köepen, está caracterizada como clima subtropical, do grupo C-Mesotérmico e tipo Cfa. O Grupo C indica que o clima é do tipo tropical úmido (f), sem estação seca distinta, de acordo com os índices de precipitação mensal superior a 60mm e temperatura média mínima entre 3 e 18° . O Subtipo a refere-se ao verão quente, comum em zonas litorâneas e com médias de meses quentes acima de 22°C. As estações são bem características, com verão e inverno bem definido e primavera e outono semelhantes (HERMANN, 2005; RAIMUNDO, 1998; SILVA, 2001).

Os principais sistemas atmosféricos responsáveis pela ocorrência de desastres naturais em Santa Catarina são (MONTEIRO, 2001; VAREJÃO-SILVA, 2001; SILVA DIAS, 1996; KOBAYAMA et al., 2006):

- Sistema Frontal: encontro de duas massas de ar de características diferentes, gerando instabilidade e muita chuva. Podem ocorrer o ano inteiro mas são mais frequentes e intensos no inverno;
- Ciclones Extratropicais: circulações atmosféricas de baixa pressão que se formam pela convergência de massas de ar e propagam-se junto com frentes polares. Ocorrem no Oceano Atlântico, próximos à costa catarinense, podendo causar ressacas, chuvas e ventos fortes;
- Sistemas Convectivos Isolados: formados devido ao aquecimento diurno que causa grande evaporação, formando de nuvens profundas (cumulonimbus) através de processos convectivos. Se associados com o Sistema Frontal podem desencadear muita chuva. Ocorrem em geral no verão e
- Complexos Convectivos de Mesoescala: formados na Argentina e Paraguai e deslocam-se até Santa Catarina, com intensidade para ocasionar chuvas fortes, ventos fortes e tornados.

Herrmann (1989), citando Freysesleben (1979) destaca três sistemas atmosféricos de maior destaque que atuam na Ilha:

- Massa Tropical Atlântica: tem origem oceânica, sendo uma massa quente e úmida que eleva a temperatura local. Ao adentrar mais ao continente, perde umidade;
- Massa Polar Atlântica: forma-se em altas latitudes e é precedida pela Frente Polar Atlântica, provoca quedas de temperatura e caracteriza as “ondas de frio” e

- Frente Polar Atlântica: resulta do encontro das duas massas de ar anteriores e é responsável pelo controle do ritmo de chuvas na Ilha.

Os índices de precipitação concentradas no inverno são resultantes das interações do fenômeno El Niño-Oscilação Sul, o qual é proveniente do aquecimento anômalo de águas do Oceano Pacífico, elevando o ar até a Amazônia e o Nordeste brasileiro, enquanto a frente fria estacionária permanece no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sendo alimentada por duas ou três semanas pelo ar quente da Amazônia, fornecendo vapor que é transformado em chuva (SILVA, 2011).

De acordo com Herrmann (1989), a vegetação de Florianópolis é caracterizada em dois grupos principais: as formações florestais, as quais correspondem a matas primitivas e aos estágios de sucessão da mata secundária, normalmente encontradas nas encostas; e as formações pioneiras, que são espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas das planícies litorâneas. A autora ainda destaca que existem formações menores e locais, como mangues, pequenas áreas de reflorestamento e mata ciliar.

O norte da Ilha é drenado pela Bacia do Rio Ratonas, enquanto a porção sul é drenada pela Bacia do Rio Tavares e o centro pela Bacia do Itacorubi. Ao leste, existem as Lagoas da Conceição e do Peri, sendo a primeira um reservatório de água salgada e a segunda de água doce. As demais porções da Ilha são permeadas por rios de pequeno porte, sendo que a maioria das nascentes encontra-se em embasamentos cristalinos. A maioria dos rios desaguam nas Baía Norte ou Sul ou no Oceano Atlântico. (HERRMANN, 1989, RAIMUNDO, 1998; SANTOS, 1997)

Existem duas grandes formações básicas para a Ilha. A primeira delas é o embasamento cristalino, mais antigo e elevado, representado pelo Escudo Catarinense e Formação Serra Geral, maciços rochosos em forma de morros altos e escarpados. Em contraste, a segunda é a planície de origem marinha e costeira, representada pelos terrenos sedimentares que formam as partes baixas, de até 40m de altitude, com dunas, restingas e manguezais. A maior formação diabásica na Ilha é o Maciço do Morro da Cruz, com espessura de até 300m. Nela e em outras ocorrências da formação são identificados muitos problemas relacionados à estabilidade de taludes. Aproximadamente 90% das ocorrências rochosas da ilha são graníticas. Ainda quanto aos granitos, sua formação gera rochas com fraturas espaçadas e



proporciona a presença de grandes blocos em superfície, favorecendo a ocorrência de eventos de rolamentos de rocha (CARUSO JR., 1993; SANTOS, 2001; RAIMUNDO, 1998).

De acordo com Raimundo (1998) e Santos (1997), a pedologia diferencia os horizontes A, B, C, RA e R, sucessões de camadas de um perfil do solo, por suas características, como cor, textura, estrutura, consistência e material orgânico. Ainda segundo os autores:

- Horizonte A e B: solo superficial, maior evolução podogenética, mais espessos, permeáveis e porosos em seu estado natural;
- Horizonte C: material de origem alterado pelo intemperismo, solo saprolítico ou residual;
- Horizonta RA: rocha alterada e
- Horizonte R: rocha sã.

O Mapeamento Geotécnico utilizado neste trabalho é o realizado por Santos (1997) em sua tese de doutorado. O mapa é resultado do cruzamento de dados de mapas geológico e pedológico do município. Cabe ressaltar que o sistema brasileiro de classificação de solos foi atualizado desde a época da realização do estudo de Santos, de forma que nomes de ordens e subordens foram alterados. As principais unidades definidas pelo estudo e, quando houver, suas características que podem influenciar movimentos de massa são, de acordo com a autora:

- PVg: Podzólico Vermelho-amarelo substrato granito

Ocorrem a meia encosta, com planos de argilização preservados no horizonte C, interferindo na resistência do talude. Esse horizonte, quando no estado natural, é muito erodível, especialmente por serem constituídos por quartzo e feldspato, sem coesão. A transformação de feldspato em argila, maior no horizonte B, aumenta a coesão e reduz a erodibilidade. Dessa maneira, é importante conservar o horizonte B em obras de terraplanagem. Cabe acrescentar, que os feldspatos do horizonte C podem quebrar em processos de compactação, comprometendo a resistência final do solo. Ambos os horizontes apresentam redução da resistência ao cisalhamento quando inundados;

- Cde: Cambissolo substrato depósito de encostas

Apresenta formação coluvionar, ou seja, quando o solo está em seu estado natural, podem gerar problemas de estabilidade no corte de taludes, execução de fundações e estabilidade de muros devido a ocorrência de mudanças abruptas de resistência. A geomorfologia pode

indicar o potencial de instabilidade. É comum haver matacões dispersos, os quais alteram resultados de sondagens, além de que, a falta de estrutura de origem pedológica pode gerar planos de ruptura, formando caminhos de percolação da água. Ocorrem em transições entre morro e planície, quando não há desenvolvimento do horizonte B em materiais de origem coluvial;

- Cg: Cambissolo substrato granito

Ocorrem próximo aos topos de morros. Características semelhantes ao PVg, porém com horizonte B com espessura menor de 50cm. São pouco evoluídos pedologicamente devido sua topografia íngreme, resultando em camadas de solo pouco espessas;

- Cr: Cambissolo de riolito

Localizados próximos aos topos de morro;

- Cd: Cambissolo de diabásio

Delineados por diques de diabásio e preenchem zonas de falha. Pode apresentar problemas de expansão;

- Rg: Litossolos de substrato granito:

Existência de blocos de rocha em situação de instabilidade, como no Morro da Cruz. Deve apresentar restrição a ocupação urbana;

De acordo com a autora, ainda:

- Unidades Rg, Rr e Rd: localizam-se nos topos de morro, apresentam horizonte A diretamente sobre a rocha ou afloramento rochoso;
- Cg, Cr e Cd: com horizonte B pouco desenvolvido, de pelo menos 50cm de espessura e com substrato sendo a rocha em que foram formados e
- PVg, PVd e PVR: apresentam-se onde a declividade dos morros é mais suave, permitindo desenvolvimento do horizonte B.

Os horizontes C e RA são mais suscetíveis a deslizamentos de encostas originados pela ação da chuva. O horizonte B apresenta estrutura mais desenvolvida e coesão aparente maior. Óxidos de ferro agem como agentes cimentantes de microagregados, criando uma estrutura permeável que reduz a saturação do solo e a consequente instabilidade do talude. Solos provenientes de rochas de diabásico, especialmente o PVd e em horizontes C, apresentam-se expansivos, desfavorecendo a estabilidade da encosta. O horizonte C também pode apresentar feições residuais de rochas, com fissuras, falhas ou fraturas que criam um plano de fraqueza

preferencial. Em colúvios, como as unidades Cde e Pde, os materiais não apresentam estrutura e contem fendas que funcionam como caminhos preferenciais de percolação, alterando o equilíbrio do talude. Processos de argilização intenso, normalmente no horizonte B, apresentam-se mais estáveis pela presença de óxidos de ferro e alumínio que colaboram com a coesão. A proximidade com substratos graníticos promove uma aceleração no crescimento da vegetação. (SANTOS, 1997)

As características do regime pluviométrico da Ilha serão analisadas no Capítulo 5.1.

### 3.2 URBANIZAÇÃO DE FLORIANÓPOLIS

Para entender o processo de urbanização de Florianópolis e a consequente ocupação de encostas, é preciso remontar o cenário histórico do município.

O início do processo deu-se durante a construção da Ponte Hercílio Luz, em 1922. A Ponte foi a primeira ligação entre as partes insular e continental do município, facilitando a entrada de novos habitantes e trazendo mão de obra para a cidade. Também em 1927 o Aeroporto Hercílio Luz foi inaugurado, permitindo a entrada de novos negócios e pessoas na cidade. Entre as décadas de 1930 e 1940, Florianópolis deixa o posto de centro portuário e comercial devido à decadência de produção na Ilha e fechamento do porto e inicia, então, uma nova função, a de uma cidade de serviços e centro político administrativo.

As décadas de 60 e 70 são marcadas pela criação da Universidade Federal de Santa Catarina (1960), pelo desenvolvimento de políticas públicas visando o desenvolvimento urbano, grandes obras de infraestrutura como a BR-101 e outras obras previstas em planos desenvolvimentistas, aquecendo a indústria da construção civil, e, ainda, pela criação de novas instituições públicas como a ELETROSUL, DETRAN, COTESC, TELESC, CELESC e a Procuradoria do Estado. Essa movimentação, atrelada ao fato de Florianópolis agora ser o centro do Governo do Estado e concentrar serviços de energia, telecomunicações, bancos e universidades, atraiu novos moradores para a Ilha, a procura de emprego, estudo e condições de vida melhores. Entretanto, a cidade não tinha a infraestrutura necessária para receber as novas famílias vindas do campo, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Rio de Janeiro. Somado a isso, muitos dos trabalhadores que vieram buscar oportunidades na Ilha eram

desqualificados e despreparados e, findando as obras acima mencionadas, grande parte da mão de obra anteriormente utilizada se viu sem emprego e com condições financeiras precárias. A solução encontrada por essa parcela da população foi se instalar em áreas de baixa valorização no mercado e próximas a área central da cidade, visando estarem perto dos locais onde poderia haver emprego e reduzir custos de deslocamento. Assim, encostas e mangues foram rapidamente ocupados de formar irregular e ilegal, com assentamentos precários e sem projetos técnicos para viabilizar as construções.

Os anos 80 foram marcados pelo desenvolvimento de infraestrutura para acompanhar as demandas turísticas iniciadas na década anterior, como a construção da Ponte Pedro Ivo, o que levou a uma especulação imobiliária e supervalorização de áreas mais afastadas do centro, como Canasvieiras e Ingleses, o que pode ter contribuído ainda mais para a crescente ocupação em encostas. Nos anos 90, o processo de urbanização continua com o desenvolvimento de grandes obras viárias como a Via Expressa Sul e a duplicação da BR-101 e da SC-401 (PORTO, 2003; FURH e SANTO, s.d.). O crescimento populacional do município está na Tabela 3, com dados do Censo do IBGE.

Tabela 3 - Crescimento do município de Florianópolis

<b>Censo</b>	<b>População</b>	<b>%+</b>
<b>1872</b>	25.709	-
<b>1900</b>	32.229	25,4%
<b>1920</b>	41.338	28,3%
<b>1940</b>	46.771	13,1%
<b>1950</b>	51.317	9,7%
<b>1960</b>	98.520	92,0%
<b>1970</b>	138.337	40,4%
<b>1980</b>	187.880	35,8%
<b>1991</b>	255.390	35,9%
<b>2000</b>	342.315	34,0%
<b>2010</b>	421.240	23,1%
<b>2017 (estimado)</b>	485.838	15,3%

Fonte: Wikipédia (2018, adaptado de IBGE)

### 3.3 DESASTRES EM FLORIANÓPOLIS

O Município de Florianópolis sofre com desastres como inundações, enchentes, movimentos de massa, granizo, ressacas, vendavais e ciclones todos os anos. A Defesa Civil Municipal

registra as ocorrências recebidas e as cataloga e descreve de acordo com as informações dadas e vistorias realizadas pela equipe posteriormente. Esse processo tornou-se mais frequente a partir de 2008, após o grande desastre que ocorreu no Estado de Santa Catarina e iniciou uma consciência de estudos e análises de desastres, visando à prevenção e elaboração de planos para redução de riscos. Com o passar dos anos, a qualidade dos registros e dos relatórios de vistoria tem aumentado consideravelmente, apresentando informações mais detalhadas e confiáveis.

Baseando-se nos dados dos registros cedidos no período de janeiro de 2012 a fevereiro de 2018, nota-se o destaque de alagamentos e movimentos de massa nos meses mais quentes, compreendendo de outubro a março. Nesses meses há maior precipitação intensa em curtos períodos, a qual influencia diretamente a ocorrência desses eventos. São marcantes as ocorrências registradas em especial nos últimos três anos, de 2016 a 2018. No início de dezembro de 2016 um ciclone tropical atingiu o Estado, trazendo muitas chuvas e ventos com velocidade de 118km/h para a Grande Florianópolis. Entre as 11h do dia 3 e do dia 4, em Florianópolis, foram registrados 166mm de chuva, o equivalente esperado para o mês em questão e que acarretou em deslizamentos que atingiram pelo menos 10 residências e 75 pessoas desalojadas, além de mais de 100 residências afetadas. Alguns dos bairros mais afetados foram Itacorubi, Ribeirão da Ilha, Rio Tavares e Santa Mônica. Quedas de árvores, falta de energia, destelhamentos e ruas bloqueadas foram outras ocorrências registradas no período. (Diário Catarinense, 2016).

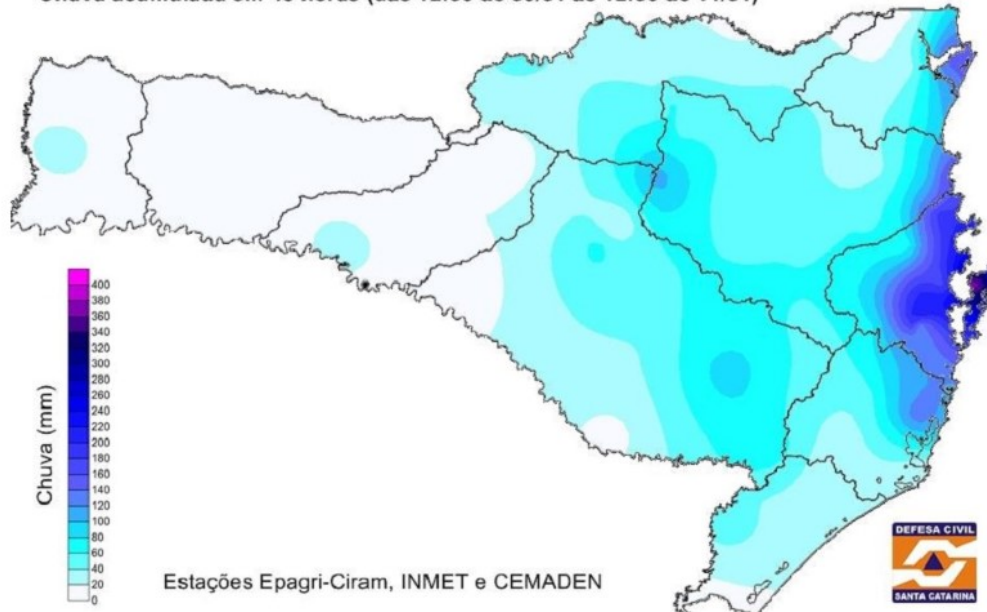
Em janeiro de 2017, na madrugada do dia 30 para o dia 31, houve o deslizamento de um muro de contenção na área central da Ilha, no bairro Caeira do Saco dos Limões, onde, em 1h choveu 95mm. Nesse local, o ocorrido resultou na morte de um jovem, desalojamento de 13 pessoas e residências isoladas. No mesmo período, outros deslizamentos foram registrados na SC-406 Sul, Santa Mônica e Ingleses, além de diversas ocorrências de alagamentos. (Notícias do Dia, 2017). Meses depois, em março de 2017, os danos causados por um vendaval na Ilha também são destaque nos registros da Defesa Civil. A região mais afetada, dessa vez, foi o norte da Ilha, em especial Ingleses, Santinho e Jurerê. A Unidade de Pronto Atendimento Norte foi fechada e pelo menos 300 casas foram afetadas no Município de Florianópolis. Para agravar a situação, houve queda de granizo, danificando telhados e danificando rodovias de forma intensa, além dos inúmeros relatos de quedas de árvores e fiação danificada (Notícias do Dia, 2017; G1, 2017; Diário Catarinense, 2017). Ainda em 2017, nos meses de maio a

setembro, a Defesa Civil de Florianópolis acumula registros de eventos em decorrência das ressacas nas praias. Entre esses meses, a prefeitura decretou situação de emergência duas vezes devido aos estragos nas praias de Canasvieiras, Ingleses, Mole, Joaquina, Brava, Morro das Pedras e Matadeiro, no norte, leste e sul da Ilha. A força das ondas e da maré extinguiu até 70% da faixa de areia das praias, destruiu mais de 60 propriedades, entre residências e estabelecimentos comerciais, derrubaram estruturas de infraestrutura e trouxeram entulhos e lixo para o mar. A economia também foi afetada, uma vez que as praias, importantes geradoras de postos de trabalho, seja em quiosques à beira do mar ou com vendedores ambulantes, sofreram grande evasão dos turistas. Esse fenômeno, em relação à sua intensidade e duração, foi inédito na história do Município e ocorreu devido à ocorrência da maré astronômica e maré meteorológica concomitante, além de outras mudanças climáticas que alteram ciclo das correntes, ventos e ondas. (Folha, 2017; Notícias do Dia, 2017). Em dezembro de 2017, novamente um vendaval com muitas chuvas traz alagamentos, deslizamentos, queda de pontes e muros e danos em ruas no Município. Destaque para a queda de uma figueira com mais de 30 anos na Praça dos Namorados, área central da cidade.

O ano de 2018 marcou um aumento visível no registro de eventos pela Defesa Civil, alcançando quase 200 ocorrências apenas de movimentos de massa nos dois primeiros meses. Esse fato pode ter sido causado (1) pelo acumulado pluviométrico do mês, que ultrapassou os 500mm, em especial na Área Central da Ilha, sendo que entre o dia 9/01 e o dia 11/01 choveram aproximadamente entre 320 a 400mm na cidade, mais da metade do esperado de 150mm para o mês (Figura 29) e/ou (2) desenvolvimento de uma cultura de informação dos eventos por parte da população para a Defesa Civil devido à expansão e divulgação do seu trabalho em redes sociais e jornais. Nesse episódio de janeiro de 2018, destaca-se a morte de um morador do bairro Itacorubi, e o desaparecimento de um homem no Maciço do Quilombo, no Morro da Cruz, ambos na área central da Ilha. Ainda, rodovias foram interditadas devido ao aparecimento de crateras e deslizamentos, pontes caíram, diversas pessoas ficaram ilhadas e foram registradas centenas de ocorrências de quedas de muro e deslizamentos. O Morro da Lagoa teve suas pistas interditadas e no Rio Tavares 6 pontes caíram, ilhando partes da cidade e complicando o deslocamento da população (UOL, 2018).

Figura 29 - Chuva acumulada em 48h para o evento crítico de janeiro de 2018

Chuva acumulada em 48 horas (das 12:00 de 09/01 às 12:00 de 11/01)



Fonte: Defesa Civil (2018)

Em abril de 2018, também há registros de prejuízos devido à ocorrência de granizo e fortes chuvas no norte da Ilha, causando queda de energia em mais de 15000 unidades no norte da ilha e problemas em telhados. A presença de chuvas também induziu a diversos deslizamentos.

Assim, com esse breve histórico recente é possível visualizar como o Município é atingido continuamente pelas mais diversas forças da natureza, causando danos e prejuízos por toda a extensão da Ilha e em altas magnitudes. A alta recorrência de eventos pluviométricos de alta intensidade tem se mostrado uma condicionante importante para a existência de eventos de desastres naturais.

A Defesa Civil, tanto a nível Estadual e Municipal buscam trabalhar desde a prevenção até os cuidados pós-evento e recuperação, contudo, pela enorme recorrência de eventos e pouco efetivo disponível, as atividades de prevenção e análise de limiares críticos ficam em segundo plano, sendo, por isso, necessário que a academia e Estado colaborem entre si.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em etapas. A primeira etapa consistiu na revisão bibliográfica do tema e caracterização da área de estudo, sendo abordada nos capítulos anteriores. A segunda etapa envolveu a criação de um inventário de registros de deslizamentos na região de estudo e separação dos eventos em subáreas, seguido do levantamento de dados pluviométricos e definição de qual subárea seria abrangida por cada estação pluviométrica estudada. A terceira etapa corresponde à análise de dados e consistiu na elaboração de séries históricas das subáreas, de estatísticas quanto aos desastres selecionados e na análise em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG) dos mesmos. Em seguida, na quarta e última etapa, realizou-se a análise dos dados obtidos, tratamentos estatísticos e geração da correlação e dos limiares críticos.

### 4.1 INVENTÁRIO REGISTROS DE EVENTOS

O inventário dos registros de deslizamentos foi construído através dos registros históricos disponibilizados pela Defesa Civil Municipal de Florianópolis no período de janeiro de 2012 a fevereiro de 2018. Os registros foram analisados individualmente visando identificar os que realmente ocorreram devido à influência direta da pluviosidade. Não foram consideradas ocorrências de erosão, inundação ou possibilidade de deslizamento. Os eventos foram classificados em:

- Movimentação de solo;
- Movimentação de rocha;
- Movimentação de solo e rocha;
- Queda de muro;
- Movimentação de solo e queda de muro;
- Movimentação de solo e rocha e queda de muro;
- Queda de barreira e
- Corrida de lama.



A separação de eventos em que havia apenas a descrição de queda de muro vem do fato que é possível que os muros caíam após o evento pluviométrico intenso, o que pode afetar a construção da envoltória de correlação.

Cabe ressaltar que as ocorrências foram analisadas levando em conta o dia registrado da ocorrência, uma vez que poucos registros continham informação do horário do desastre. Também é relevante considerar que, exceto quando explicitado diferente, a data da ocorrência do desastre foi considerada a data do registro do evento.

É importante notar que provavelmente não foram inclusos todos os movimentos de massa ocorridos na região durante o intervalo de estudo, uma vez que nem todos os registros possuíam todas as informações necessárias e que pode haver eventos que não foram registrados, seja por ocorrerem em locais inabitados ou por não terem sido registrados pela Defesa Civil por falta de solicitação da população.

Os dados obtidos foram compilados em planilhas eletrônicas no *software* Excel. Os registros continham informação de data, mês e ano da ocorrência, tipologia, conforme elencado anteriormente, e local aproximado do evento. Dessa maneira, foram obtidos 686 registros dentro do período estudado. Desses, 1 não continha informação exata da data da ocorrência e 28 não disponibilizavam informação clara e/ou completa de sua localização.

Os locais dos eventos selecionados foram plotados no *software* Google Earth Pro, no qual foram inseridos os endereços descritos nos relatórios da Defesa Civil. Cada localidade recebeu uma etiqueta com cores diferentes para cada tipologia de ocorrência. Quando o *software* não era capaz de localizar o endereço, o mesmo foi procurado no cadastro de geoprocessamento corporativo da Prefeitura Municipal de Florianópolis, disponível online. O site apresenta um mapa com os logradouros cadastrados na Prefeitura e, baseando-se em pontos de referência, os pontos foram plotados no *software*.

Os registros foram separados em 5 subáreas: Central, Continente, Norte da Ilha, Sul da Ilha e Leste da Ilha. A área Central corresponde à porção oeste da Ilha e abrange os bairros Centro, Agrônômica, Saco dos Limões, Caeira do Saco dos Limões, Maciço do Morro da Cruz, Itacorubi, Prainha, Santa Mônica, Córrego Grande, José Mendes, Mont Serrat, Carvoeira, Serrinha, Trindade, João Paulo, Pantanal e comunidades do Morro do Mocotó, da Mariquinha,

do Tico Tico, do Quilombo, do 25, do Horácio. O Continente refere-se à porção continental do Município, representada por Coqueiros, Estreito, Bom Abrigo, Itaguaçu, Vila Aparecida, Jardim Atlântico, Capoeiras e Coloninha. A subárea Leste reporta-se aos bairros Costa da Lagoa, Lagoa da Conceição, Canto da Lagoa, Fortaleza da Barra, Canto dos Araçás e Praia Mole. O Norte da Ilha compreende os bairros Santo Antônio de Lisboa, Ingleses, Jurerê, Sambaqui, Vargem Grande, Cachoeira do Bom Jesus, Ponta das Canas, Canasvieiras, Barra do Sambaqui, Rio Vermelho, Cacupé, Monte Verde, Vargem do Bom Jeuss, e a Praia Brava e do Forte. Finalmente, o Sul da Ilha envolve a Costeira do Pirajubaé, Tapera, Ribeirão da Ilha, Rio Tavares, Campeche, Pântano do Sul, Costa de Dentro, Rationes, Armação do Pântano do Sul e Morro das Pedras.

#### 4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A série histórica de precipitação da região foi obtida através dos pluviógrafos do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina, vinculado à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e Agência Nacional de Águas (ANA). Visando eliminar o máximo possível variabilidades e gradientes de precipitação, cada pluviômetro foi alocado de acordo com a subárea que melhor caracterizasse. A relação dos pluviômetros utilizados está no Quadro 5, com informação da localização e período de dados obtidos de cada pluviômetro. O Quadro 6 mostra quais pluviômetros foram selecionados para cada subárea de estudo. A localização dos pluviômetros consta na Figura 30.

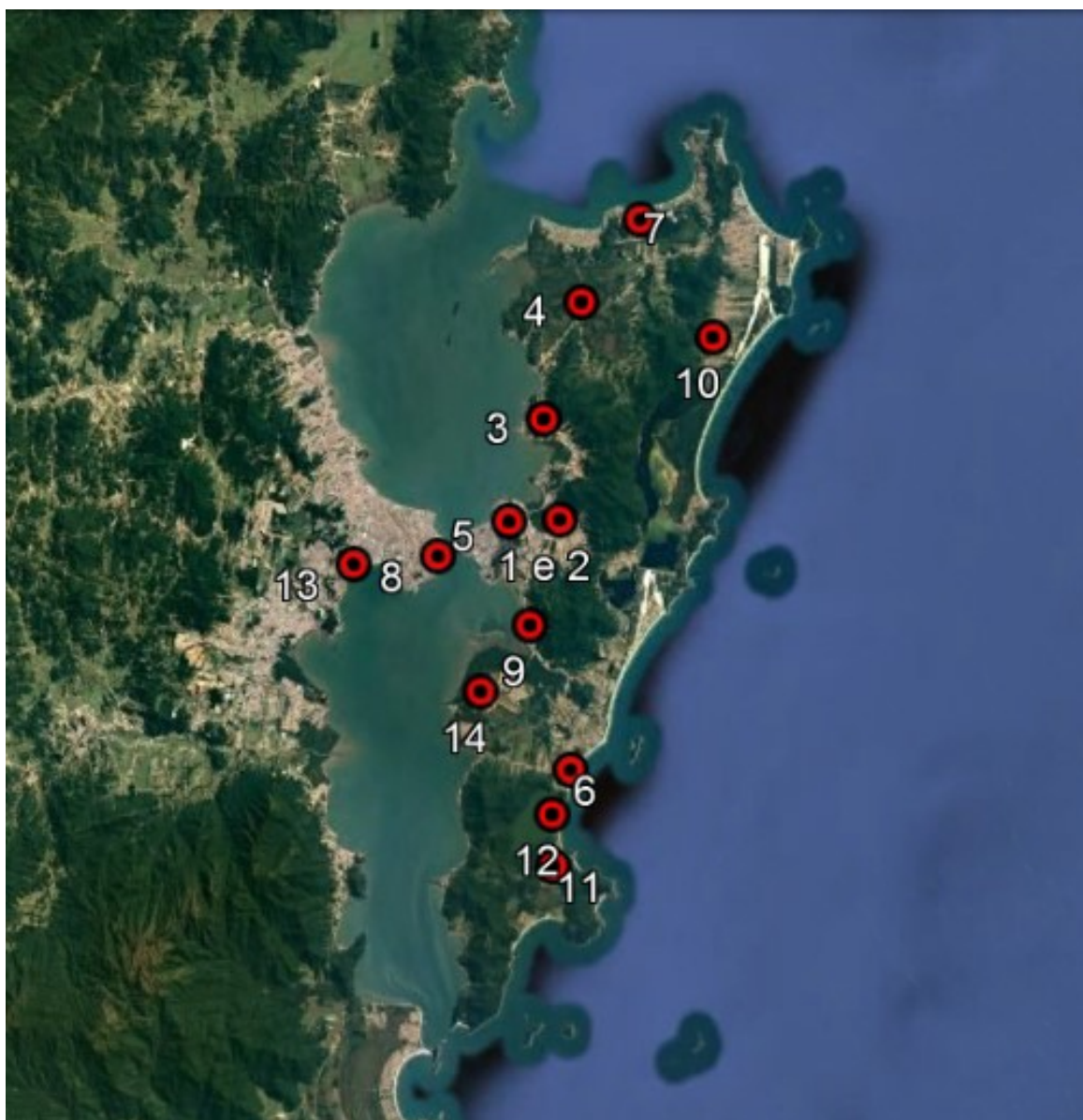
A região Leste não conta com nenhum pluviômetro dentro de sua área, portanto, os pluviômetros 1 e 2, devido sua maior proximidade com o local de estudo, foram selecionados para caracterizar a área.

Os pluviômetros 1 e 2 têm a leitura realizada às 9h da manhã de cada dia. Dessa maneira, foi considerado que a leitura feita em um dia representa a quantidade de chuva acumulada do dia anterior. Ressalta-se que essa simplificação pode causar alteração nos resultados da envoltória, uma vez que a precipitação entre 0h e 9h não é considerada no dia em que realmente ocorreu.

As informações recolhidas, por vezes, apresentavam diversos dados faltantes, atribuídos a avarias ou manutenção nos equipamentos ou dados reprovados no controle de qualidade das operadoras. Assim, para estes casos e quando o acumulado pluviométrico claramente não condizia com a realidade ou apresentava valor nulo, foi realizada uma análise individual para cada período e atribuído o conceito SD (Sem Dados) para determinados momentos.

Quando havia registros aceitáveis em mais de um pluviômetro para o mesmo período, foi realizada a média entre os dados das estações visando melhor caracterização de cada subárea.

Figura 30 - Localização dos pluviômetros



Fonte: Autora (2018)

Quadro 5- Relação dos pluviômetros utilizados

Número	Fonte	Nome	Coordenadas	Referência	Área	Altitude	Registros Disponibilizados	Formato de Registros
1	EPAGRI/CIRAM	Florianópolis Convencional	27°34'52,97"S 48°30'16,58"O	Centro de Tratamento da Epagri - Itacorubi	Central	-	01/01/2000 - 20/05/2015	Diário
2		Florianópolis Automática					01/01/2002 - 28/02/2018	
3	EPAGRI/CIRAM	Santo Antônio de Lisboa	27°31'52,65"S 48°30'46,96"O	Próximo ao CrossFit Floripa - Santo Antônio de Lisboa	Norte	-	29/01/2013 - 05/04/2018	Diário
4		Carijós	27°28'22,62"S 48°29'29,16"O	Estação Ecológica de Carijós - Jurerê	Norte	-	12/11/2013 - 05/04/2018	Horário
5	CEMADEN	Agronômica	27°34'54,84"S 48°31'59,16"O	Agronômica	Central	107m		Diário
6		Áreas	27°42'21,96"S 48°30'00,00"O	Campeche	Sul	10m		Diário
7	CEMADEN	Canasvieiras	27°25'54,84"S 48°27'29,16"O	Canasvieiras	Norte	8m		Diário
8		Coqueiros	27°35'56,04"S 48°34'23,16"O	Coqueiros	Contínente	10m	01/08/2015 - 28/02/2018	Diário
9	ANA	Costeira	27°38'2,04"S 48°31'18,84"O	Costeira	Sul	28m		Diário
10		Rio Vermelho	27°29'27,96"S 48°25'5,16"O	Rio Vermelho	Norte	19m		Diário
11	ANA	Rodovia SC-406	27°45'14,04"S 48°30'36,00"O	Rodovia SC-406	Sul	4m		Diário
12		PCH ETA CASAN - Lagoa do Peri	27°43'41,88"S 48°30'38,16"O	Lagoa do Peri	Sul	-	03/1987-07/1997	Diário
13	ANA - INMET	Florianópolis	27°36'9,00"S 48°37'13,08"O	Contínente	Contínente	1,8m	06/1948-06/2017	Diário
14	ANA	Hercílio Luz	27°40'0,00"S 48°32'60,00"O	Aeroporto Hercílio Luz	Sul	5m	01/1971-05/1982	Diário

Fonte: Autora (2018)

Quadro 6 - Pluviômetros selecionadas para cada subárea de estudo

Área	Pluviômetros Considerados
Norte	3, 4, 7, 10
Sul	6, 9, 11, 12, 14
Leste	1, 2
Central	1, 2, 5
Continente	8, 13

Fonte: Autora (2018)

#### 4.3 ANÁLISES DE DADOS

A série histórica de pluviosidade de cada subárea foi feita de acordo com os pluviômetros selecionados para cada subárea e sua respectiva disponibilidade de dados. O tratamento estatístico de desastres relativos a movimentos de massa foi realizada de acordo com os dados obtidos pelos registros, sendo analisados de forma espacial e temporal.

A localização dos eventos, registrados em arquivo kml do Google Earth foram importados nos software ArcGIS 10.1, no qual foi criado um sistema de informações geográficas, e através da ferramenta *KML to Layer* foram transformados em arquivos *shapefile*. A localização dos eventos foi então sobreposta as características geotécnicas, morfometrias e socioeconômicas das subáreas. Para tanto foram utilizados os seguintes dados:

- Modelo Digital Digital do Terreno (MDT), em escala 1:10.000, fornecido pelo Governo do Estado de Santa Catarina;
- Mapa de área urbana edificada e das rodovias do município, obtidos através do *website* da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM);
- Mapa Geotécnico, elaborado por Santos (1997), em escala 1:25.000;
- Mapa de Zoneamento do Município, obtido através do *website* do Laboratório LabInfo do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC;
- Resultado de Censo Demográfico 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

#### 4.4 CORRELAÇÃO E LIMITARES CRÍTICOS

O principal objetivo em definir limites críticos de precipitação acumulada que são capazes de desencadear eventos nocivos à população da região é a redução de impactos causados por esse tipo de ocorrência. Esses valores críticos, então, podem ser utilizados como meio de monitoramento e prevenção de desastres através da implantação de sistemas de alerta para as áreas estudadas e monitoramento de índices pluviométricos. A correlação leva em conta que a pluviosidade é o principal agente deflagrador de eventos e visa descrever a influência da precipitação acumulada na indução de movimentos de massa. O método selecionado baseia-se no trabalho realizado por Tatizana et al. (1987a, b) e utilizados em diversos trabalhos como Elbachá et al. (1992), Vieira (2004), Ide (2005) e Castro (2006) e Silva (2014).

Com os registros de deslizamentos e pluviometria é possível definir limites críticos da ocorrência ou não de deslizamentos de acordo com dada quantidade de chuva através de uma correlação numérica. Para a definição do número de dias de chuva acumulada mais efetiva para realizar a correlação, Silva (2014) explica que é importante buscar o menor número de dias para o qual existe uma separação entre eventos de chuva acumulada com e sem deslizamentos e que não é recomendado o uso de um número grande de dias, como 15 ou 30 dias, uma vez que um intervalo grande perde a aplicabilidade do estudo devido à falta de confiabilidade no prognóstico. Com este entendimento, foram elaboradas correlações para acumulados de 24, 48, 72, 96 e 120h. Também foi desenvolvida uma correlação para acumulados de 30 dias para comparação dos resultados.

Com auxílio de planilhas eletrônicas, foram plotados pontos representando eventos com e sem a ocorrência de movimentos de massa. Os registros sem ocorrência foram escolhidos de forma aleatória. O eixo das abcissas corresponde à precipitação no dia do evento, enquanto o eixo das ordenadas faz referência ao acumulado de chuva em dias anteriores ao dia do registro em questão. A envoltória foi traçada buscando a melhor separação entre os pontos com e sem ocorrências, de modo a determinar os limites críticos em forma de um modelo matemático para cada situação de precipitação no dia do evento. Os pontos que representam os acumulados em que ocorreram eventos devem localizar-se acima da curva da correlação, enquanto os pontos que representam a não ocorrência de evento devem se concentrar na área abaixo da curva.

Visando uma maior qualidade dos resultados, foram excluídos os registros de “Queda de Muro” uma vez que estes eventos podem ocorrer dias depois da chuva deflagradora dos eventos ligados a movimentos de massa e eventos em que a chuva no dia da ocorrência fosse menor que 1mm. Entende-se que, nesses casos, a data registrada da ocorrência não corresponde à data real da chuva deflagradora dos movimentos ou que o histórico pluviométrico não está de acordo com a realidade.

Cabe ressaltar que o método é empírico e seu resultado depende da quantidade e qualidade da amostra obtida, de modo que é recomendada a constante atualização e revisão da correlação encontrada.

## 5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

### 5.1 PLUVIOSIDADE DO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS

Como apresentado anteriormente, o Município foi dividido em 5 subáreas, cada uma com seus respectivos pluviômetros de estudo, conforme especificado no Capítulo 4.

#### 5.1.1 Central

A Área Central foi analisada levando em conta as informações de 3 pluviômetros, dois disponibilizados pela EPAGRI/CIRAM e um pelo CEMADEN. Após a análise dos dados buscando incoerências, os períodos definidos para cada pluviômetro foram os seguintes:

- Pluviômetro 1 (EPAGRI/CIRAM) – 01/01/2000 a 20/05/2015
- Pluviômetro 2 (EPAGRI/CIRAM) – 01/01/2002 a 30/11/2009; 01/01/2010 a 31/03/2010; 01/07/2010 a 30/09/2012; 01/05/2013 a 28/02/2018
- Pluviômetro 5 (CEMADEN) – 01/08/2015 a 30/11/2015 e 01/04/2017 a 31/05/2017

O Pluviômetro 1 e 2 localizam-se no mesmo local, tendo como diferença o período de funcionamento e a forma de coleta de dados. É interessante analisar a diferença obtida entre os dados das duas estações, uma vez que, apesar de instaladas no mesmo local, a diferença entre as leituras, feitas de forma convencional e automática (Quadro 7 e 8, respectivamente), pode apresentar discrepâncias. O Quadro 9 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra essa comparação para o período de janeiro de 2002 a maio de 2015, até o momento em que se registram dados em ambas as estações.

Quadro 7 - Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 1 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2000	145,5	252,1	137,7	62,4	13,1	80,2	39,4	42,4	134,1	114,5	80,7	143,6
2001	117,2	533,2	207,5	291,6	202,0	128,0	68,6	23,0	169,3	145,6	173,0	103,2
2002	166,6	229,9	83,8	217,3	64,4	45,0	105,1	112,6	109,0	156,8	113,3	214,4
2003	63,8	124,5	99,8	56,2	22,8	65,5	19,5	12,4	79,1	134,3	158,1	258,8
2004	294,0	97,0	245,0	180,2	186,0	102,4	86,6	25,1	103,7	116,7	115,4	212,8
2005	148,4	126,2	129,4	158,4	222,3	32,3	89,8	247,2	241,7	174,0	92,0	80,4
2006	158,2	128,5	94,2	72,5	40,9	31,1	44,1	53,1	34,1	94,9	410,4	78,0
2007	66,8	72,9	168,3	64,5	155,9	4,7	179,3	147,1	127,8	153,1	102,0	98,4
2008	404,5	153,5	250,9	248,2	77,8	72,9	7,8	63,1	204,6	274,0	658,7	210,8
2009	169,4	123,1	201,9	307,0	76,5	50,7	112,9	92,4	225,3	130,2	109,9	170,7
2010	167,3	160,1	346,3	190,1	334,5	119,1	104,5	31,7	128,3	122,9	156,0	170,2
2011	317,4	277,3	346,8	44,4	155,4	92,5	125,9	411,0	226,3	123,2	69,9	249,8
2012	226,0	105,8	60,6	91,2	165,1	129,5	177,1	40,0	77,4	110,2	93,5	83,0
2013	45,5	222,5	403,8	135,2	58,8	121,4	111,9	138,1	239,4	68,2	101,5	107,5
2014	182,1	155,6	108,4	116,0	74,7	247,5	39,8	132,2	154,4	118,6	75,8	158,8
2015	146,8	341,9	209,0	105,5	254,68							

Fonte: Autora (2018)



Quadro 8 - Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 2 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2002	154,3	215,6	79,5	204,1	59,9	42,1	101,0	112,2	103,5	158,4	130,2	194,4
2003	68,3	148,1	156,6	77,4	21,6	68,5	19,8	11,1	76,9	137,4	156,4	242,8
2004	209,2	15,2	179,8	144,2	80,8	53,4	64,4	19,2	74,8	99,2	80,6	152,4
2005	107,2	93,8	98,8	121,6	163,6	23,0	59,0	162,6	167,2	132,4	60,4	66,6
2006	110,4	SD	65,2	49,0	30,6	19,8	34,2	43,2	29,4	79,2	353,7	63,7
2007	53,5	61,4	147,0	53,3	137,3	3,5	153,1	144,0	112,2	138,9	83,0	89,4
2008	358,2	139,6	304,9	231,4	72,4	67,7	6,3	62,4	198,0	232,3	572,3	189,9
2009	151,2	110,4	180,5	277,0	61,9	42,9	96,6	79,4	198,8	114,2	97,4	0,0
2010	69,7	139,9	317,9	137,8	0,0	0,0	95,9	31,5	117,6	115,3	142,9	146,9
2011	291,0	161,9	301,4	43,4	141,9	81,2	111,5	368,7	113,0	104,6	61,7	171,4
2012	208,2	61,2	53,0	85,3	148,0	113,0	107,1	32,7	58,9	SD		
2013	SD				53,1	107,4	100,8	117,5	206,2	58,3	85,7	91,8
2014	155,3	133,0	89,8	96,5	64,0	209,9	37,6	103,6	128,4	77,7	67,7	138,3
2015	127,4	298,6	180,5	108,4	190,6	93,4	209,2	80,7	280,1	255,6	216,9	148,9
2016	200,3	210,0	316,9	116,2	68,6	47,2	120,4	87,3	142,3	143,4	41,3	396,9
2017	276,8	62,1	296,0	113,4	245,0	97,0	4,6	100,3	148,8	124,6	154,3	196,3
2018	539,8	129,5										

Fonte: Autora (2018)

Quadro 9 - Comparativo Pluviômetro 1 e 2

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2002	7,4%	6,2%	5,2%	6,1%	7,0%	6,4%	3,9%	0,4%	5,0%	1,0%	13,0%	9,3%
2003	6,5%	15,9%	36,3%	27,4%	5,4%	4,4%	1,4%	10,2%	2,8%	2,3%	1,1%	6,2%
2004	28,9%	84,3%	26,6%	20,0%	56,6%	47,9%	25,6%	23,5%	27,9%	15,0%	30,2%	28,4%
2005	27,8%	25,7%	23,6%	23,2%	26,4%	28,8%	34,3%	34,2%	30,8%	23,9%	34,3%	17,2%
2006	30,2%	97,8%	30,8%	32,4%	25,2%	36,4%	22,4%	18,7%	13,7%	16,6%	13,8%	18,3%
2007	20,0%	15,7%	12,6%	17,4%	11,9%	24,7%	14,6%	2,1%	12,2%	9,3%	18,6%	9,2%
2008	11,4%	9,0%	17,7%	6,8%	6,9%	7,1%	19,0%	1,1%	3,2%	15,2%	13,1%	9,9%
2009	10,7%	10,3%	10,6%	9,8%	19,1%	15,4%	14,4%	14,0%	11,8%	12,3%	11,3%	100,0%
2010	58,3%	12,6%	8,2%	27,5%	100,0%	100,0%	8,2%	0,7%	8,4%	6,2%	8,4%	13,7%
2011	8,3%	41,6%	13,1%	2,2%	8,7%	12,2%	11,5%	10,3%	50,1%	15,1%	11,7%	31,4%
2012	7,9%	42,2%	12,5%	6,5%	10,3%	12,8%	39,5%	18,3%	23,9%	98,2%	100,0%	100,0%
2013	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	9,7%	11,6%	10,0%	14,9%	13,9%	14,5%	15,6%	14,6%
2014	14,7%	14,5%	17,2%	16,8%	14,4%	15,2%	5,6%	21,6%	16,8%	34,5%	10,7%	12,9%
2015	13,2%	12,7%	13,6%	2,6%	25,2%							

Fonte: Autora (2018)

A maior parte das leituras encontra-se com diferenças de até 15% entre as duas estações. Um total de 15 meses apresentou diferença de mais de 50%, sendo que, em 2 desses períodos a diferença foi igual ou maior a 97,8% e em outros 9 meses chegou a 100%. A leitura do Pluviômetro 2, nesses casos, atingiu no máximo 2mm mensais em meses tradicionalmente chuvosos, levando à conclusão de que houve falha na leitura desses períodos ou no funcionamento da estação, motivo pelo qual, para esses 11 meses, apenas o Pluviômetro 1 foi levado em consideração. Com exceção dos casos mencionados, as duas estações apresentaram valores coerentes de precipitação entre si.

Também foi realizada a análise comparando as leituras do Pluviômetro 2 e 5. Apenas 6 meses obtinham dados em ambas as estações e é esperado que haja alguma diferença entre as leituras, uma vez que os pluviômetros localizam-se em bairros diferentes. A diferença percentual entre elas está na Tabela 4.

Tabela 4 - Comparativo Pluviômetro 2 e 3

2015	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>
	25%	0%	5%	18%
2017	<b>Abril</b>	<b>Mai</b>		
	7%	10%		

Fonte: Autora (2018)

Juntando todos os dados obtidos e realizando a média das leituras mensais quando havia mais de um pluviômetro válido, obteve-se a série histórica, totais anuais, média anual e média mensal da pluviosidade para a subárea Central de janeiro de 2000 a fevereiro de 2018, exibida no Quadro 10.

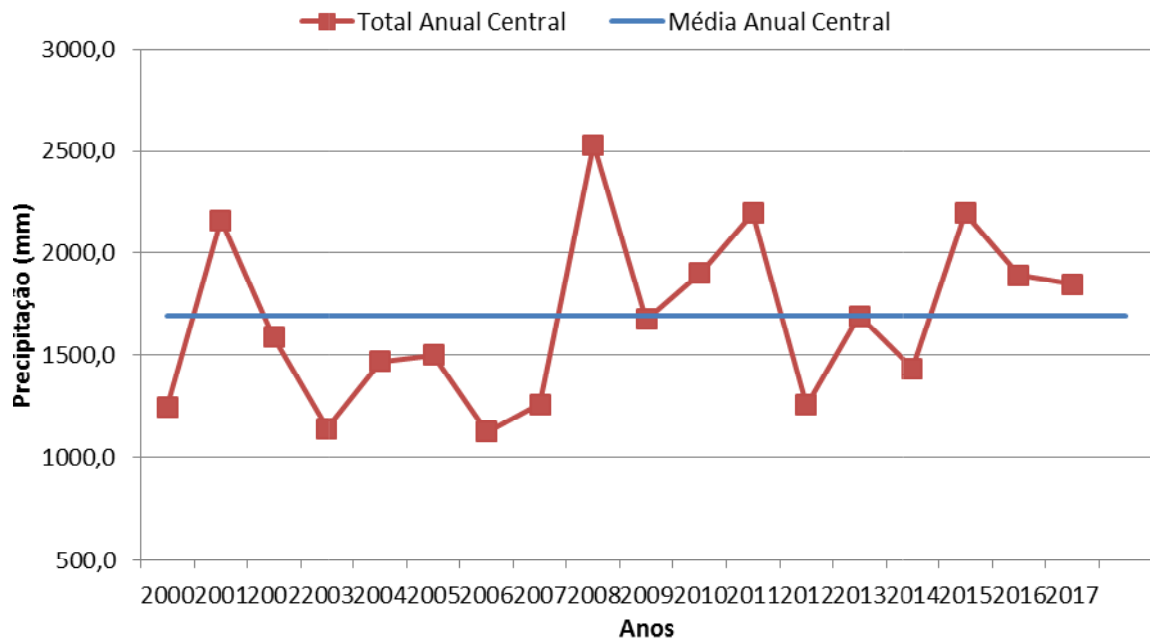
Quadro 10 - Série histórica subárea Central

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total	Média Ano
2000	145,5	252,1	137,7	62,4	13,1	80,2	39,4	42,4	134,1	114,5	80,7	143,6	1245,7	103,8
2001	117,2	533,2	207,5	291,6	202,0	128,0	68,6	23,0	169,3	145,6	173,0	103,2	2162,2	180,2
2002	160,5	222,7	81,6	210,7	62,1	43,6	103,1	112,4	106,3	157,6	121,8	204,4	1586,7	132,2
2003	66,0	136,3	128,2	66,8	22,2	67,0	19,6	11,8	78,0	135,9	157,3	250,8	1139,8	95,0
2004	251,6	56,1	212,4	162,2	133,4	77,9	75,5	22,2	89,3	108,0	98,0	182,6	1469,0	122,4
2005	127,8	110,0	114,1	140,0	193,0	27,7	74,4	204,9	204,5	153,2	76,2	73,5	1499,2	124,9
2006	134,3	128,5	79,7	60,8	35,8	25,4	39,2	48,1	31,8	87,0	382,1	70,9	1123,4	93,6
2007	60,1	67,2	157,7	58,9	146,6	4,1	166,2	145,5	120,0	146,0	92,5	93,9	1258,7	104,9
2008	381,4	146,6	277,9	239,8	75,1	70,3	7,1	62,8	201,3	253,2	615,5	200,4	2531,2	210,9
2009	160,3	116,8	191,2	292,0	69,2	46,8	104,8	85,9	212,0	122,2	103,7	170,7	1675,6	139,6
2010	118,5	150,0	332,1	164,0	334,5	119,1	100,2	31,6	122,9	119,1	149,5	158,6	1900,0	158,3
2011	304,2	219,6	324,1	43,9	148,7	86,9	118,7	389,9	169,7	113,9	65,8	210,6	2195,8	183,0
2012	217,1	83,5	56,8	88,2	156,6	121,2	142,1	36,4	68,2	110,2	93,5	83,0	1256,7	104,7
2013	45,5	222,5	403,8	135,2	55,9	114,4	106,3	127,8	222,8	63,3	93,6	99,7	1690,8	140,9
2014	168,7	144,3	99,1	106,2	69,3	228,7	38,7	117,9	141,4	98,1	71,8	148,6	1432,8	119,4
2015	137,1	320,3	194,7	106,9	222,6	93,4	209,2	70,4	279,9	269,6	142,5	148,9	2195,6	183,0
2016	200,3	210,0	316,9	116,2	68,6	47,2	120,4	87,3	142,3	143,4	41,3	396,9	1890,6	157,6
2017	276,8	62,1	296,0	78,4	307,5	97,0	4,6	100,3	148,8	124,6	154,3	196,3	1846,6	153,9
2018	539,8	129,5												
Média Meses	190,1	174,3	200,6	134,7	128,7	82,2	85,4	95,6	146,8	137,0	150,7	163,1	1689,2	

Fonte: Autora (2018)

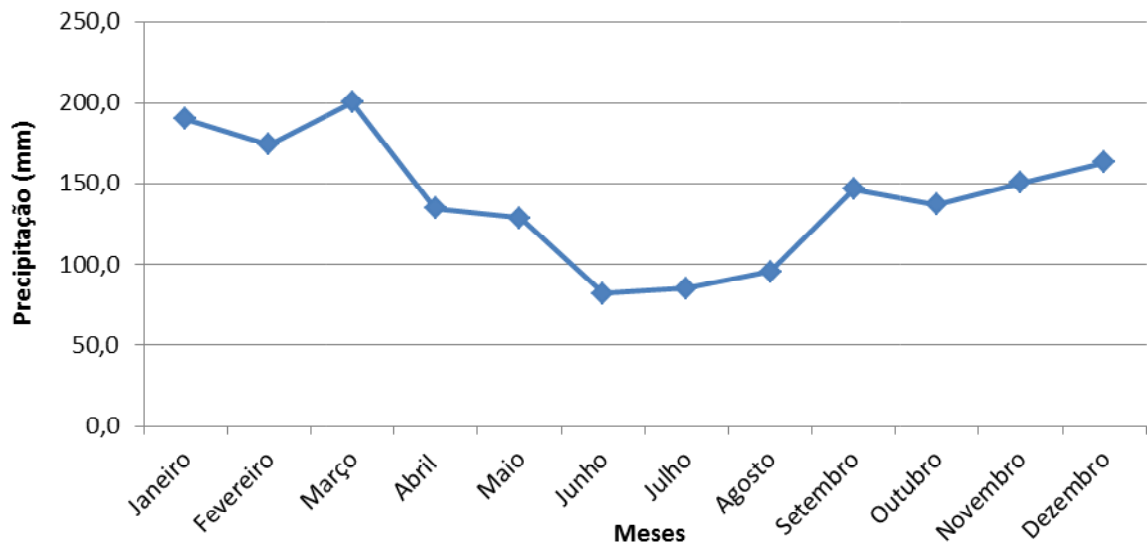
As médias mensais demonstram claramente que o período mais chuvoso está entre os meses considerados quentes (outubro a março), sendo março e janeiro com maiores médias – 200,6 e 190,1, respectivamente. Os anos com maior precipitação foram 2008, 2011 e 2016, anos em que há muita evidência documentada em jornais de grande ocorrência de deslizamentos. Os dois primeiros meses do ano de 2018 foram marcados com mais de 100 registros relacionados a movimentos de massa nessa subárea e apresenta um acumulado de 669,3mm, correspondendo a quase 40% da média anual de 1689,2mm encontrada pra a região, indicando que esse ano poderá ser um dos com maiores acumulados. Esses indícios corroboram com a afirmação de que os movimentos de massa apresentam íntima relação com a pluviosidade. Os totais anuais e média anual da subárea estão representados na Figura 31 e as médias mensais na Figura 32.

Figura 31 - Totais e média anual da subárea Central (em mm)



Fonte: Autora (2018)

Figura 32 - Médias mensais da subárea Central (em mm)



Fonte: Autora (2018)

### 5.1.2 Continente

Os Pluviômetros 8, do CEMADEN, e 13, disponibilizado pela ANA, foram os escolhidos para caracterizar a subárea Continente. Os períodos utilizados para a construção da série histórica foram:

- Pluviômetro 8 (CEMADEN) – 01/08/2015 a 28/02/2018;
- Pluviômetro 13 (ANA) – 01/07/1948 a 31/05/1950; 01/01/1951 a 30/04/1958; 01/07/1961 a 31/01/1963; 01/06/1963 a 31/01/1968; 01/04/1968 a 30/04/1985; 01/07/1985 a 31/07/1985; 01/09/1985 a 31/10/1985; 01/12/1985 a 31/12/1985; 01/01/1988 a 31/12/1990; 01/01/1992 a 31/12/1999; 01/09/2001 a 31/11/2014; 01/01/2015 a 30/06/2017.

Os totais mensais utilizados para a análise e a comparação entre as leituras, feita de agosto de 2015 a junho de 2017, encontram-se no Quadro 11 e 13. O Quadro 12 detalha a comparação entre os pluviômetros adotados.

Quadro 11 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 8 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	35,1	122,8	138,9	66,3	82,4
2016	104,9	112,3	141,2	57,5	35,8	24,9	55,8	41,5	138,1	157,5	44,2	522,0
2017	179,6	81,7	159,9	155,7	234,9	108,9	4,4	103,0	98,4	114,4	92,2	166,6
2018	331,2	100,6										

Fonte: Autora (2018)

Quadro 12 - Comparação Pluviômetro 8 e 13

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015								52%	53%	53%	60%	64%
2016	57%	51%	50%	45%	51%	42%	53%	47%	18%	11%	7%	52%
2017	11%	39%	29%	32%	1%	0%						

Fonte: Autora (2018)

As maiores diferenças percentuais concentram-se no primeiro ano de funcionamento do Pluviômetro 8, em agosto de 2015. O ano de 2015 foi um período mais chuvoso do que a média do Município, de forma que a maior quantidade de dias chuvosos pode gerar leituras mais discrepantes em pontos diferentes, além de haver a possibilidade de que o pluviômetro não estivesse instalado corretamente neste momento.

Reunindo os dados obtidos, a série histórica, totais e médias da subárea Continente, está no Quadro 14.

Quadro 13 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 13 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
1948	SD						135,1	155	91,8	152,9	16,6	53,7	
1949	274	182,6	217,2	169,9	27,3	209,6	23,4	80,8	66,4	40,8	66,4	78,6	
1950	251,8	148,7	292,6	136,5	75,2	SD							
1951	355,2	165,7	57,7	36,7	27	43,5	28,1	3,8	66,5	128,9	64,7	86	
1952	222,8	31,7	66,1	19,5	71,1	72,4	34,0	10,6	58,1	204,8	116,1	178,7	
1953	62,9	59,8	28,3	35,1	113,6	5,7	60,1	51,5	55,8	150,5	64	207,7	
1954	137,0	284,9	188	212	165,9	57,5	131,6	42,3	142,4	189,4	85,1	72,2	
1955	40,9	47,6	152,5	120,9	123,6	48,8	162,1	41,6	87,3	39,8	133,7	119,1	
1956	137,4	190,1	252,6	94,4	98,5	111	55,4	33,7	104,6	82,5	20,9	111,3	
1957	56,4	147,9	127,7	242,1	139,7	63,8	114,2	176,6	211,5	110,1	442,2	164,5	
1958	124,4	90,7	153,7	96,8	SD								
1959	SD												
1960	SD												
1961	SD						47,1	22,3	236,7	154	122,4	138,1	
1962	104,2	204,3	267,4	58,8	85,8	25,9	100,6	13,6	110,5	54,3	50,1	35,6	
1963	325,9	SD					24,2	39,5	58,2	145,2	124,9	94,3	29,8
1964	28,5	53,2	70,4	79,1	88,6	68,3	61,2	25,9	70,5	176,8	36,4	67,6	
1965	54,7	79,9	139,4	71,8	70,9	32,8	74,5	122,4	106,1	47,9	245,1	120,2	
1966	137,3	316,1	123,6	249,8	81,4	94,8	33,7	71,7	54,2	149,8	62,4	243	
1967	215,2	185,6	70,1	71,6	33	119,1	94,4	48	206,6	115,1	141,4	111,7	
1968	97,5	0	55,3	3,4	42,6	74,6	34,3	154,3	147,2	148,1	127,1		
1969	198	102,5	163,1	145,6	88,9	181,6	34,1	73,8	43,1	85,4	219	169,8	
1970	207,6	244,8	201	76,2	101,8	132,3	103,2	135,7	86,8	80,7	86,0	128,0	
1971	173,0	259,2	463,8	145,2	108,8	128,3	77	95,8	239,7	97,5	105,5	25,6	
1972	152,7	296,3	111,9	80,9	26,5	110,3	90,5	235,5	123	111,3	120,2	192,2	
1973	179,6	134	108	130,9	105,9	109,2	46,3	202,4	94,1	71,5	96	210	
1974	121,1	221,5	273,6	26	75,9	114,9	98,2	40	65,2	85,6	119,8	64,8	
1975	74,2	147,5	187,9	66,7	88,4	66,3	36,4	109,1	213,2	144,4	188,7	161,3	
1976	168,5	165,1	151	22,6	345,1	101,2	93,9	118	87,4	83,4	179	250,1	
1977	162,8	387,8	109,9	67,7	30,7	24,9	38,6	291,5	227,4	194,2	175,2	201,7	
1978	159,0	115,5	483,8	14,1	76,8	57,9	62,5	59,9	138,2	106,7	102,8	248,5	
1979	18,3	75,2	68,8	112,3	SD	20,4	20,2	69,4	47,7	156,6	96,3	81,7	
1980	230,6	112,6	70,2	22,7	28,5	49,6	142	34,1	69,1	80,8	47,1	139,6	
1981	109,9	104,5	263,9	52,5	168,9	59,2	86,7	40,0	69,4	169,8	112,7	180,2	
1982	103,3	186,7	432,5	78,2	115,7	112,3	23,1	50,8	15,1	145,3	182,9	77,5	
1983	279,3	229	153,6	178,3	204	176,5	503,6	96,6	147,6	56	191,9	365,5	
1984	243,8	76,8	139,8	119,2	89,8	102,6	90,4	261,7	136,7	90,6	269,5	SD	
1985	226,1	271,7	232,2	14,7	SD			65,6	SD	57,3	131,8	SD	64,5
1986	SD												
1987	SD												
1988	103,9	85,5	191,3	82	71,8	29,5	4,4	8,5	87,1	93,6	11,9	61,6	
1989	365,7	177,2	125,5	108,4	164,7	38,8	61,3	24,3	170,9	66,3	49	144,5	
1990	270,4	283,6	154,2	195,7	64,7	80,1	175,8	117,7	142,9	174,9	143,5	145,5	
1991	SD												
1992	243,3	138,1	240	36,4	200,2	69,5	143,6	122,6	64,6	36,1	136,3	50,1	
1993	247,2	206	136,9	122,9	105	69,3	185,6	12,7	229,4	123,6	23,2	182	
1994	111,7	211	244	133,6	221,9	82,2	117,8	12,6	18,4	109,2	134,5	231,3	
1995	367,6	247,2	239,3	36,4	5,7	103,8	56,0	60,2	106,2	138,2	115,8	190,8	
1996	206,8	247,7	249,7	49,7	7,4	153,8	108,9	91,6	222,9	103,3	62,3	163,7	
1997	625,0	227,0	50,0	109,5	46,7	38,2	87,1	55,9	181,9	339	233,6	180,0	
1998	305,6	186,3	135,7	67,6	72,6	79,2	90,1	226,3	255,7	147,7	131,6	114,7	
1999	260,9	218,3	75,9	94,1	51	116,5	161,5	27,7	89,4	230,1	231,3	94,3	
2000	SD												
2001	SD								41	259,1	141,3	76,8	
2002	229,9	116,4	117,2	207,4	88	35,8	98,8	110,6	86,5	173,8	133,6	180,8	
2003	113,5	78,2	126,1	75,4	46,3	84,2	23,3	10	109,8	111,3	108,5	255,9	
2004	375,3	196	207,8	127,8	204,2	92,5	83,1	28,5	127,8	134,7	130,1	260,6	
2005	211,9	238,1	134	164,3	202	31	76	163,6	307,1	202,7	89	90,6	
2006	183,2	174,2	67,8	68,1	49,2	35,2	41,4	56,5	44	95,9	242,4	83,7	
2007	87,3	140,1	213,7	41,2	142	6,9	174,3	89,7	137	147,8	102,8	141,4	
2008	354,9	436,8	243	207,8	71,9	68,6	8,9	60,7	230,4	286,5	614,9	304,5	
2009	216,7	141,8	219,6	314,2	81,8	33,9	114,9	127,8	219,1	100,7	121,3	112,5	
2010	223	174,1	267,2	123,5	443	85,4	96,2	67	156,4	134	156,3	114,7	
2011	296,4	284,8	284,9	52,3	111,8	81	125,1	371,9	256,6	79,7	87,5	228,1	
2012	353,5	72,7	110,4	80,7	118,0	140,8	161,9	60,7	64,2	107,4	103,4	86,8	
2013	92,4	197,2	324,9	167,2	54,0	121,4	0,8	130,6	224,4	65,7	107,9	90,9	
2014	201,8	124,7	129,0	106,1	85,5	244,7	55,3	90,2	153,3	138,9	22,3	SD	
2015	189,6	300,1	148,6	67,5	203,1	90,7	131,6	73,9	261,3	295,4	165,1	230,9	
2016	242,9	229,4	281,4	104,9	73,5	42,9	117,5	77,6	112,9	177,9	47,4	252,8	
2017	200,7	133,4	226,4	105,3	231,7	108,5	SD						

Fonte: Autora (2018)

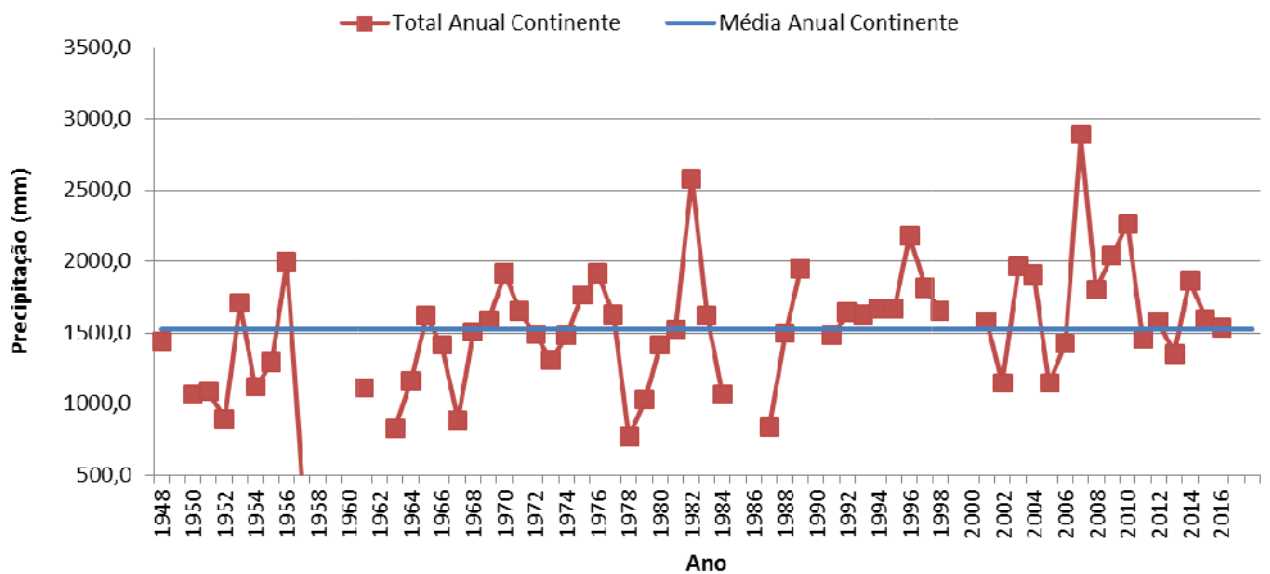
Quadro 14- Série histórica subárea Continente

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Ano	Média Ano		
1948	SD							135,1	155,0	91,8	152,9	16,6	53,7			
1949	274,0	182,6	217,2	169,9	27,3	209,6	23,4	80,8	66,4	40,8	66,4	78,6	1437,0	119,8		
1950	251,8	148,7	292,6	136,5	75,2	SD										
1951	355,2	165,7	57,7	36,7	27,0	43,5	28,1	3,8	66,5	128,9	64,7	86,0	1063,8	88,7		
1952	222,8	31,7	66,1	19,5	71,1	72,4	34,0	10,6	58,1	204,8	116,1	178,7	1085,9	90,5		
1953	62,9	59,8	28,3	35,1	113,6	5,7	60,1	51,5	55,8	150,5	64,0	207,7	895,0	74,6		
1954	137,0	284,9	188,0	212,0	165,9	57,5	131,6	42,3	142,4	189,4	85,1	72,2	1708,3	142,4		
1955	40,9	47,6	152,5	120,9	123,6	48,8	162,1	41,6	87,3	39,8	133,7	119,1	1117,9	93,2		
1956	137,4	190,1	252,6	94,4	98,5	111,0	55,4	33,7	104,6	82,5	20,9	111,3	1292,4	107,7		
1957	56,4	147,9	127,7	242,1	139,7	63,8	114,2	176,6	211,5	110,1	442,2	164,5	1996,7	166,4		
1958	124,4	90,7	153,7	96,8	SD									465,6	116,4	
1959	SD															
1960	SD															
1961	SD							47,1	22,3	236,7	154,0	122,4	138,1			
1962	104,2	204,3	267,4	58,8	85,8	25,9	100,6	13,6	110,5	54,3	50,1	35,6	1111,1	170,9		
1963	325,9	SD					24,2	39,5	58,2	145,2	124,9	94,3	29,8			
1964	28,5	53,2	70,4	79,1	88,6	68,3	61,2	25,9	70,5	176,8	36,4	67,6	826,5	127,2		
1965	54,7	79,9	139,4	71,8	70,9	32,8	74,5	122,4	106,1	47,9	245,1	120,2	1165,7	179,3		
1966	137,3	316,1	123,6	249,8	81,4	94,8	33,7	71,7	54,2	149,8	62,4	243,0	1617,8	248,9		
1967	215,2	185,6	70,1	71,6	33,0	119,1	94,4	48,0	206,6	115,1	141,4	111,7	1411,8	217,2		
1968	97,5	SD		55,3	3,4	42,6	74,6	34,3	154,3	147,2	148,1	127,1	884,4	160,8		
1969	198,0	102,5	163,1	145,6	88,9	181,6	34,1	73,8	43,1	85,4	219,0	169,8	1504,9	231,5		
1970	207,6	244,8	201,0	76,2	101,8	132,3	103,2	135,7	86,8	80,7	86,0	128,0	1584,1	243,7		
1971	173,0	259,2	463,8	145,2	108,8	128,3	77,0	95,8	239,7	97,5	105,5	25,6	1919,4	295,3		
1972	152,7	296,3	111,9	80,9	26,5	110,3	90,5	235,5	123,0	111,3	120,2	192,2	1651,3	254,0		
1973	179,6	134,0	108,0	130,9	105,9	109,2	46,3	202,4	94,1	71,5	96,0	210,0	1487,9	228,9		
1974	121,1	221,5	273,6	26,0	75,9	114,9	98,2	40,0	65,2	85,6	119,8	64,8	1306,6	201,0		
1975	74,2	147,5	187,9	66,7	88,4	66,3	36,4	109,1	213,2	144,4	188,7	161,3	1484,1	228,3		
1976	168,5	165,1	151,0	22,6	345,1	101,2	93,9	118,0	87,4	83,4	179,0	250,1	1765,3	271,6		
1977	162,8	387,8	109,9	67,7	30,7	24,9	38,6	291,5	227,4	194,2	175,2	201,7	1912,4	294,2		
1978	159,0	115,5	483,8	14,1	76,8	57,9	62,5	59,9	138,2	106,7	102,8	248,5	1625,7	250,1		
1979	18,3	75,2	68,8	112,3	SD			20,4	20,2	69,4	47,7	156,6	96,3	81,7	766,9	127,8
1980	230,6	112,6	70,2	22,7	28,5	49,6	142,0	34,1	69,1	80,8	47,1	139,6	1026,9	158,0		
1981	109,9	104,5	263,9	52,5	168,9	59,2	86,7	40,0	69,4	169,8	112,7	180,2	1417,7	218,1		
1982	103,3	186,7	432,5	78,2	115,7	112,3	23,1	50,8	15,1	145,3	182,9	77,5	1523,4	234,4		
1983	279,3	229,0	153,6	178,3	204,0	176,5	503,6	96,6	147,6	56,0	191,9	365,5	2581,9	397,2		
1984	243,8	76,8	139,8	119,2	89,8	102,6	90,4	261,7	136,7	90,6	269,5	50	1620,9	270,2		
1985	226,1	271,7	232,2	14,7	SD			65,6	SD	57,3	131,8	SD	64,5	1063,9	236,4	
1986	SD															
1987	SD															
1988	103,9	85,5	191,3	82,0	71,8	29,5	4,4	8,5	87,1	93,6	11,9	61,6	831,1	127,9		
1989	365,7	177,2	125,5	108,4	164,7	38,8	61,3	24,3	170,9	66,3	49,0	144,5	1496,6	230,2		
1990	270,4	283,6	154,2	195,7	64,7	80,1	175,8	117,7	142,9	174,9	143,5	145,5	1949,0	299,8		
1991	SD															
1992	243,3	138,1	240,0	36,4	200,2	69,5	143,6	122,6	64,6	36,1	136,3	50,1	1480,8	227,8		
1993	247,2	206,0	136,9	122,9	105,0	69,3	185,6	12,7	229,4	123,6	23,2	182,0	1643,8	252,9		
1994	111,7	211,0	244,0	133,6	221,9	82,2	117,8	12,6	18,4	109,2	134,5	231,3	1628,2	250,5		
1995	367,6	247,2	239,3	36,4	5,7	103,8	56,0	60,2	106,2	138,2	115,8	190,8	1667,2	256,5		
1996	206,8	247,7	249,7	49,7	7,4	153,8	108,9	91,6	222,9	103,3	62,3	163,7	1667,8	256,6		
1997	625,0	227,0	50,0	109,5	46,7	38,2	87,1	55,9	181,9	339,0	233,6	180,0	2173,9	334,4		
1998	305,6	186,3	135,7	67,6	72,6	79,2	90,1	226,3	255,7	147,7	131,6	114,7	1813,1	278,9		
1999	260,9	218,3	75,9	94,1	51,0	116,5	161,5	27,7	89,4	230,1	231,3	94,3	1651,0	254,0		
2000	SD															
2001	SD									41,0	259,1	141,3	76,8			
2002	229,9	116,4	117,2	207,4	88,0	35,8	98,8	110,6	86,5	173,8	133,6	180,8	1578,8	242,9		
2003	113,5	78,2	126,1	75,4	46,3	84,2	23,3	10,0	109,8	111,3	108,5	255,9	1142,5	175,8		
2004	375,3	196,0	207,8	127,8	204,2	92,5	83,1	28,5	127,8	134,7	130,1	260,6	1968,4	302,8		
2005	211,9	238,1	134,0	164,3	202,0	31,0	76,0	163,6	307,1	202,7	89,0	90,6	1910,3	293,9		
2006	183,2	174,2	67,8	68,1	49,2	35,2	41,4	56,5	44,0	95,9	242,4	83,7	1141,6	175,6		
2007	87,3	140,1	213,7	41,2	142,0	6,9	174,3	89,7	137,0	147,8	102,8	141,4	1424,2	219,1		
2008	354,9	436,8	243,0	207,8	71,9	68,6	8,9	60,7	230,4	286,5	614,9	304,5	2888,9	444,4		
2009	216,7	141,8	219,6	314,2	81,8	33,9	114,9	127,8	219,1	100,7	121,3	112,5	1804,3	277,6		
2010	223,0	174,1	267,2	123,5	443,0	85,4	96,2	67,0	156,4	134,0	156,3	114,7	2040,8	314,0		
2011	296,4	284,8	284,9	52,3	111,8	81,0	125,1	371,9	256,6	79,7	87,5	228,1	2260,1	347,7		
2012	353,5	72,7	110,4	80,7	118,0	140,8	161,9	60,7	64,2	107,4	103,4	86,8	1460,5	224,7		
2013	92,4	197,2	324,9	167,2	54,0	121,4	0,8	130,6	224,4	65,7	107,9	90,9	1577,4	242,7		
2014	201,8	124,7	129,0	106,1	85,5	244,7	55,3	90,2	153,3	138,9	22,3	50	1351,8	225,3		
2015	189,6	300,1	148,6	67,5	203,1	90,7	131,6	54,5	192,1	217,1	115,7	156,7	1867,3	287,3		
2016	173,9	170,9	211,3	81,2	54,7	33,9	86,6	59,5	125,5	167,7	45,8	387,4	1598,4	245,9		
2017	190,1	107,5	193,2	130,5	233,3	108,7	4,4	103,0	98,4	114,4	92,2	166,6	1542,3	237,3		
2018	331,2	100,6														
Média Mês	199,5	176,7	180,7	102,6	106,3	81,4	87,0	86,4	129,2	129,6	131,2	148,3	1523,4			

Fonte: Autora (2018)

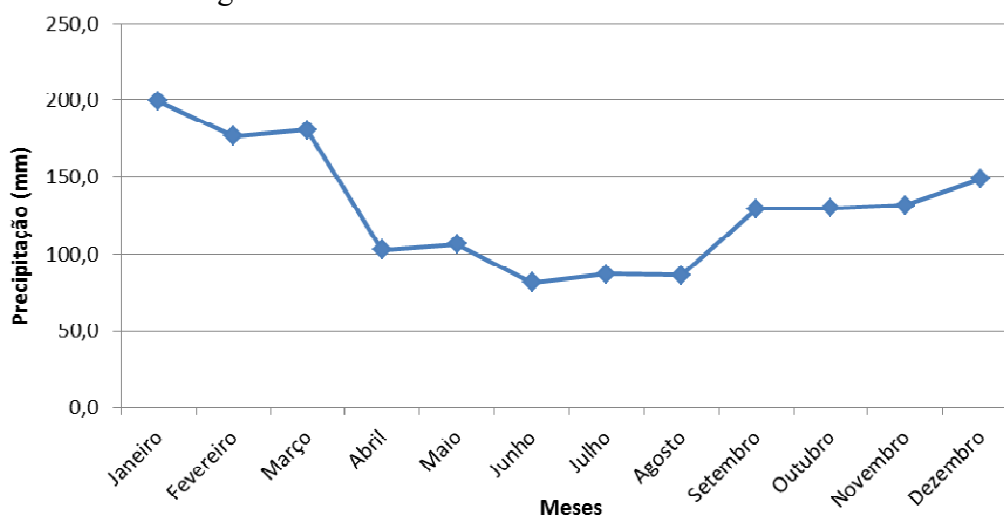
Os meses com maiores acumulados mensais estão entre outubro e março, sendo janeiro o maior deles com 199,5mm e seguido de março e fevereiro, com 180,7 e 176,7, respectivamente. O mês de junho é com menor precipitação média mensal, com 81,4mm, menos da metade encontrada para os três meses de maior precipitação. Os anos com precipitação de destaque são de 2008, 1983, 2011 e 1997, todos ultrapassando 2100mm, e estão muito acima da média anual de precipitação é de 1523,4mm, sendo facilmente localizado. Esses anos representam momentos em que a ocorrência de movimentos de massa foi destaque nos jornais. É interessante notar que em 1997, o total mensal de janeiro ultrapassou os 600mm, e foi antecedido de um mês de dezembro com precipitação total superior à média do mês para a subárea e no mês de janeiro de 2008, a precipitação total para janeiro e fevereiro superaram os 700mm. Os totais anuais e média anual da subárea estão representados na Figura 33 e as médias mensais na Figura 34.

Figura 33 - Totais e média anual da subárea Continente



Fonte: Autora (2018)

Figura 34 - Médias mensais da subárea Continente



Fonte: Autora (2018)

### 5.1.3 Leste da Ilha

Não foi possível encontrar informações oficiais quanto a pluviômetros na região Leste de Florianópolis. Assim, foram definidos os pluviômetros 1 e 2, ambos da EPAGRI/CIRAM, para representarem essa região devido a maior proximidade dos mesmos aos principais relatos de movimentos de massa na área de estudo. A análise da série histórica da subárea Leste é semelhante à da subárea Central, com a diferença de que os períodos de 01/08/2015 a 30/11/2015 e 01/04/2017 a 31/05/2017 não sofrem influência do pluviômetro 5. Assim, para a subárea Leste, a série histórica está representada no Quadro 15.

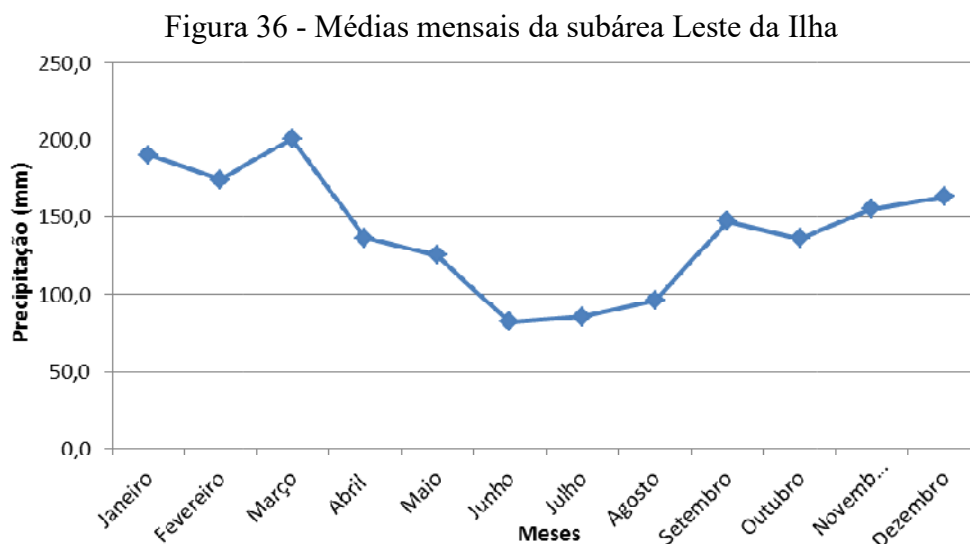
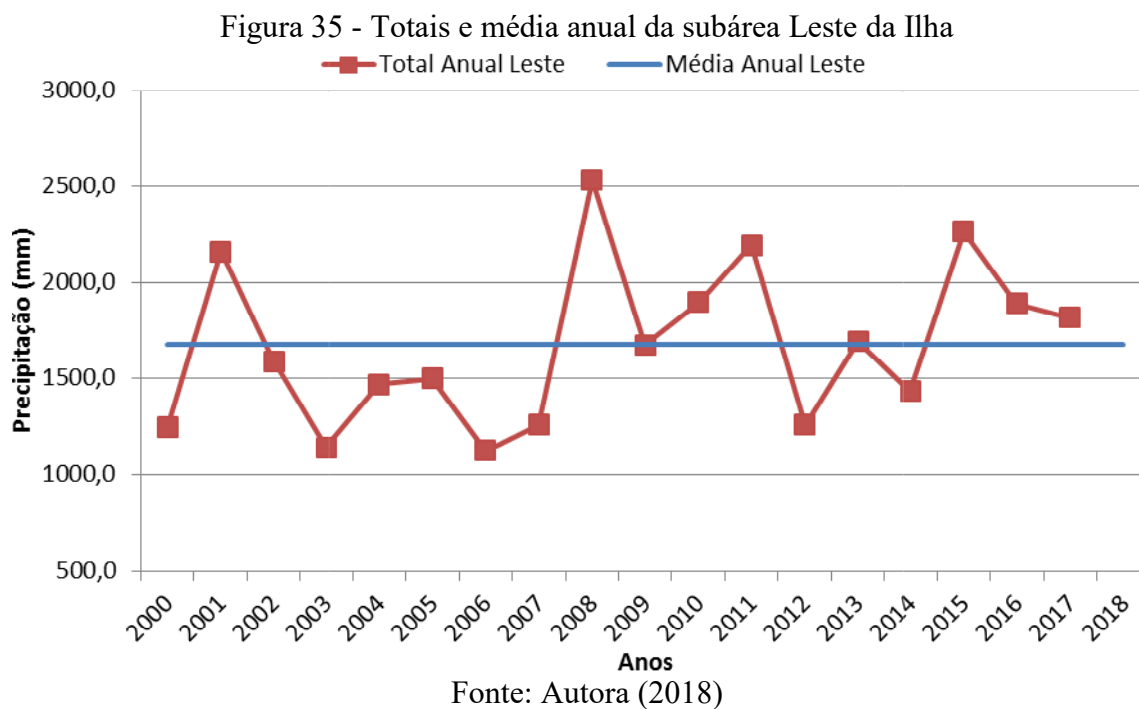
Quadro 15- Série histórica da subárea Leste da Ilha

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total	Média Ano
2000	145,5	252,1	137,7	62,4	13,1	80,2	39,4	42,4	134,1	114,5	80,7	143,6	1245,7	103,8
2001	117,2	533,2	207,5	291,6	202,0	128,0	68,6	23,0	169,3	145,6	173,0	103,2	2162,2	180,2
2002	160,5	222,7	81,6	210,7	62,1	43,6	103,1	112,4	106,3	157,6	121,8	204,4	1586,7	132,2
2003	66,0	136,3	128,2	66,8	22,2	67,0	19,6	11,8	78,0	135,9	157,3	250,8	1139,8	95,0
2004	251,6	56,1	212,4	162,2	133,4	77,9	75,5	22,2	89,3	108,0	98,0	182,6	1469,0	122,4
2005	127,8	110,0	114,1	140,0	193,0	27,7	74,4	204,9	204,5	153,2	76,2	73,5	1499,2	124,9
2006	134,3	128,5	79,7	60,8	35,8	25,4	39,2	48,1	31,8	87,0	382,1	70,9	1123,4	93,6
2007	60,1	67,2	157,7	58,9	146,6	4,1	166,2	145,5	120,0	146,0	92,5	93,9	1258,7	104,9
2008	381,4	146,6	277,9	239,8	75,1	70,3	7,1	62,8	201,3	253,2	615,5	200,4	2531,2	210,9
2009	160,3	116,8	191,2	292,0	69,2	46,8	104,8	85,9	212,0	122,2	103,7	170,7	1675,6	139,6
2010	118,5	150,0	332,1	164,0	334,5	119,1	100,2	31,6	122,9	119,1	149,5	158,6	1900,0	158,3
2011	304,2	219,6	324,1	43,9	148,7	86,9	118,7	389,9	169,7	113,9	65,8	210,6	2195,8	183,0
2012	217,1	83,5	56,8	88,2	156,6	121,2	142,1	36,4	68,2	110,2	93,5	83,0	1256,7	104,7
2013	45,5	222,5	403,8	135,2	55,9	114,4	106,3	127,8	222,8	63,3	93,6	99,7	1690,8	140,9
2014	168,7	144,3	99,1	106,2	69,3	228,7	38,7	117,9	141,4	98,1	71,8	148,6	1432,8	119,4
2015	137,1	320,3	194,7	106,9	222,6	93,4	209,2	80,7	280,1	255,6	216,9	148,9	2266,4	188,9
2016	200,3	210,0	316,9	116,2	68,6	47,2	120,4	87,3	142,3	143,4	41,3	396,9	1890,6	157,6
2017	276,8	62,1	296,0	113,4	245,0	97,0	4,6	100,3	148,8	124,6	154,3	196,3	1819,1	151,6
2018	539,8	129,5												
Média Mês	190,1	174,3	200,6	136,6	125,2	82,2	85,4	96,1	146,8	136,2	154,8	163,1	1674,6	

Fonte: Autora (2018)



As análises mensais e anuais seguem as mesmas para a subárea Central. Os totais anuais e média anual da subárea estão representados na Figura 35 e as médias mensais na Figura 36.



#### 5.1.4 Norte da Ilha

Para a subárea Norte da Ilha foram utilizados os seguintes períodos de cada pluviômetro, os dois primeiros disponibilizados pela EPAGRI/CIRAM e os outros dois pelo CEMADEN:

- Pluviômetro 3 (EPAGRI/CIRAM) – 29/01/2013 a 01/07/2013; 15/09/2013 a 19/03/2014; 01/05/2014 a 15/05/2015; 20/05/2014 a 31/05/2014; 12/06/2014 a

28/06/2014; 01/11/2014 a 27/05/2015; 19/11/2015 a 26/01/2016; 31/01/2016 a 15/02/2016; 24/02/2016 a 31/03/2018;

- Pluviômetro 4 (EPAGRI/CIRAM) – 12/11/2013 a 31/03/2018;
- Pluviômetro 7 (CEMADEN) – 01/08/2015 a 30/11/2015; 01/05/2016 a 28/02/2018;
- Pluviômetro 10 (CEMADEN) – 01/08/2015 a 31/01/2016; 01/08/2016 a 28/02/2018

Nos Quadros 16 a 19 são apresentados os dados utilizados para a análise de cada pluviômetro.

Quadro 16– Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 3 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2013	SD	187,2	313,6	117,6	27,2	96,4	SD	SD	62,8	81,2	85,6	94,0
2014	165,8	143,4	71,0	SD	63,8	90,8	SD	SD	SD	SD	71,2	148,4
2015	120,8	366,4	255,4	124,4	147,2	SD	SD	SD	SD	SD	16,6	121,0
2016	103,2	61,8	280,0	SD	96,8	64,8	143,4	116,6	166,6	188,6	50,4	311,2
2017	187,0	48,6	271,8	155,0	325,6	132,6	8,8	129,8	93,2	137,0	109,0	193,6
2018	521,8	167,4	308,4									
Média Mês	219,7	162,5	250,0	132,3	132,1	96,2	76,1	123,2	107,5	135,6	66,6	173,6

Fonte: Autora (2018)

Quadro 17 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 4 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2013	SD										57,8	83,8
2014	184,6	123,6	140,8	96,0	83,0	210,6	54,4	83,4	131,0	84,0	54,2	193,2
2015	52,4	351,8	197,6	96,4	210,4	97,2	159,6	64,8	224,8	300,6	142,8	226,2
2016	221,8	101,0	298,8	126,2	80,4	71,2	97,2	114,4	159,8	168,6	52,8	161,2
2017	238,4	60,4	231,6	110,4	235,0	132,4	7,0	109,8	79,0	127,6	124,2	168,8
2018	652,4	164,6	322,6									
Média Mês	269,9	160,3	238,3	107,3	152,2	127,9	79,6	93,1	148,7	170,2	93,5	187,4

Fonte: Autora (2018)

Quadro 18 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 7 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	57,2	241,1	304,6	21,9	SD
2016	SD	SD	SD	SD	92,4	66,6	79,8	111,1	140,9	197,7	61,7	138,8
2017	212,43	56,09	282,89	134,7	250,15	149,44	3,4	93,97	81,16	122,42	82,62	165,17
2018	387,23	125,87										

Fonte: Autora (2018)

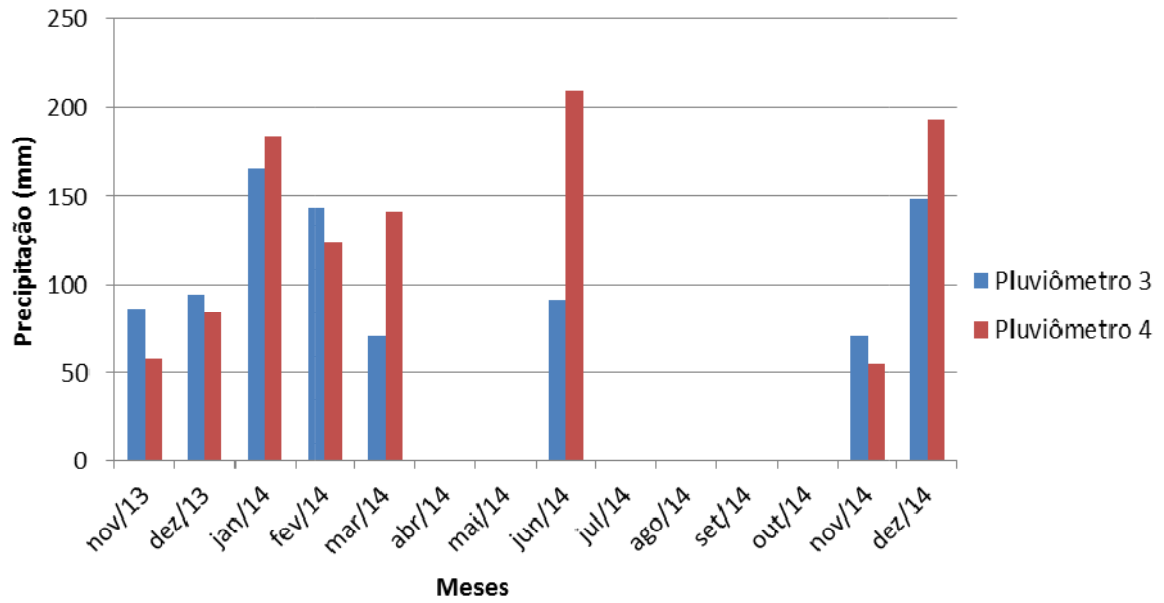
Quadro 19 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 10 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	70,4	225,3	286,8	149,8	135,7
2016	142,2	SD	SD	SD	SD	SD	SD	52,2	154,1	222,0	43,2	150,3
2017	243,47	28,34	213,61	94,67	69,15	143,21	4,97	89,32	8,4	15,2	87,22	151,16
2018	510,41	109,86										

Fonte: Autora (2018)

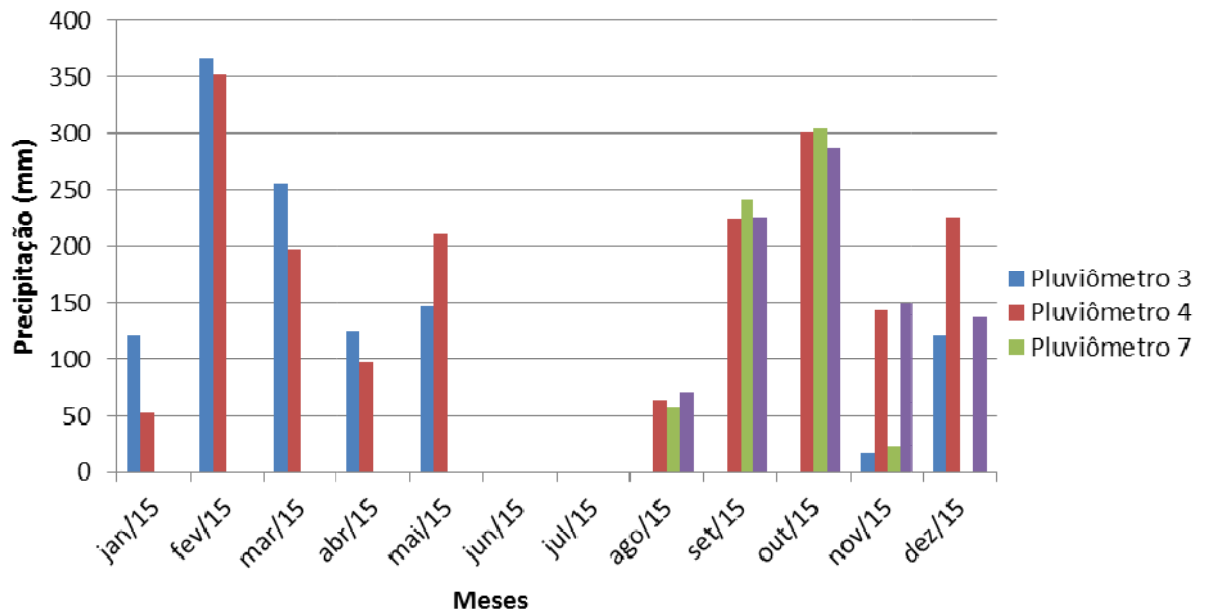
Foram elaborados gráficos para comparar as leituras dos pluviômetros, como pode ser visto na Figura 37 a Figura 41.

Figura 37 - Comparação pluviômetros 3 e 4



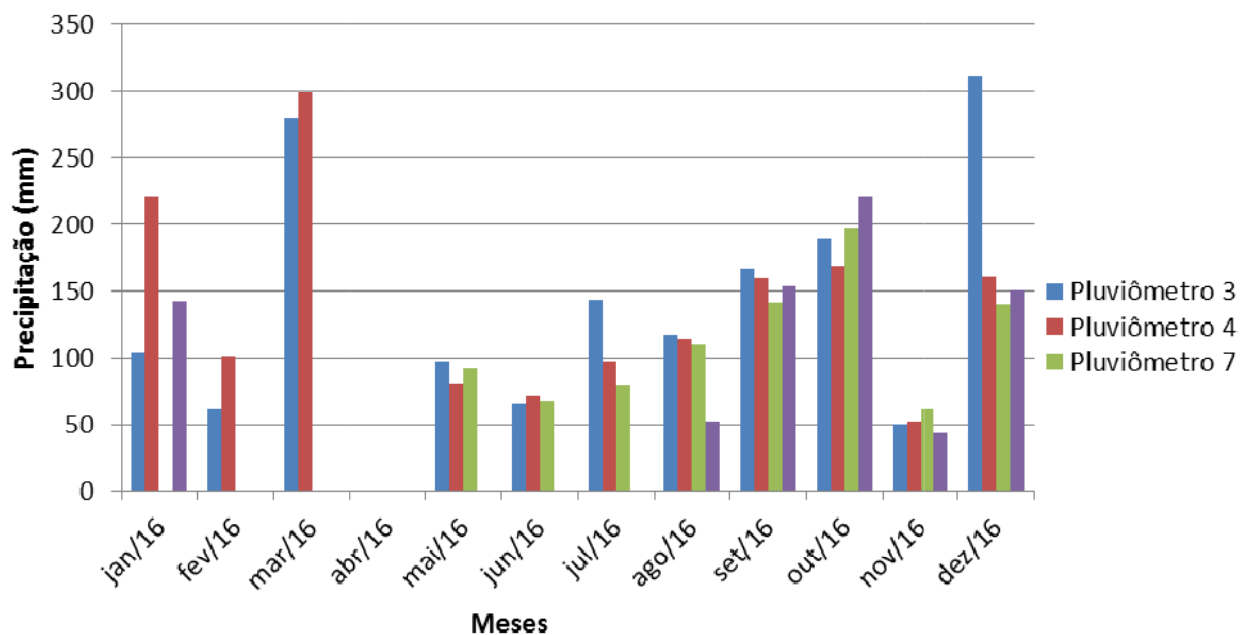
Fonte: Autora (2018)

Figura 38 - Comparação pluviômetros 3, 4, 7 e 10



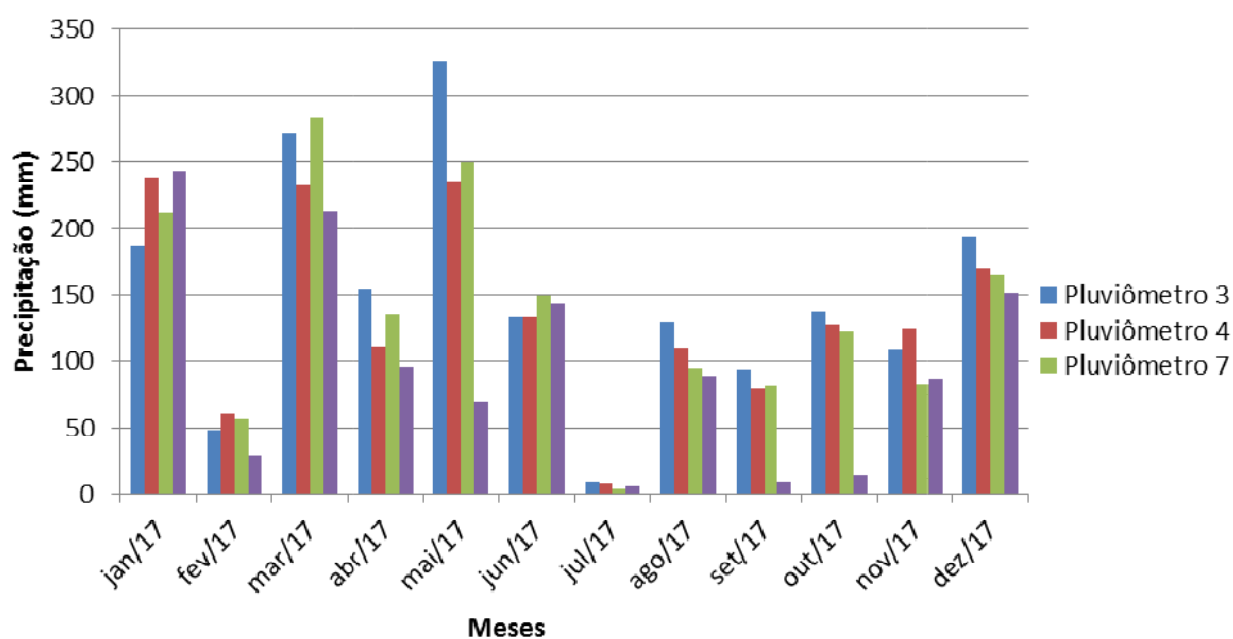
Fonte: Autora (2018)

Figura 39 - Comparação pluviômetros 3, 4, 7 e 10 (2)



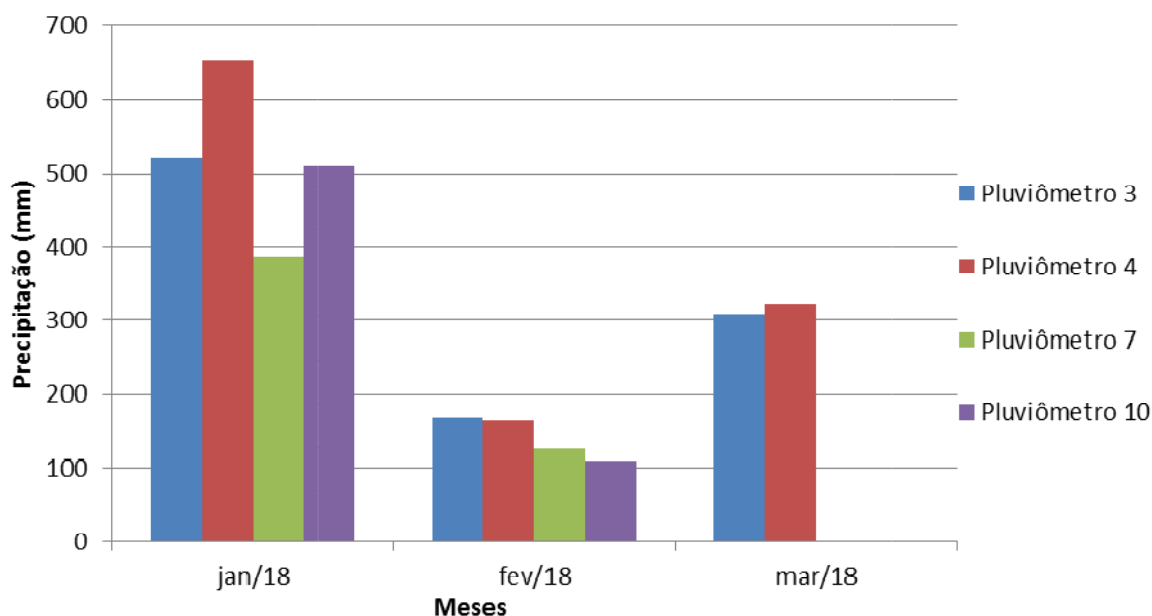
Fonte: Autora (2018)

Figura 40 - Comparação pluviômetros 3, 4, 7 e 10 (3)



Fonte: Autora (2018)

Figura 41 - Comparação pluviômetros 3, 4, 7 e 10 (4)



Fonte: Autora (2018)

De modo geral, os pluviômetros apresentam as mesmas tendências para as datas comparadas. Há destaque de diferença das leituras em novembro e dezembro de 2015 e janeiro e dezembro de 2016. Contudo, em novembro 2015 os pluviômetros 3 e 7 mostram leituras semelhantes entre si, assim como os pluviômetros 4 e 10, sendo possível que essas localidades tenham apresentados distribuições de chuvas parecidas entre si. O mesmo ocorre para o mês de dezembro de 2015 e janeiro de 2016 para os pluviômetros 3 e 10. Em dezembro de 2016, o pluviômetro 3 apresenta o dobro de chuva mensal em relação aos outros pluviômetros.

O resultado da série histórica, totais e médias está no Quadro 20.

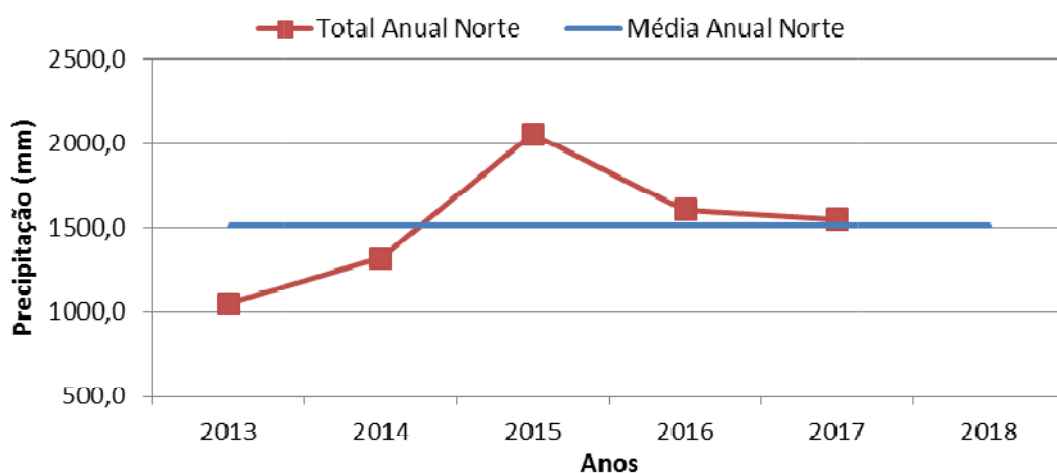
Quadro 20 - Série histórica da subárea Norte da Ilha

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total	Média Ano
2013	SD	187,2	313,6	117,6	27,2	96,4	SD	SD	62,8	81,2	71,7	88,9	1046,6	116,3
2014	175,2	133,5	105,9	96,0	73,4	150,7	54,4	83,4	131,0	84,0	62,7	170,8	1321,0	110,1
2015	86,6	359,1	226,5	110,4	178,8	97,2	159,6	64,1	230,4	297,3	82,8	161,0	2053,8	171,1
2016	155,7	81,4	289,4	126,2	89,9	67,5	106,8	98,6	155,3	194,2	52,0	190,4	1607,5	134,0
2017	220,3	48,4	250,0	123,7	220,0	139,4	6,0	105,7	65,4	100,6	100,8	169,7	1549,9	129,2
2018	518,0	141,9												
Média Mês	231,2	158,6	237,1	114,8	117,8	110,2	81,7	88,0	129,0	151,5	74,0	156,1	1515,8	

Fonte: Autora (2018)

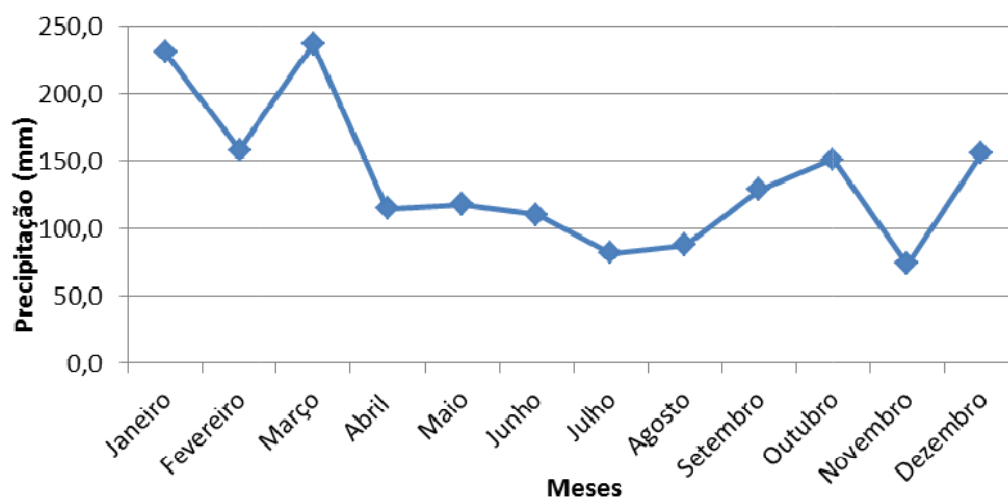
Os totais anuais e média anual da subárea estão representados na Figura 42 e as médias mensais na Figura 32 e Figura 43.

Figura 42 - Totais anuais e médio da subárea Norte



Fonte: Autora (2018)

Figura 43 - Médias mensais da subárea Norte



Fonte: Autora (2018)

O ano de 2015 aparece novamente como um ano de destaque de precipitação, com 2953,8mm, ultrapassando em mais de 30% a média anual de 1515,8mm. Um destaque para a região é o mês de novembro, que aparece como o com menor precipitação média mensal, diferindo das outras subáreas e da tendência do Município. De toda forma, os meses quentes ainda apresentam, no geral, maior precipitação, enquanto os meses de junho a agosto os menores, depois do mês de novembro. Conforme visto nas subáreas anteriores, o mês de janeiro de 2018 destaca-se com seu acumulado de 518,0mm, mais que o dobro da média para o mês.

### 5.1.5 Sul da Ilha

Os pluviômetros utilizados e seus respectivos intervalos são:

- Pluviômetro 6 (CEMADEN) – 01/08/2015 a 31/12/2016; 01/02/2017 a 28/02/2018
- Pluviômetro 9 (CEMADEN) – 01/08/2015 a 31/12/2015; 01/07/2016 a 28/02/2017
- Pluviômetro 11 (CEMADEN) – 01/08/2015 a 28/02/2016 e 01/08/2016 a 31/03/2017
- Pluviômetro 14 (ANA) – 01/01/1971 a 31/12/1981

Os Quadros 21 a 25 apresentam os dados de cada pluviômetro utilizados para as análises:

Quadro 21 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 6 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015	SD							74,6	301,7	299,2	184,1	175,2
2016	184,6	156,1	218,0	121,2	66,1	38,4	149,1	78,0	129,4	134,1	44,9	325,1
2017	SD	72,0	174,9	147,0	276,8	126,5	8,9	107,2	84,4	102,7	128,7	165,8
2018	609,3	87,0										

Fonte: Autora (2018)

Quadro 22 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 9 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015	SD							67,7	245,0	49,1	27,4	10,6
2016	SD						79,9	73,7	145,6	153,9	51,5	263,5
2017	212,8	21,1	SD									

Fonte: Autora (2018)

Quadro 23 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 11 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2015	SD							74,6	342,1	345,7	229,3	157,8
2016	289,8	33,1	SD					50,7	137,1	152,6	40,5	285,3
2017	170,5	65,4	103,6	SD								

Fonte: Autora (2018)

Quadro 24 – Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 12 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1987	SD			182,6	260,5	47	91,2	200,6	156,2	303,2	84	115
1988	255,5	182,6	134,9	104,3	126	70	30,2	41,6	237,9	109,7	21,6	161,3
1989	271,3	121,7	163	109	128	27	69	37,7	268,1	49,1	49,7	150,1
1990	243,6	40,2	66,3	117,4	61,6	71,8	37,2	65,1	82,4	63,3	38,9	65,8
1991	123,7	44	46,8	52,1	72,1	63,4	42,7	28,7	79,5	137,7	324,9	127,9
1992	207,7	53	159,7	48	181	35	152	76,2	56,8	38,3	86,5	54,5
1993	96,8	274,7	71	50,3	59,1	72,1	153,9	6,9	256,2	148,3	14,5	129,3
1994	53,6	214,7	140,1	68	174,2	41,8	77,3	SD	15	74,7	40,5	172,3
1995	136	99	32	40	5	56	64	38,9	94,1	118,9	110,8	316
1996	342,1	261,4	237,4	49,1	82,4	113,8	111,2	108,7	338,3	137,3	11,1	135,4
1997	647,5	175,4	122,6	32,3	45,1	40,8	87,5	110,5	117,4	291,8	197,8	138,4

Fonte: Autora (2018)

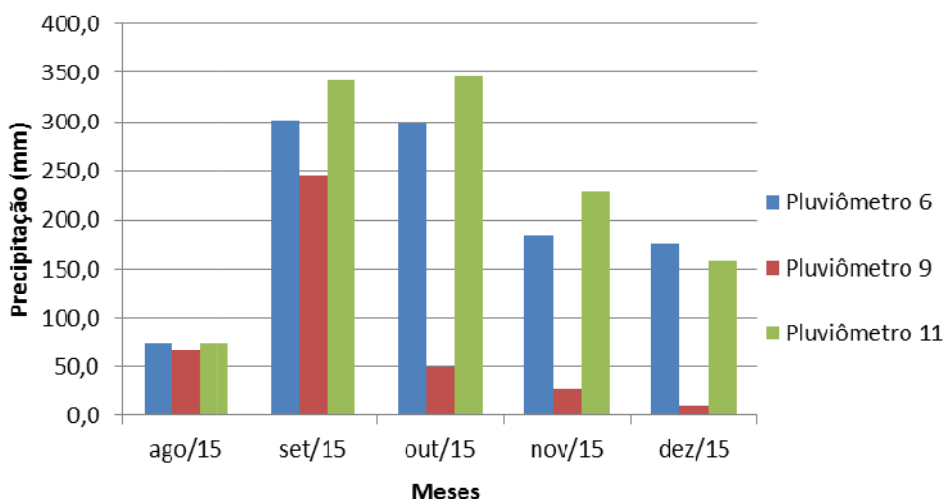
Quadro 25– Valores mensais de precipitação - Pluviômetro 14 (em mm)

Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1971	82,9	220,2	379,0	101,2	53,8	109,6	50,5	59,1	178,6	68,3	114,9	23,5
1972	115,1	332,1	135,2	86,7	29,4	164,2	81,1	187,7	117,0	147,2	92,3	248,4
1973	195,4	141,7	104,4	153,6	170,3	81,7	293,4	185,6	78,2	53,9	78,3	176,6
1974	70,3	243,6	438,2	31,5	97,7	117,5	105,4	55,1	50,0	85,5	98,1	64,8
1975	164,7	111,0	167,5	64,3	115,3	58,5	47,3	170,3	212,1	177,4	121,7	133,1
1976	210,0	112,8	100,7	18,2	406,8	95,4	113,7	126,8	113,4	72,0	220,0	199,2
1977	152,9	307,5	131,2	56,0	37,9	28,9	57,2	304,1	151,5	182,1	166,3	203,3
1978	104,3	167,2	384,4	23,6	35,7	51,2	58,2	57,1	134,2	102,1	81,2	280,9
1979	66,2	202,4	259,8	170,4	140,3	44,3	60,6	74,7	145,8	199,9	199,9	145,2
1980	236,8	278,3	80,9	95,9	43,0	58,9	165,3	141,6	83,6	130,3	48,5	266,1
1981	55,3	152,4	208,0	135,2	209,1	196,0	87,6	46,0	82,2	153,7	81,0	181,4

Fonte: Autora (2018)

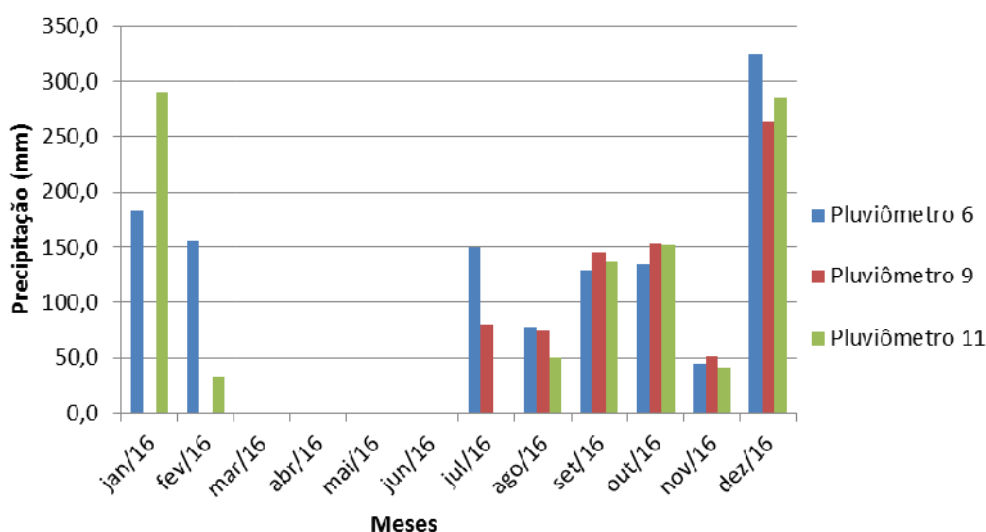
Os dados foram inseridos em gráficos para comparação dos resultados, exibidos na Figura 44 a Figura 46.

Figura 44 - Comparação pluviômetros 6, 9 e 11



Fonte: Autora (2018)

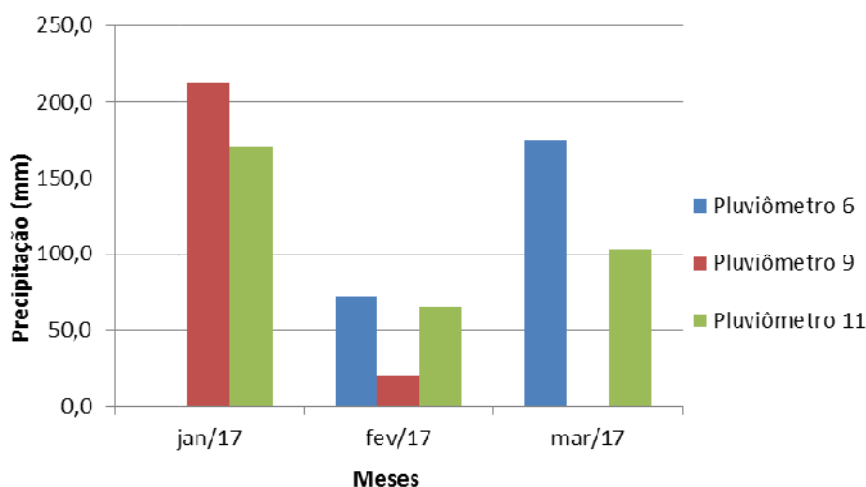
Figura 45 - Comparação pluviômetros 6, 9 e 11 (2)



Fonte: Autora (2018)



Figura 46 - Comparação pluviômetros 6, 9 e 11 (3)



Fonte: Autora (2018)

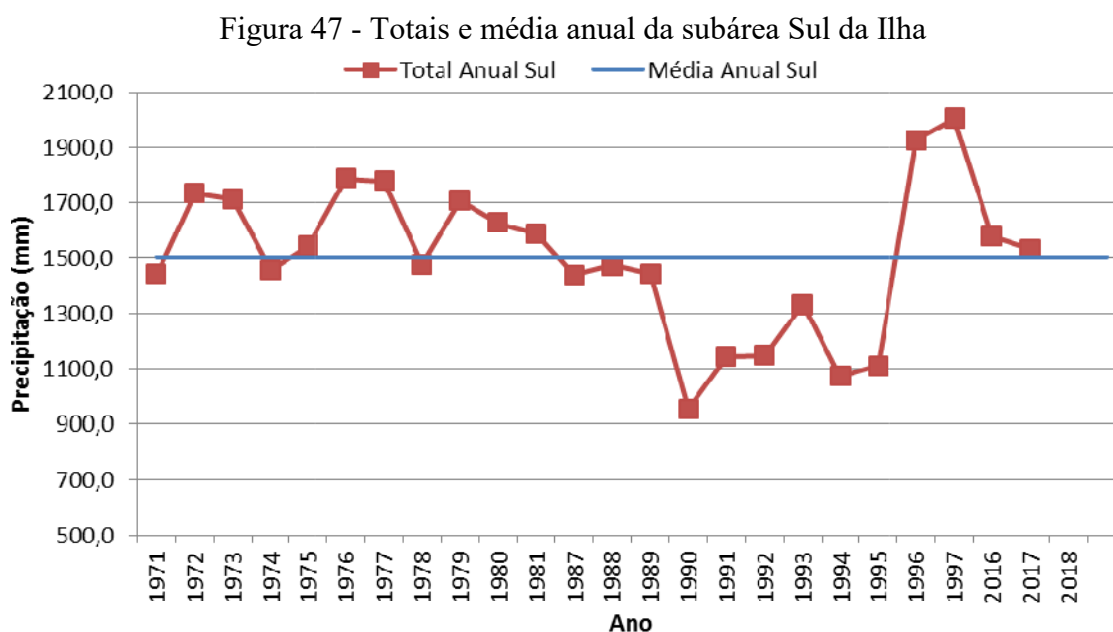
O pluviômetro 9 é o que mais apresenta discrepâncias em relação aos demais, o que pode ser visto nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2015 e fevereiro de 2017. Outra diferença de destaque é no mês de janeiro de 2016, onde o pluviômetro 11 apresenta quase o dobro da leitura do pluviômetro 6. O pluviômetro 9 localiza-se mais ao norte dentro da região Sul da Ilha e mais afastado dos pluviômetros 6 e 11, podendo ser essa a explicação para a discrepância, contudo, mesmo assim, as leituras realizadas apresentam-se muito abaixo das médias do município para os meses em questão. A série histórica da subárea está no Quadro 26.

Quadro 26 - Série histórica da subárea Sul da Ilha

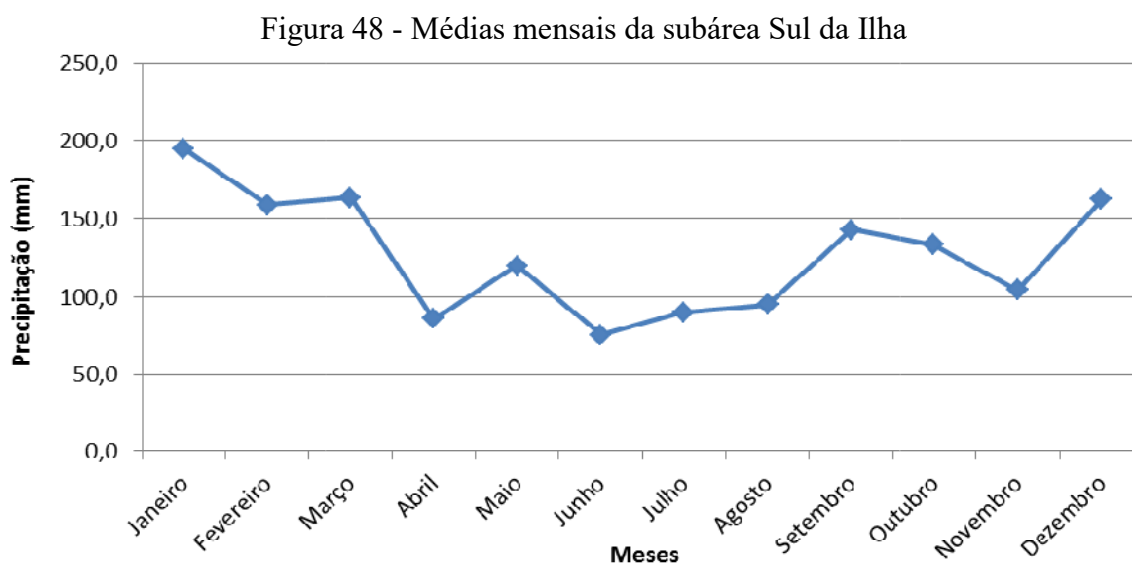
Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total	Média Ano
1971	82,9	220,2	379,0	101,2	53,8	109,6	50,5	59,1	178,6	68,3	114,9	23,5	1441,6	120,1
1972	115,1	332,1	135,2	86,7	29,4	164,2	81,1	187,7	117,0	147,2	92,3	248,4	1736,4	144,7
1973	195,4	141,7	104,4	153,6	170,3	81,7	293,4	185,6	78,2	53,9	78,3	176,6	1713,1	142,8
1974	70,3	243,6	438,2	31,5	97,7	117,5	105,4	55,1	50,0	85,5	98,1	64,8	1457,7	121,5
1975	164,7	111,0	167,5	64,3	115,3	58,5	47,3	170,3	212,1	177,4	121,7	133,1	1543,2	128,6
1976	210,0	112,8	100,7	18,2	406,8	95,4	113,7	126,8	113,4	72,0	220,0	199,2	1789,0	149,1
1977	152,9	307,5	131,2	56,0	37,9	28,9	57,2	304,1	151,5	182,1	166,3	203,3	1778,9	148,2
1978	104,3	167,2	384,4	23,6	35,7	51,2	58,2	57,1	134,2	102,1	81,2	280,9	1480,1	123,3
1979	66,2	202,4	259,8	170,4	140,3	44,3	60,6	74,7	145,8	199,9	199,9	145,2	1709,5	142,5
1980	236,8	278,3	80,9	95,9	43,0	58,9	165,3	141,6	83,6	130,3	48,5	266,1	1629,2	135,8
1981	55,3	152,4	208,0	135,2	209,1	196,0	87,6	46,0	82,2	153,7	81,0	181,4	1587,9	132,3
1987	0,0	0,0	0,0	182,6	260,5	47,0	91,2	200,6	156,2	303,2	84,0	115,0	1440,3	120,0
1988	255,5	182,6	134,9	104,3	126,0	70,0	30,2	41,6	237,9	109,7	21,6	161,3	1475,6	123,0
1989	271,3	121,7	163,0	109,0	128,0	27,0	69,0	37,7	268,1	49,1	49,7	150,1	1443,7	120,3
1990	243,6	40,2	66,3	117,4	61,6	71,8	37,2	65,1	82,4	63,3	38,9	65,8	953,6	79,5
1991	123,7	44,0	46,8	52,1	72,1	63,4	42,7	28,7	79,5	137,7	324,9	127,9	1143,5	95,3
1992	207,7	53,0	159,7	48,0	181,0	35,0	152,0	76,2	56,8	38,3	86,5	54,5	1148,7	95,7
1993	96,8	274,7	71,0	50,3	59,1	72,1	153,9	6,9	256,2	148,3	14,5	129,3	1333,1	111,1
1994	53,6	214,7	140,1	68,0	174,2	41,8	77,3	0,0	15,0	74,7	40,5	172,3	1072,2	89,4
1995	136,0	99,0	32,0	40,0	5,0	56,0	64,0	38,9	94,1	118,9	110,8	316,0	1110,7	92,6
1996	342,1	261,4	237,4	49,1	82,4	113,8	111,2	108,7	338,3	137,3	11,1	135,4	1928,2	160,7
1997	647,5	175,4	122,6	32,3	45,1	40,8	87,5	110,5	117,4	291,8	197,8	138,4	2007,1	167,3
2015	SD													
2016	237,2	94,6	218,0	121,2	66,1	38,4	114,5	67,5	137,4	146,9	45,6	291,3	1578,6	131,5
2017	191,7	52,8	139,2	147,0	276,8	126,5	8,9	107,2	84,4	102,7	128,7	165,8	1531,8	127,6
2018	609,3	87,0												
Média Mensal	194,8	158,8	163,3	85,7	119,9	75,4	90,0	94,8	142,7	133,0	104,2	162,4	1501,4	

Fonte: Autora (2018)

Os totais anuais e média anual da subárea estão representados na Figura 47 e as médias mensais na Figura 48.



Fonte: Autora (2018)



Fonte: Autora (2018)

Nesta região, a tendência de maior pluviosidade nos meses quentes continua, porém, também, com ressalva quanto ao mês de novembro, que aparece como 5º mês com menor média, com um total de 104,2mm. O mês de menor média é abril com 85,7mm, fato que é visto também apenas na subárea Continente. Os meses de maior média mensal são janeiro, com 194,8mm e março com 158,8mm. Quanto aos totais anuais, destaca-se o ano de 1990, com um valor de 953,6mm, muito abaixo da média anual de 1501,4mm. Quanto aos maiores acumulados, a

região aparece com 2007,1mm para o ano de 2015 e 1928,2 para o ano de 1997. Os anos de 1990 a 1995 foram marcados pelos menores valores totais anuais e seguidos, em 1997, 2016 e 2017 pelo maiores registrados. Em 2018, apenas em janeiro, a região chegou a um acumulado de mais de 600mm, ou seja, próximo a metade da média anual e mais que 3 vezes maior que a média mensal de janeiro. O mês de fevereiro de 2018, contudo, apresentou acumulado menor do que as demais subáreas. Nesses casos, cabe ressaltar a possibilidade de haver erros de medição.

### 5.1.6 Comparação entre Subáreas

Os resultados das médias mensais e anuais foram compilados no Quadro 27.

Quadro 27- Médias mensais e anuais por subárea

Área	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
Central	190,1	174,3	200,6	134,7	128,7	82,2	85,4	95,6	146,8	137,0	150,7	163,1	1689,2
Continente	199,5	176,7	180,7	102,6	106,3	81,4	87,0	86,4	129,2	129,6	131,2	148,3	1523,4
Leste	190,1	174,3	200,6	136,6	125,2	82,2	85,4	96,1	146,8	136,2	154,8	163,1	1674,6
Norte	231,2	158,6	237,1	114,8	117,8	110,2	81,7	88,0	129,0	151,5	74,0	156,1	1515,8
Sul	194,8	158,8	163,3	85,7	119,9	75,4	90,0	94,8	142,7	133,0	104,2	162,4	1501,4
Médias	201,1	168,5	196,5	114,9	119,6	86,3	85,9	92,2	138,9	137,5	123,0	158,6	1580,9

Fonte: Autora (2018)

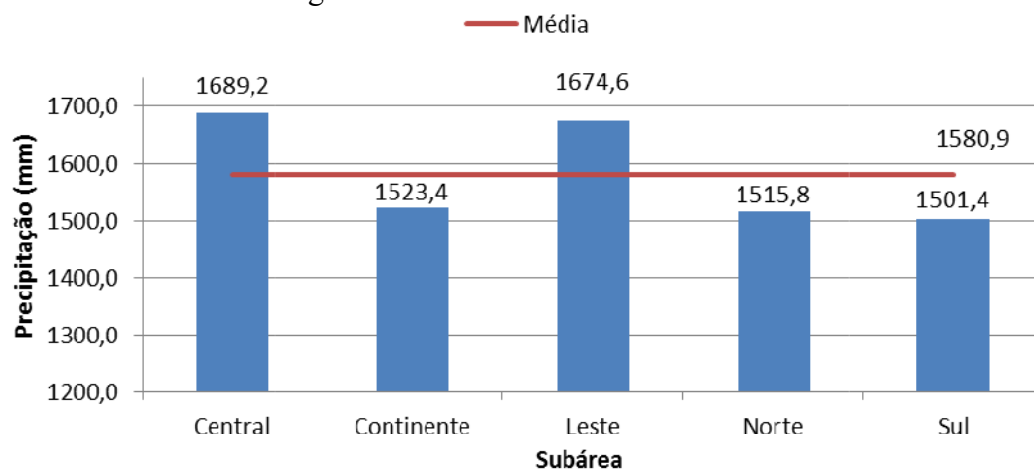
As subáreas com maior acumulado anual de precipitação são Central e Leste, com valores de 1689,2 e 1674,6mm, respectivamente. Cabe lembrar que a subárea Leste teve sua série histórica calculada com dois dos três pluviômetros localizados na subárea Central, portanto, esse resultado não caracteriza totalmente a área, servindo apenas como estimativa preliminar. As regiões Continente, Norte e Sul apresentam médias anuais semelhantes, próximas a 1500mm, sendo a subárea Sul com menor média anual. A média para o Município é de 1580,9 mm. Cabe observar que cada subárea apresentou intervalos de séries históricas diferentes, de forma que as áreas Sul e Continente possuem maior quantidade de informações e, portanto, maior confiabilidade de resultados. Isso reflete no gráfico de médias mensais, onde a área Norte apresenta média consideravelmente distante das outras áreas. Ademais, não foram considerados o posicionamento e estado de manutenção dos pluviômetros e seu entorno.

Em relação às médias mensais, observa-se certa regularidade entre as subáreas. De modo geral, os meses de primavera e verão, considerados neste estudo entre outubro e março, são os que apresentam maiores médias, em especial janeiro e março. Os demais meses têm

acumulados mensais menores, sendo os menores registrados nos meses de junho, julho e agosto. Vale ressaltar que os meses de setembro e outubro usualmente apresentam médias próximas as dos meses quentes e que o mês de maio aparece com média um pouco superior a dos meses frios, porém ainda consideravelmente menor que a dos meses definidos como quentes. A sub-região norte foge do padrão do Município nos meses de novembro, apresentando, nesse momento, média menor que os demais, sendo a menor média mensal para a área. Ainda sobre a sub-região Norte, os meses de janeiro, março e junho apresentam médias superiores às demais obtidas.

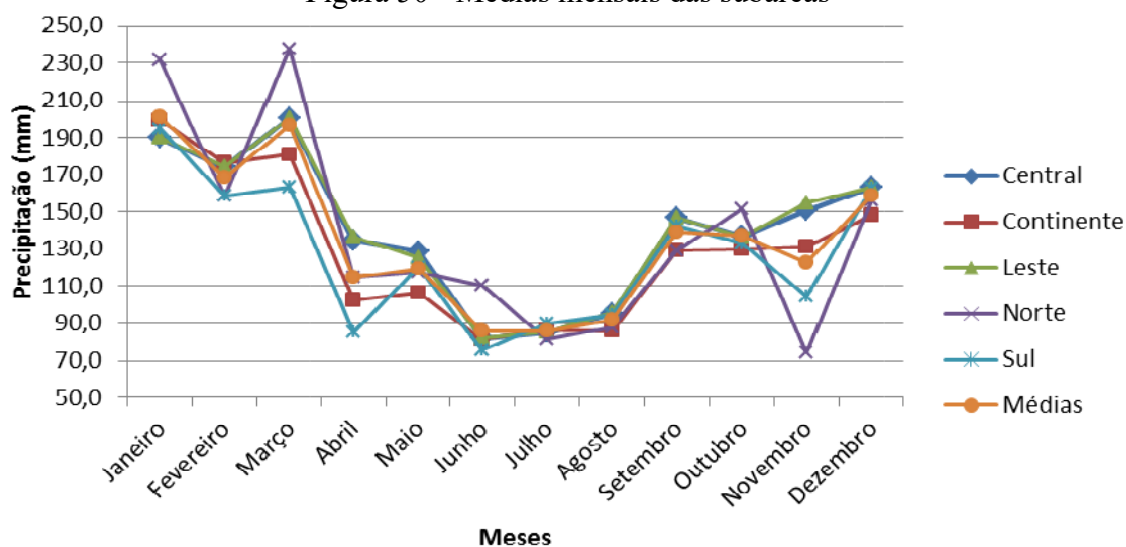
A Figura 49 exibe as médias anuais e a Figura 50 mostra as médias mensais das subáreas.

Figura 49 - Médias anuais das subáreas



Fonte: Autora (2018)

Figura 50 - Médias mensais das subáreas



Fonte: Autora (2018)



Movimentação de Solo e Rocha e Queda de Muro	0	0	0	0	0	0	2	2
Corrida de Lama	0	0	0	0	0	1	0	1
Queda de Barreira	0	0	0	0	0	0	1	1
Total de Registros	37	139	49	159	51	58	193	686
Não Foram Plotados	0	3	3	7	1	3	11	28
Sem data	1							1
Total Plotados	37	136	46	152	50	55	182	658

Fonte: Autora (2018)

Em relação à distribuição temporal dos desastres, deve-se levar em consideração que nem todos os eventos são informados à Defesa Civil Municipal e que é possível que registros tenham se perdido ao longo dos anos. Além disso, deve-se levar em conta a possibilidade que o trabalho da Defesa Civil, tanto a nível municipal quanto estadual, tem sido destaque no cenário nacional na tentativa da criação de uma cultura de defesa civil, levando à população a buscar a Defesa Civil Municipal para registrar os eventos. É por esse motivo, e devido aos altos índices de pluviosidade, muito acima das médias mensais, que acredita-se que 2018, apesar de computar apenas os dois primeiros meses do ano e um evento no mês de março, apresentou quase 30% dos relatos dos anos de estudo, sendo o ano com maior número de registros selecionados para análise, em especial nas subáreas Central e Norte.

A Tabela 6 detalha o total de eventos registrados a cada ano.

Tabela 6 - Quantidade de eventos por ano

Ano	Quantidade de Eventos	Porcentagem
2012	37	5,4%
2013	139	20,3%
2014	49	7,2%
2015	159	23,2%
2016	51	7,4%
2017	57	8,3%
2018	193	28,2%
Total	685	100,0%

Fonte: Autora (2018)

O ano de 2015 totalizou 23,2% do total de registros selecionados. Como visto na seção anterior, esse ano destacou-se pela pluviosidade anual acima da média, contando com precipitações elevadas na maioria das áreas durante o ano inteiro, o que possivelmente colaborou com a quantidade de registros ao longo do ano. O ano de 2013, apesar de contabilizar mais de 20% das ocorrências, não se mostrou com um acumulado anual alto, porém, analisando o período mês a mês, é possível notar que o mês de março apresenta um total muito acima do esperado, ultrapassando 400mm nas subáreas Leste e Central e 300mm nas demais regiões, além de, anteriormente, apresentar o mês de fevereiro com precipitação de aproximadamente 200mm em todas as regiões.

Os anos de 2014, 2016 e 2017 contam com uma quantidade semelhante de eventos. As precipitações anuais tendem a se manter próximas às médias das regiões, sendo as subáreas Centro e Leste com totais um pouco acima da média. O mês de março, de modo geral, apresenta precipitação um pouco acima da média, porém os meses anteriores demonstram quantidades de chuva mediana a baixas, explicando a menor quantidade de eventos.

O ano de 2012 é o menos representativo e foi o primeiro ano com dados disponibilizados para esta pesquisa. Acredita-se que esse menor valor de registros dê-se ao fato de que o processo de registros de eventos ainda estava passando por uma fase de adaptação e pelo menor costume da comunidade em comunicar os eventos para a Defesa Civil Municipal. Apenas 3 regiões contem dados sobre esse ano - Central, Leste e Sul. Na subárea Sul, apenas o mês de janeiro contabilizou um acumulado acima da média, tendo os demais meses acumulados consideravelmente menores que o esperado. Nas outras duas regiões, os meses de janeiro, maio, junho e julho estiveram acima da média, porém, da mesma forma que na região Sul, os demais meses apresentaram acumulados significativamente menores que suas respectivas médias. Assim, devido a uma menor precipitação e à ressalva explicitada anteriormente, o ano apresentou apenas 5,4% do total dos registros.

Na análise mensal, detalhada na Tabela 7, o mês de janeiro apresenta 32,3% dos registros, sendo que janeiro de 2018 representa 27% dos totais de registros e 85% dos registros de janeiro dos anos estudados. Embora seja o mês tradicionalmente mais chuvoso, exceto pelo ano de 2018, em que houve uma precipitação fora do comum, retirando os eventos de 2018, o mês de janeiro não é o que apresenta maior quantidade de eventos no mês. Tendo isso em

mente, é possível inferir que a umidade do solo é realmente um fator a ser considerado para a deflagração de movimentos de massa, de forma que as chuvas do mês de janeiro tornam-se uma “preparação” do solo para a ocorrência dos eventos, o que pode justificar os altos índices de 10,7 e 15,5% do total de eventos para os meses de fevereiro e março, respectivamente, os quais se tornam ainda mais altos se excluirmos os eventos de janeiro de 2018.

Tabela 7- Quantidade de eventos por ano e mês

Mês	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	%
Jan	1	1	8	14	0	9	188	221	32,3%
Fev	1	19	2	39	3	5	4	73	10,7%
Mar	3	64	4	14	17	3	1	106	15,5%
Abr	1	13	3	6	3	5	-	31	4,5%
Mai	7	2	1	10	1	12	-	33	4,8%
Jun	2	4	4	2	3	13	-	28	4,1%
Jul	4	10	1	38	6	0	-	59	8,6%
Ago	5	3	3	6	2	1	-	20	2,9%
Set	4	16	9	8	4	4	-	45	6,6%
Out	5	1	7	17	5	1	-	36	5,3%
Nov	3	5	6	5	2	3	-	24	3,5%
Dez	1	1	1	0	5	1	-	9	1,3%
Total	37	139	49	159	51	57	193	685	100%

Fonte: Autora (2018)

Apesar de considerado um mês frio, o mês de julho aparece com 8,6% do total de eventos. Observando também os anos de ocorrência, vemos que 64% dos eventos de julho ocorreram no ano de 2015, o qual já foi analisado e visto que apresentou precipitações acima da média em todos os meses, originando, assim, ocorrências ao longo do ano inteiro, sendo que o mês de julho apresentou até o dobro da média mensal esperada na maioria das subáreas.

O mês de dezembro aparece como o com menor quantidade de eventos, com apenas 1,3% do total, representando menos de 10 ocorrências. Esperava-se que esse mês apresentasse maior quantidade de registros, uma vez que costuma acumular altos índices pluviométricos mensais



e ser antecedido por um mês tradicionalmente chuvoso. É possível que, em virtude dos feriados de final de ano, os registros tenham sido afetados e que o mês haja como preparados para os eventos dos meses posteriores através da manutenção da umidade do solo. Cabe lembrar que outros fatores como as alterações antrópicas, presença de cortes ou moradias de baixo padrão construtivo.

Os demais meses concentram aproximadamente as mesmas quantidades de ocorrências, sendo considerados meses transitórios entre as estações quentes, mais chuvosas, e frias, mais secas. Ressalta-se um destaque para o mês de setembro. Analisando-se a quantidade de eventos por meses quentes (outubro a março) e frios (abril a setembro), 68% dos eventos ocorrem durante os meses quentes e chuvosos, enquanto os demais 32% em meses frios e mais secos (Tabela 8).

Tabela 8 - Quantidade de eventos por meses quentes e frios

Meses	Quantidade de Eventos	Porcentagem
Outubro a março	469	68%
Abril a setembro	216	32%

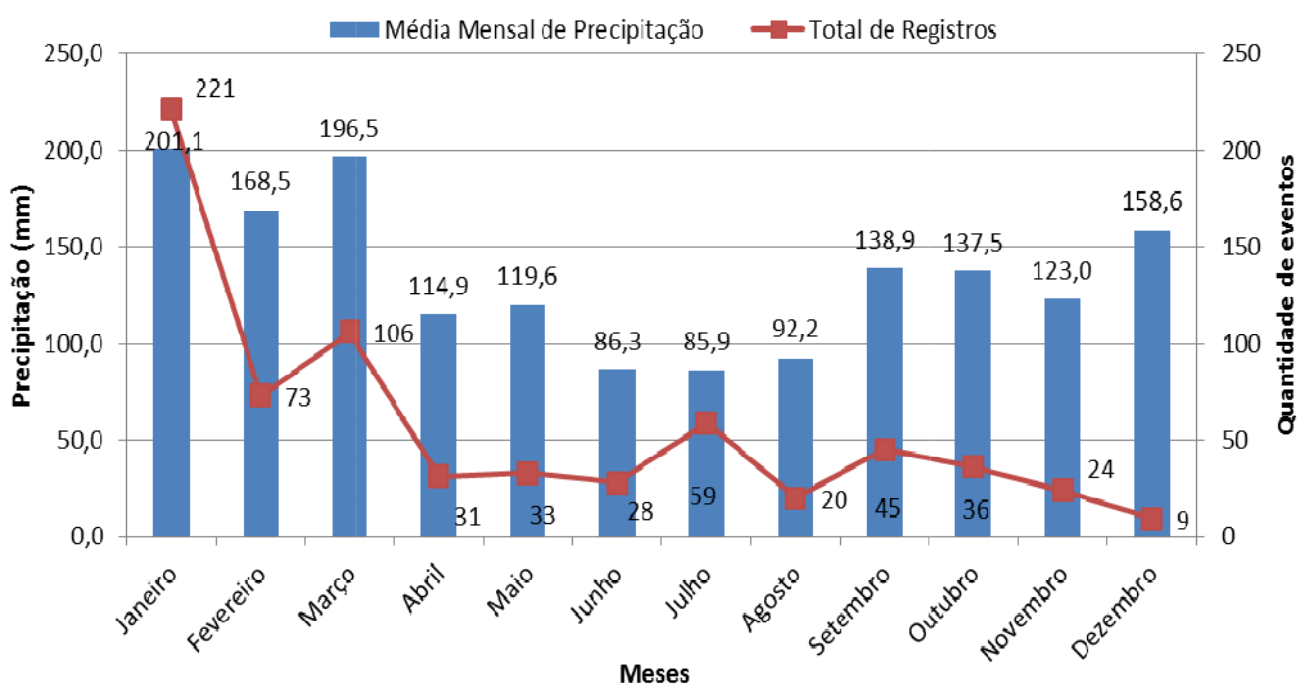
Fonte: Autora (2018)

Pela Figura 51 é notável a clara tendência da ocorrência de eventos nos meses iniciais do ano, os quais também apresentam maiores médias mensais de pluviosidade. Também se observa a discrepância na quantidade de eventos em julho em relação aos dois meses anteriores e posteriores ao respectivo mês, ocasionado pelas chuvas de 2015.

Analisando os registros espacialmente por subárea, a região Central reúne 65% das ocorrências, sendo a área com maior quantidade de eventos de forma muito evidente. Existem três motivos principais que explicam esse fato. O primeiro é que a área apresentou maiores médias pluviométricas em sua série histórica; o segundo é a maior taxa de urbanização e densidade populacional da área, mais próxima à área comercial e mais geradora de empregos do Município, quando comparada com as demais e o terceiro é a presença do Maciço do Morro da Cruz, local com diversas comunidades e grandes concentrações habitacionais precárias em locais com pouca infraestrutura, inclinados e cujo relevo e geologia facilitam a desestabilização das áreas, em conjunto com a pluviosidade da região.

O local na subárea que merece destaque devido à grande concentração de eventos é o bairro da Caiera do Saco dos Limões, o qual contabilizou 106 ocorrências. No bairro, as ocorrências concentram-se no Mont Serrat (Maciço do Morro da Cruz) e deve-se atentar as Servidão da Felicidade (39 ocorrências), Lauri de Souza (13), Severino Romão Bento (7) e Tio Bento (7) e à Rua Custódio Firmino Vieira (20) e General Vieira da Rosa (15).

Figura 51 - Quantidade de eventos e média pluviométrica por 30 dias



Fonte: Autora (2018)

As Figuras 52 a 55 destacam o Maciço do Morro da Cruz e a região do Mont Serrat. É possível notar como a formação do relevo contribui para a concentração do fluxo de água para o centro uma área mais baixa, o talvegue entre dois divisores de água, onde localiza-se a Servidão da Felicidade e outras servidões constantemente afetadas pelos movimentos de massa.

Outro bairro de grande destaque é o Centro, com 64 ocorrências. Nesse bairro, o Maciço do Morro da Cruz abrange as comunidades dos Morros da Mariquinha, do Céu, do Horácio e do Tico. O bairro Saco Grande, o qual abriga o Morro do Caju, totalizou 48 eventos, com destaque para a rua João Gonzaga da Costa (8). Em seguida, O bairro José Mendes, caracterizado pelos Morros da Queimada, Mocotó e do Bode, no maciço do Morro da Cruz, somou 44 eventos, com destaque para o Morro da Queimada. Os bairros Agrônômica, com o

Morro do 25, e Itacorubi, com o Morro do Quilombo, atingiram, cada um, 36 eventos. Por fim, o bairro Trindade, onde localiza-se o Morro da Penitenciária, atingiu 15 ocorrências. Ainda, destacam-se os bairros Saco dos Limões atingindo 45 eventos, Serrinha, 15; Pantanal, 13; Carvoeira, 9; João Paulo, 8 e Córrego Grande, 5.

Figura 52 - Visão em planta do Maciço do Morro da Cruz e redondezas da subárea Central



Fonte: Google Earth (2018)

Figura 53 - Vista do Maciço do Morro da Cruz (1)



Fonte: Google Earth (2018)



Figura 54 - Vista do Maciço do Morro da Cruz (2)



Fonte: Google Earth (2018)

Figura 55 - Vista do Maciço do Morro da Cruz (3)



Fonte: Google Earth (2018)

As Figuras 56 e 57 retratam exemplos de ocupação irregular em encostas, ocasionando alta densidade populacional em áreas de risco, na subárea. Ressalta-se que, no Anexo I,



encontram-se imagens das edificações precárias características das regiões com ocorrência de eventos.

Figura 56 - Exemplo de ocupação na subárea Central (1)



Fonte: Google Earth (2018)

Figura 57 - Exemplo de ocupação na subárea Central (2)



Fonte: Google Earth (2018)



O Norte e Sul da Ilha acumulam 14,3 e 11,8% dos eventos, respectivamente. Ambas as áreas apresentam pluviosidade semelhante e alguns pontos de ocupação irregular em declividades intensas e com pouca infraestrutura, principalmente no centro norte da região Norte e norte da região Sul.

Na subárea Norte, o destaque fica para o bairro Monte Verde (Figura 58) , com 15 ocorrências, seguido dos Ingleses (12) e Sambaqui e Santo Antônio de Lisboa (10 cada). Outros bairros com maior recorrência de desastres são Rio Vermelho (7), Ratoles (6) e Cacupé (6). Em menor quantidade, Vargem do Bom Jesus, Ponta das Canas, Canasvieiras, Cachoeira do Bom Jesus, Barra de Sambaqui, Vargem Pequena, Vargem Grande, Jurerê, Santinho, Praia Brava e Praia do Forte.

Figura 58 – Exemplo de ocupação no bairro Monte Verde



Fonte: Google Earth (2018)

Na subárea Sul, nota-se o destaque de eventos que afetaram rodovias ao longo de toda sua área e em um grande número de servidões distintas, sem concentração de eventos em uma única área. O bairro mais afetado é, sem dúvidas, a Costeira do Pirajubaé (45), com destaque para a Servidão Anselmo Hipólito dos Santos e Irineu Noé da Silva. Também com ocorrências, os bairros Tapera (9), Rio Tavares (8), Ratoles (6), Morro das Pedras (5), Ribeirão da Ilha (4), Campeche (3), Armação do Pântano do Sul (2), Costa de Dentro (2),

Pântano do Sul (1) e Areias do Campeche (1). As Figuras 59 e 60 mostram a ocupação irregular em encostas na Costeira do Pirajubaé, a qual explica o maior número de ocorrências em diferentes servidões nessa área.

Figura 59 – Exemplo de ocupação na Costeira do Pirajubaé (1)



Fonte: Google Earth (2018)

Figura 60 – Exemplo de ocupação na Costeira do Pirajubaé (2)



Fonte: Google Earth (2018)



A subárea Continente apresenta 5,7% das ocorrências. Essa região apresenta-se mais plana do que as regiões insulares, além de que algumas ocorrências podem ter sido direcionadas para as Defesas Civis de municípios dos continentes, justificando o menor número de registros. O bairro Vila Aparecida (Figura 61), com relevo mais acidentado, atingiu 14 eventos e o Estreito, 9. Os bairros Coqueiros e Jardim Atlântico contabilizaram 5 e 6 registros cada, seguidos pelos bairros Coloninha, 2; Capoeiras, 1 e Bom Abrigo, 1. Na Vila Aparecida, destacam-se as Rua das Pedras (4), onde as ocorrências foram em residências vizinhas, e da Fonte (4). A rua Nossa Senhora do Rosário, no Jardim Atlântico, totalizou 3 ocorrências no mesmo endereço.

Figura 61- Exemplo de ocupação no bairro Vila Aparecida



Fonte: Google Earth (2018)

A subárea Leste da Ilha registra apenas 3,2% dos eventos. A região apresenta-se com diversas regiões planas e, se comparada com as demais regiões, com uma pequena área de declividades mais intensas, onde se concentram os eventos analisados, e o Morro da Lagoa. O bairro da Lagoa da Conceição registrou 9 eventos. A Barra da Lagoa conta com 7 eventos, a Praia Mole com 2 e os bairros Canto da Lagoa, Canto dos Araçás, Costa da Lagoa e Fortaleza da Barra com 1 registro cada um. É preciso destacar que, em períodos de chuva, o Morro da Lagoa usualmente apresenta uma grande concentração de eventos. Nesta pesquisa, foram poucos os registros localizados na subárea, sendo precisa uma análise mais detalhada para esta área.



A análise espacial dos eventos permite concluir que a maioria dos eventos ocorrem próximos a encostas com alta densidade populacional e com a presença de construções de baixo padrão construtivo, por muitas vezes elaboradas sem projetos técnicos adequados e sobre solos de aterros. O maior exemplo dessa situação pode ser vista na Área Central do Município, local que concentra 65% das ocorrências (Tabela 9).

Tabela 9 - Quantidade de eventos por subárea

<b>Subárea</b>	<b>Quantidade de Eventos</b>	<b>Porcentagem</b>
Central	447	65,1%
Continente	39	5,7%
Leste	22	3,2%
Norte	98	14,3%
Sul	81	11,8%
Total	687	100%

Fonte: Autora (2018)

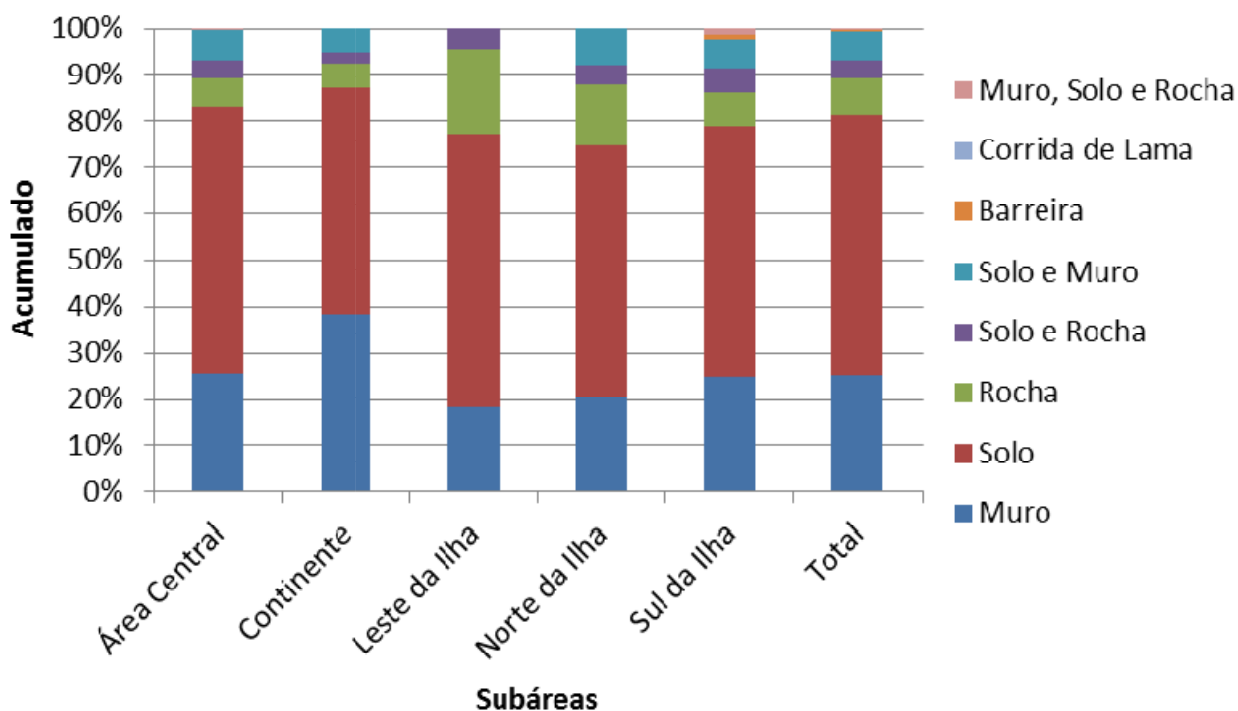
A Tabela 10 e a Figura 62 permitem visualizar que em todas as sub-regiões a movimentação de solo foi a tipologia mais evidenciada, acumulando 56,1% do total de registros estudados. Em seguida, as quedas de muro representam 25,2% e a movimentação de rocha um total de 7,9%. Eventos combinados de movimentação de solo e queda de muro contam com 6,3% dos registros e movimentação de solo e rocha somam 3,9%. De maneira geral, proporcionalmente, os eventos ocorrem com recorrências semelhantes em cada subárea.

Tabela 10 – Eventos por tipologia de evento e subárea

<b>Subárea</b>	<b>Muro</b>	<b>Solo</b>	<b>Rocha</b>	<b>Solo e Rocha</b>	<b>Solo e Muro</b>	<b>Barreira</b>	<b>Corrida de Lama</b>	<b>Muro, Solo e Rocha</b>	<b>Total</b>
Central	114	256	29	17	28	0	1	1	446
Continente	15	19	2	1	2	0	0	0	39
Leste	4	13	4	1	0	0	0	0	22
Norte	20	54	13	4	8	0	0	0	99
Sul	20	43	6	4	5	1	0	1	80
Total	173	385	54	27	43	1	1	2	686
Porcentagem	25,2%	56,1%	7,9%	3,9%	6,3%	0,1%	0,1%	0,3%	100%

Fonte: Autora (2018)

Figura 62 - Eventos por tipologia de evento e subárea



**Subáreas**

Fonte: Autora (2018)

Na área Central, mais da metade dos eventos são relacionados à movimentação de solo, com presença considerável de movimentação de rocha, queda de muro e movimentação de solo e rocha. Também há ocorrência de corrida de lama e movimentação de solo e rocha com queda de muro.

Na subárea Continente, a proporção de eventos de movimentação de solo e queda de muro é mais equilibrada. Também há presença de movimentação de rocha, movimentação de solo e queda de muro e movimentação de solo e rocha.

Na região do Leste da Ilha, quase 60% dos eventos são relativos à movimentação de solo, seguido da movimentação de rocha e quedas de muro e, então movimentação de solo e rocha.

Quanto ao Norte da Ilha, pouco mais da metade as ocorrências refere-se à movimentação de solo, um quinto das ocorrências às quedas de muros, seguido de movimentação de rochas, movimentação de solo e queda de muro e, por fim, movimentação de solo e rocha.

Finalmente, Sul da Ilha apresenta 54% de eventos relativos a movimentos de massa, um quarto de ocorrências a quedas de muros e, ainda, movimentação de rocha, movimentação de

solo e queda de muro, movimentação de solo e rocha, queda de barreira e moimentação de solo e rocha com queda de muro.

### 5.3 EVENTOS ISOLADOS E GENERALIZADOS

Os eventos foram divididos em eventos isolados, quando houve apenas uma ocorrência para o dia em questão, e eventos generalizados, quando foram registrados dois ou mais eventos para um mesmo dia. A análise resultou num total de 79 dias com eventos generalizados, somando um total de 441 eventos ocorridos ao longo desses 79 dias. Os demais eventos, de número de 245 foram considerados isolados. Assim, 64,3% do eventos ocorreram de forma generalizada. Desses 79 dias, a maior parte das ocorrências foi de 2 a 4 registros no mesmo dia, além da presença registros de 5, 6, 8, 9, 10, 12, 16, 18, 20 e 87 eventos no mesmo dia (Tabela 11 e 12).

Tabela 11 - Eventos generalizados e isolados

Eventos Generalizados	441	64,3%
Eventos Isolados	245	35,7%

Fonte: Autora (2018)

Tabela 12 - Quantidade de dias por quantidade de eventos generalizados

<b>Quantidade de eventos</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>87</b>
<b>Nº dias com eventos generalizados</b>	35	12	11	4	4	2	1	2	2	1	2	1	1

Fonte: Autora (2018)

Quanto à análise temporal desses eventos, em termos de quantidades de dias com eventos generalizados, os anos de 2015 e 2013 foram os que apresentaram destaque, com 21 e 22 dias com registro de eventos, respectivamente. Em relação ao número de ocorrências registradas, os anos de 2013, 2015 e 2018 apresentaram maior número de eventos, 96, 101 e 182, respectivamente. Cabe lembrar que apenas os meses de janeiro e fevereiro de 2018 foram analisados, reforçando que os elevados acumulados pluviométricos do ano realmente acarretaram em eventos com danos severos. Atentando-se aos anos de 2013 e 2015, como visto nas séries históricas apresentadas anteriormente, ambos os anos destacaram-se com altos

elevados pluviométricos ao longo dos meses. Os meses de janeiro e março foram tanto os com maior número de dias com eventos generalizados e os com maior número de eventos, ambos os meses são caracterizados por altos índices pluviométricos e meses antecedentes úmidos. A análise anual consta na Tabela 13 e a mensal na Tabela 14.

Tabela 13 - Eventos generalizados por ano

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Nº dias com eventos generalizados	2	21	2	22	9	10	13
Nº eventos generalizados	5	96	5	101	23	29	182

Fonte: Autora (2018)

Tabela 14 - Eventos generalizados por mês

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Nº dias com eventos generalizados	19	11	14	3	4	4
Nº de eventos generalizados	198	52	73	8	14	11

Mês	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nº dias com eventos generalizados	7	1	7	6	2	1
Nº de eventos generalizados	39	2	22	16	4	2

Fonte: Autora (2018)

Para a análise espacial, foram selecionados os 10 dias com maior número de eventos generalizados. Estes estão elencados na Tabela 15, juntamente com a divisão de ocorrências entre cada subárea.

Tabela 15 – Distribuição espacial dos 10 dias com maior número de eventos generalizados

Data	Total	Central	Continente	Leste	Norte	Sul
24/02/2015	10	8	0	0	2	0
08/02/2013	11	7	1	0	2	1
09/03/2013	12	8	4	0	0	0
14/02/2015	12	7	1	0	4	0
17/01/2018	13	7	0	1	3	2
11/03/2013	16	10	0	1	1	4

12/01/2018	16	13	0	0	1	2
24/07/2015	19	16	0	0	1	2
10/01/2018	20	15	0	1	1	3
11/01/2018	96	50	6	9	22	9
Total	100%	62,7%	5,3%	5,3%	16,4%	10,2%

Fonte: Autora (2018)

Fica evidente que a área Central é a que mais sofre com eventos generalizados, somando mais de 62% do total das ocorrências registradas nos 10 dias, seguido da região Norte e Sul. Como esperado, devido ao acumulado pluviométrico, os registros com maior número de eventos generalizados ocorreram nos anos de 2013, 2015 e 2018. O mesmo acontece para os meses de janeiro, fevereiro e março. Destaca-se a existência de uma data em julho de 2015. Esse momento já foi ressaltado anteriormente no desenvolvimento deste trabalho devido ao destaque do mês por apresentar-se com maior acumulado pluviométrico em relação à média mensal do mesmo.

Os acumulados para 30 dias antes dos eventos na subárea Central dos 10 dias selecionados, juntamente com a quantidade de eventos registrados a cada dia no Município, estão retratados na Figura 63. Pela análise da Figura, 9 dos 10 eventos mais extremos ocorreram quando o acumulado mensal ultrapassou o valor de 200mm, não havendo, contudo, uma tendência clara entre acumulados maiores que esse valor e a deflagração de mais movimentos em um único dia, o que pode ser explicado pela não avaliação de fatores como o funcionamento de estruturas de drenagens, alterações de vegetação ou aumento da densidade populacional. Além disso, as condições nos locais no momento do evento não puderam ser avaliadas.

A Figura 64 mostra os acumulados de 1 a 30 dias antes dos eventos selecionados. Nota-se que, mesmo quando a precipitação no dia do evento é relativamente baixa ou quando não há precipitação nos dias anteriores pode haver a ocorrência de eventos generalizados. Essa constatação reforça ainda mais a hipótese de que a umidade presente no solo influencia diretamente a quantidade de chuva necessária para a deflagração de movimentos de massa, de forma que o acumulado mensal também deve ser levado em consideração para análises de gerenciamento de risco.

O gráfico da Figura 64 também permite visualizar que os eventos que geraram maior quantidade de ocorrências apresentam, de forma geral, dois padrões distintos: (1) chuvas intensas até 11 dias antes do evento, seguidas e antecedidas por chuvas menos intensas e (2) chuvas bem distribuídas ao longo dos 30 dias, com eventuais picos. Em ambos os casos destaca-se a manutenção da umidade do solo causada pela continuidade das chuvas e ausência de períodos secos significativos. A intensidade e precipitação acumulada permitem avaliar o histórico e a trajetória de umidade no terreno anterior ao deslizamento.

Figura 63 - Acumulado de 30 dias e quantidade de eventos para os 10 dias selecionados

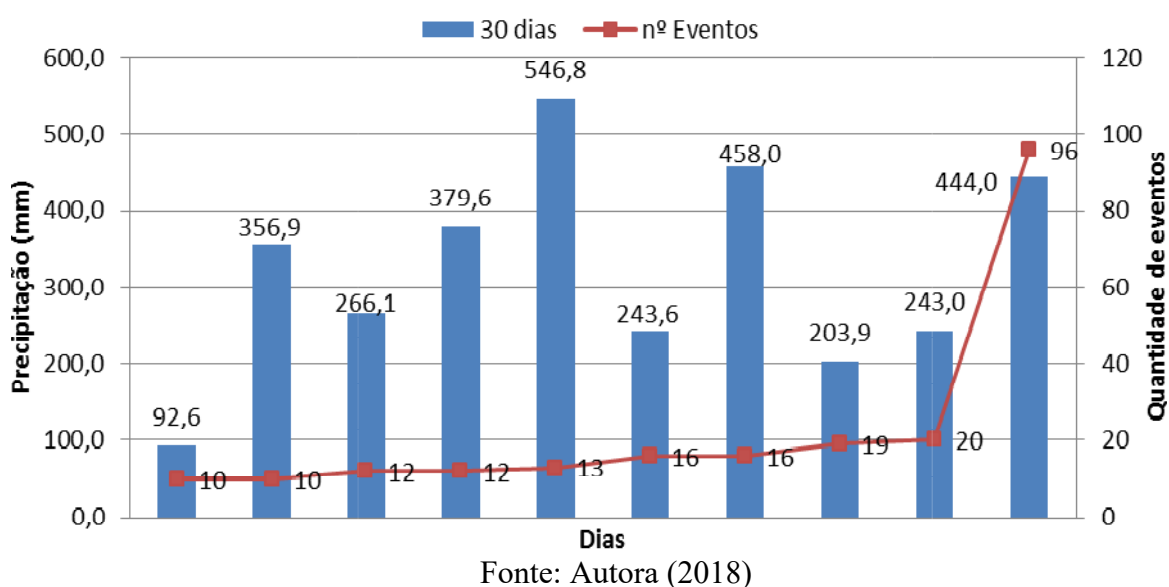
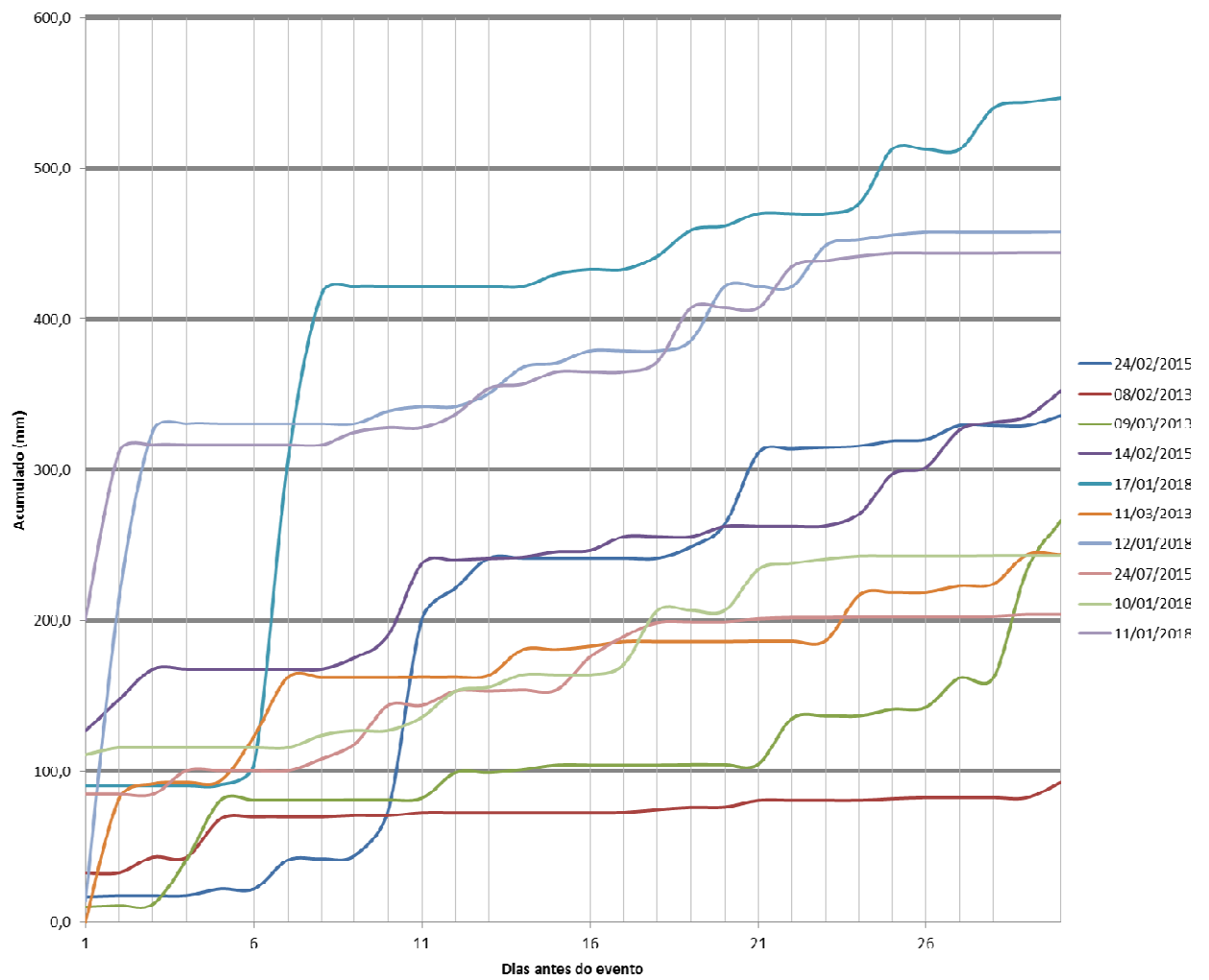


Figura 64 - Acumulados de 1 a 30 dias antes dos 10 eventos



Fonte: Autora (2018)

## 5.4 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

### 5.3.1 Mapeamento Geotécnico

A caracterização geotécnica do Município foi feita no Capítulo 3, baseada nos estudos de Santos (1997). No *software* ArcGis, foram importados os pontos de ocorrência de eventos realizado no Google Earth e plotados sobre o Mapa Geotécnico de Santos (1997). Com isso, foi possível realizar a distribuição dos eventos por unidade geotécnica definida pela autora e traçar tendências quanto à distribuição espacial dos mesmos.

As unidades com ocorrência de eventos foram:

- PVg: Podzólico Vermelho-amarelo substrato granito
- Cg: Cambissolo substrato granito
- Cr: Cambissolo substrato riolito
- AQrd: Areia Quartzosa substrato rampas de dispersão
- Cde: Cambissolo substrato depósito de encostas
- Rg: Litossolos de substrato granito
- Rr: Litossolos de substrato riolito
- Rd: Litossolos de substrato diabásio
- AQsq: Areia Quartzosa substrato sedimentos quaternários
- PZsq: Podzólico substrato sedimentos quaternários
- Gsq: Gleissolo substrato sedimentos quaternários

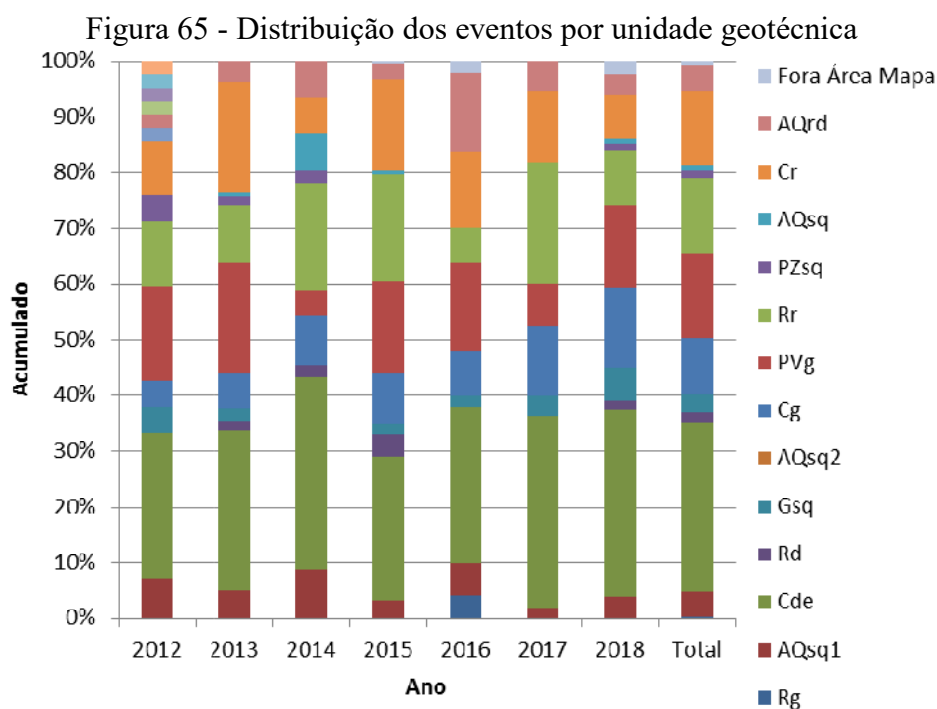
A Tabela 16 e as Figuras 65 e 66 mostram os resultados obtidos.



Tabela 16 - Distribuição dos eventos por unidade geotécnica

Unidade Geotécnica	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	%
Rg	0	0	0	0	2	0	0	2	0,3%
AQsq1	3	7	4	5	3	1	7	30	4,6%
Cde	11	39	16	39	14	19	61	199	30,2%
Rd	0	2	1	6	0	0	3	12	1,8%
Rr	5	14	9	29	3	12	18	90	13,7%
Gsq	2	3	0	3	1	2	11	22	3,3%
AQsq2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
Cg	2	9	4	14	4	7	26	66	10,0%
PVg	7	27	2	25	8	4	27	100	15,2%
PZsq	2	2	1	0	0	0	2	7	1,1%
AQsq	0	1	3	1	0	0	2	7	1,1%
Cr	4	27	3	25	7	7	14	87	13,2%
AQrd	1	5	3	4	7	3	7	30	4,6%
Fora Área Mapa	0	0	0	1	1	0	4	6	0,9%
Total	37	136	46	152	50	55	182	658	100,0%

Fonte: Autora (2018)



Fonte: Autora (2018)

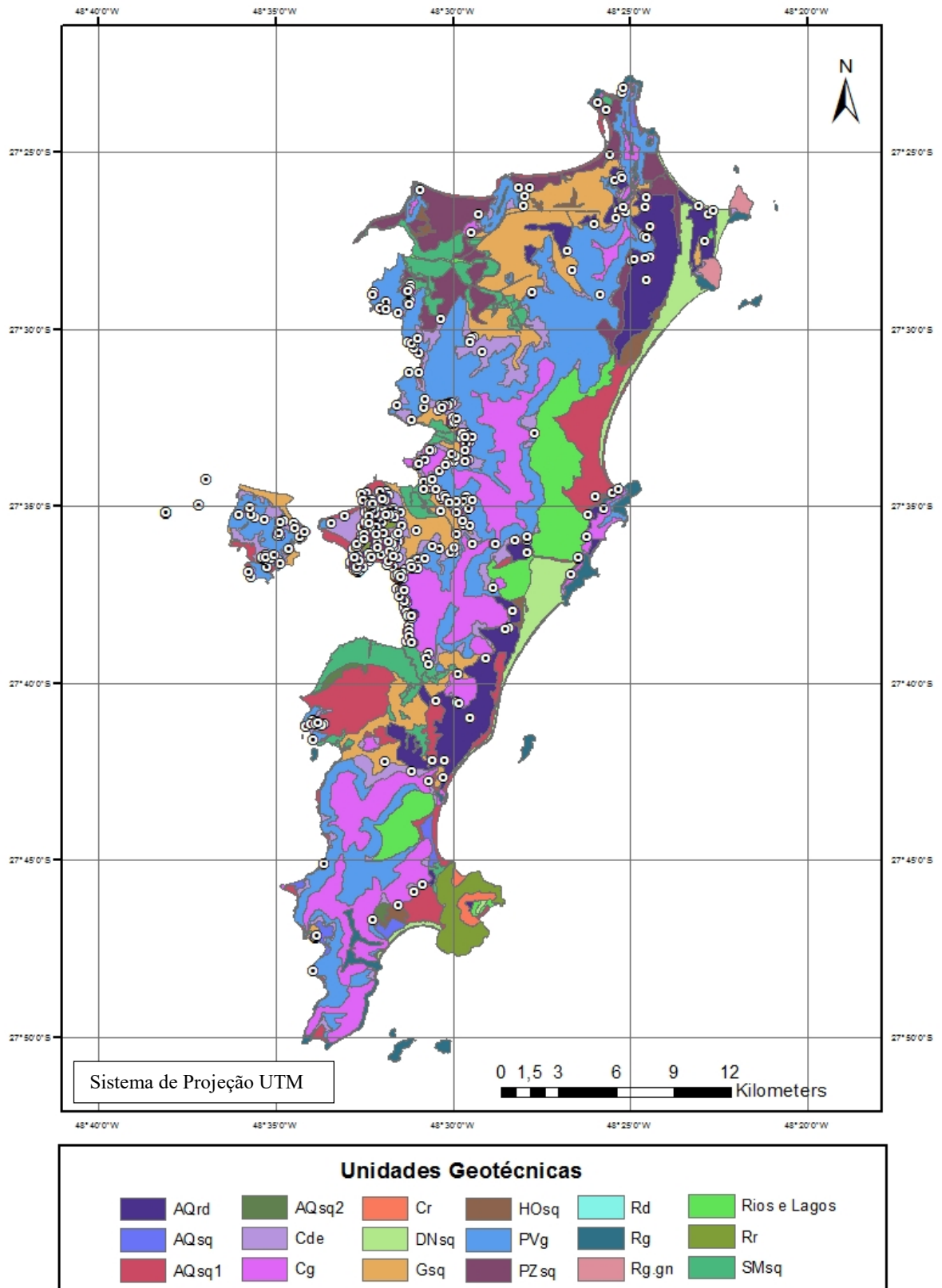
Os eventos concentraram-se nas unidades geotécnicas Cde (30,2%), PVg (15,2%), Rr (13,7%) e Cr (13,2%).

A área central, com maior ocorrência de eventos, apresenta as unidades AQsq bordejando o litoral. Em seguida, entrando para o interior da Ilha, a unidade Cde destaca-se e se prolonga até o início das estruturas montanhosas, onde as unidades Rr e Cr tornam-se predominantes e alcançam maiores altitudes. A unidade Rd é também próxima a essas unidades, em menor proporção. A unidade Cg, mais ao sul da subárea Central e na região da Costeira do Pirajubáé também apresenta um número considerável de eventos. A unidade PVg é encontrada em grande proporção na área continental do Município e por toda a extensão da Ilha, em especial na região Norte.

Os resultados fazem sentido uma vez que as unidades com maior recorrência apresentam características que podem desfavorecer a estabilidade do talude caso a ocupação populacional não seja devidamente planejada, como a presença de substrato de riólito e horizontes C mais erodíveis, e por se localizarem próximos a encostas e em topos de morros. Também deve-se ressaltar que as unidades Cr e PVg apresentam características semelhantes. É interessante destacar que a unidade Rr, mesmo sendo uma unidade menos recorrente no Município é uma das que mais apresenta registros de desastres relacionados a movimentos de massa. Substratos de sedimentos quaternários (sq), de acordo com os resultados, apresentam menos ou nenhuma ocorrência, assim como a unidade Rios e Lagos, o que era esperado.

Quanto às tendências anuais, é possível visualizar que a classe Cde mostra-se sempre com a maior quantidade de ocorrências. As classe Cg, Cr, PVg, e Rr apresentam variações de suas ocorrências ao longo do ano, porém sempre mostram-se presentes. As unidades Rg, Rd e AQsq apresentam-se eventualmente com ocorrências.

Figura 66 - Mapa Geotécnico com eventos



Fonte: Autora (2018)

### 5.3.2 Declividade

As declividades em graus foram separadas de 10 em 10 graus e as em porcentagem seguiram o critério de declividade da Embrapa. Cabe salientar que o Plano Diretor do Município impõe restrições quanto à declividade de ruas e que declividades muito acentuadas tornam difícil o assento de moradias, o que significa que menos ocupações estão presentes nesses locais, ocasionando menos desastres. Por fim, os registros indicam o local em que os movimentos de massa causaram danos e não necessariamente o local em que eles foram originados, que podem ser em regiões mais altas e íngremes. As Tabelas 17 e 18 e as Figuras 67 a 70 mostram os resultados obtidos.

Referente a análise de declividade em graus, conclui-se que mais da metade das ocorrências foi registrada em declividades de até 20°. Entre 20 e 30° ainda existe uma quantidade significativa de aproximadamente 27% dos eventos, de modo que os eventos em declividades de até 30° somam 97,6% dos registros. A partir de 30° os eventos somam cerca de 2,5%. Anualmente, a tendência se mantém praticamente a mesma, com maior diferença no ano de 2016, quando as ocorrências em relevos entre 10 e 20° foi consideravelmente menor. A partir de 2015 nota-se um aumento nas ocorrências entre 30 e 40° que deve ser observada, uma vez que pode significar que a população está começando a migrar para áreas mais íngremes e anteriormente sem registro de eventos pela não existência de ocupação.

A análise em porcentagem, baseada na classificação da Embrapa, mostrou que metade dos eventos ocorre em terrenos de relevo forte-ondulado, de 20 a 45%. Em seguida, aparecem os terrenos ondulados, entre 8 e 20%, e montanhosos, entre 45 e 75%. Os relevos suave-ondulado e plano aparecem com número menor de registros, como o esperado, porém ainda quantidade considerável. Terrenos forte-montanhoso, com declividades maiores que 75% apresentam apenas 1 ocorrência. Essas regiões não costumam apresentar ocupação de modo que é possível que registros nesses locais não sejam informados. Também aparenta haver um aumento das ocorrências em relevo montanhoso, de forma a concordar com a hipótese de que regiões mais inclinadas estão começando a ser habitadas com mais frequência, ocasionando os desastres registrados.

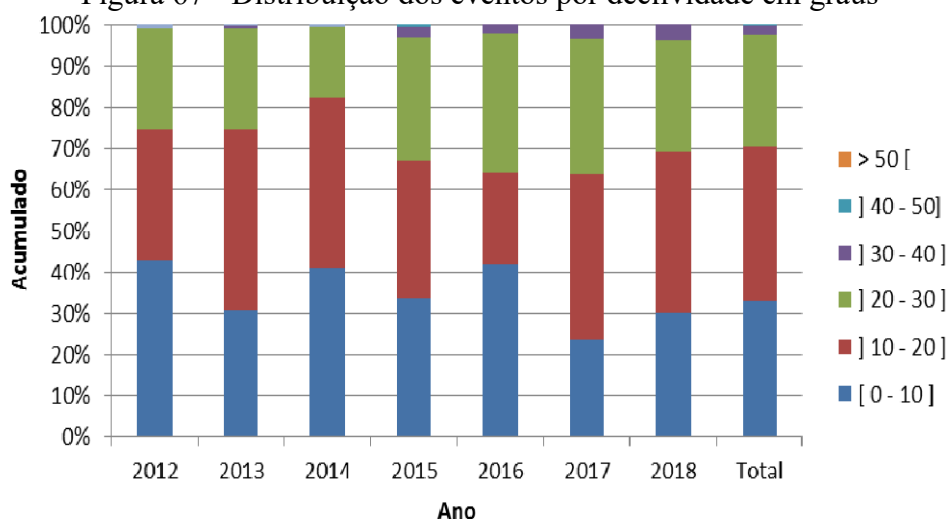
Cabe ressaltar que inclinações entre 30% e 46,6% são, de acordo com o Plano Diretor de Florianópolis, áreas de uso limitado e não apresentam condições adequadas para suportar determinados usos do solo.

Tabela 17 - Distribuição dos eventos por declividade em graus

Graus/Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	%
[ 0 - 10 ]	16	42	19	51	21	13	55	217	33,0%
] 10 - 20 ]	12	60	19	51	11	22	71	246	37,4%
] 20 - 30 ]	9	33	8	45	17	18	49	179	27,2%
] 30 - 40 ]	0	1	0	4	1	2	7	15	2,3%
] 40 - 50 ]	0	0	0	1	0	0	0	1	0,2%
> 50 [	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>136</b>	<b>46</b>	<b>152</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>182</b>	<b>658</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Autora (2018)

Figura 67 - Distribuição dos eventos por declividade em graus



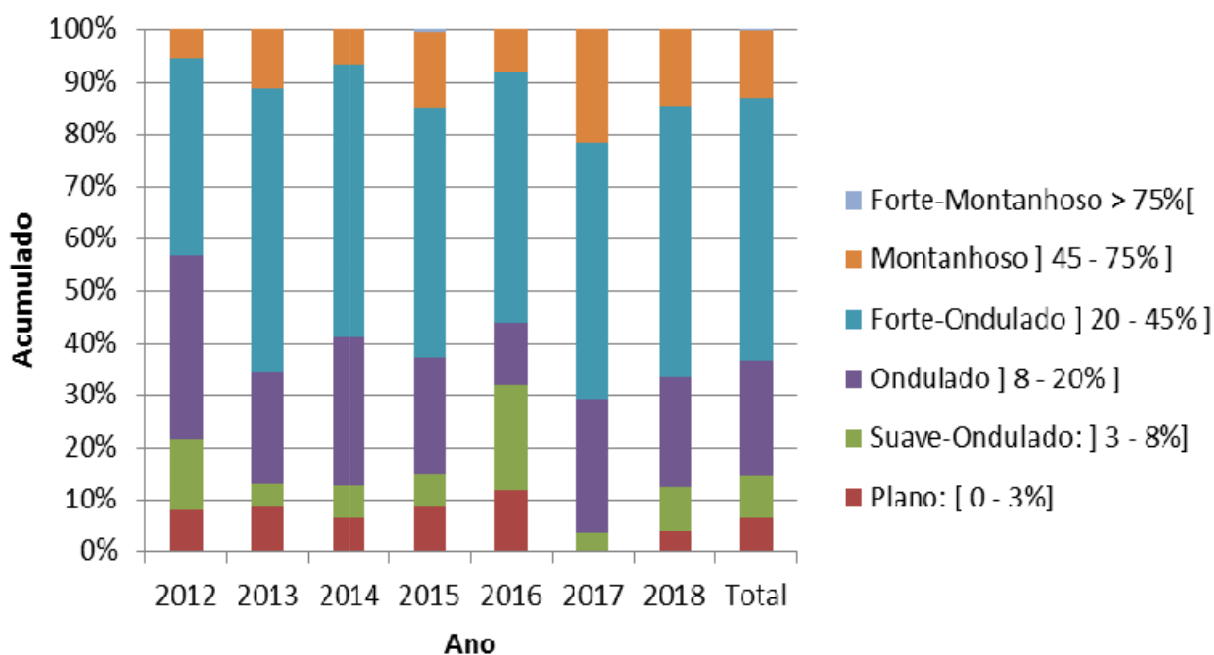
Fonte: Autora (2018)

Tabela 18 - Distribuição dos eventos por declividade em porcentagem

<b>Classificação</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Plano [ 0 - 3% ]	3	12	3	13	6	0	7	44	6,7%
Suave-Ondulado ] 3 - 8% ]	5	6	3	10	10	2	16	52	7,9%
Ondulado ] 8 - 20% ]	13	29	13	34	6	14	38	147	22,3%
Forte-Ondulado ] 20 - 45% ]	14	74	24	72	24	27	94	329	50,0%
Montanhoso ] 45 - 75% ]	2	15	3	22	4	12	27	85	12,9%
Forte-Montanhoso > 75% [	0	0	0	1	0	0	0	1	0,2%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>136</b>	<b>46</b>	<b>152</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>182</b>	<b>658</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Autora (2018)

Figura 68- Distribuição dos eventos por declividade em porcentagem

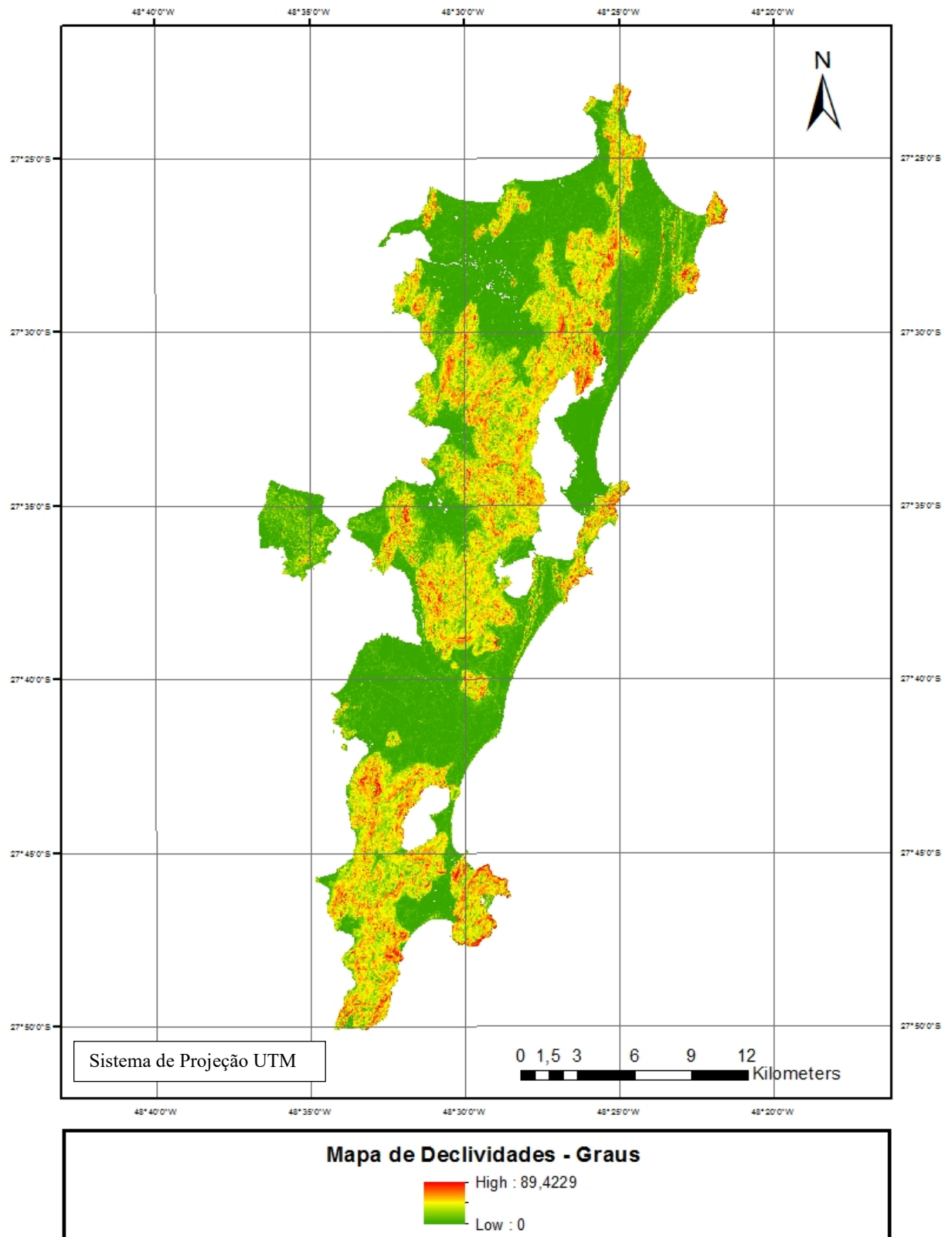


Fonte: Autora (2018)

Os registros em terreno forte-ondulado tendem a permanecer constantes, enquanto as outras classificações não apresentam um padrão bem definido.

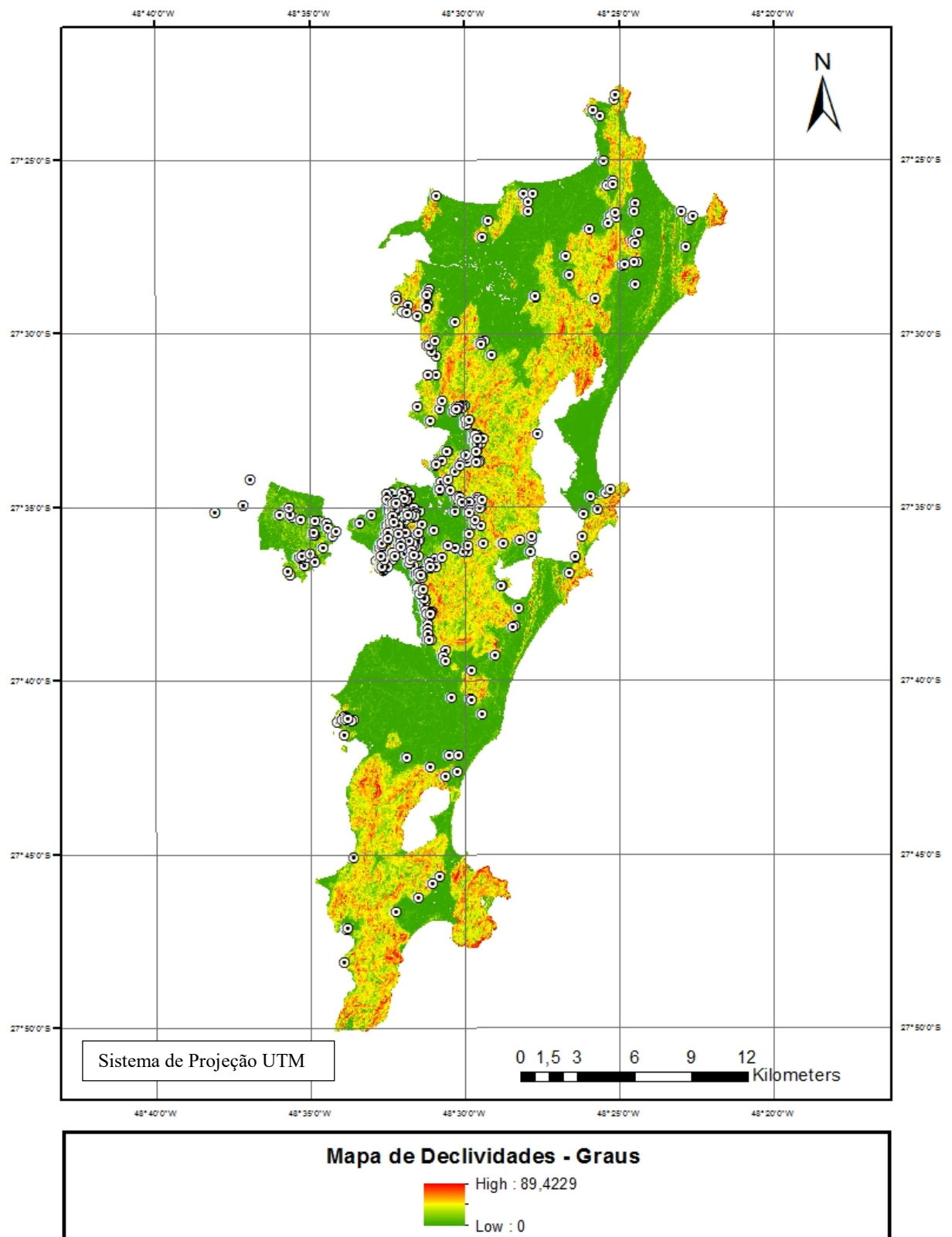
A análise do mapa de declividade em porcentagem permite visualizar as áreas mais planas e mais íngremes do Município. A parte continental apresenta relevo menos acidentado, assim como áreas ao norte da parte insular e o centro da subárea Sul. Os locais vermelhos concentram-se em locais onde há existência de formações rochosas, como o Maciço do Morro da Cruz e a Costeira do Pirajubaé, locais onde a ocupação em áreas de risco é comum.

Figura 69 - Mapa de declividades em graus



Fonte: Autora (2018)

Figura 70 - Mapa de declividade em graus com eventos



Fonte: Autora (2018)



### 5.3.3 Hipsometria

A altitude influencia na distribuição dos movimentos de massa em decorrência da variação do volume pluviométrico devido ao efeito orográfico. Normalmente essa variável é analisada em conjunto com a declividade ou outros fatores topográficos. (Vieira, 2007).

Um total de 96,6% dos eventos ocorrem em altitudes de até 140m, sendo que a maior parte se concentra em até 40m. Com o passar dos anos, as ocorrências a partir de 90m tem sido mais recorrentes, o que leva a crer que o estudo condiz com a realidade se for levado em conta que, em Florianópolis, inicialmente, as áreas mais baixas tendem a ser ocupadas para, então, haver a busca de áreas mais altas para o assentamento, levando à ocorrência de desastres registrados.

Cabe ressaltar que altitudes acima da cota de 100m são, de acordo com o Plano Diretor de Florianópolis, áreas de uso limitado e não apresentam condições adequada para suportar determinados usos do solo.

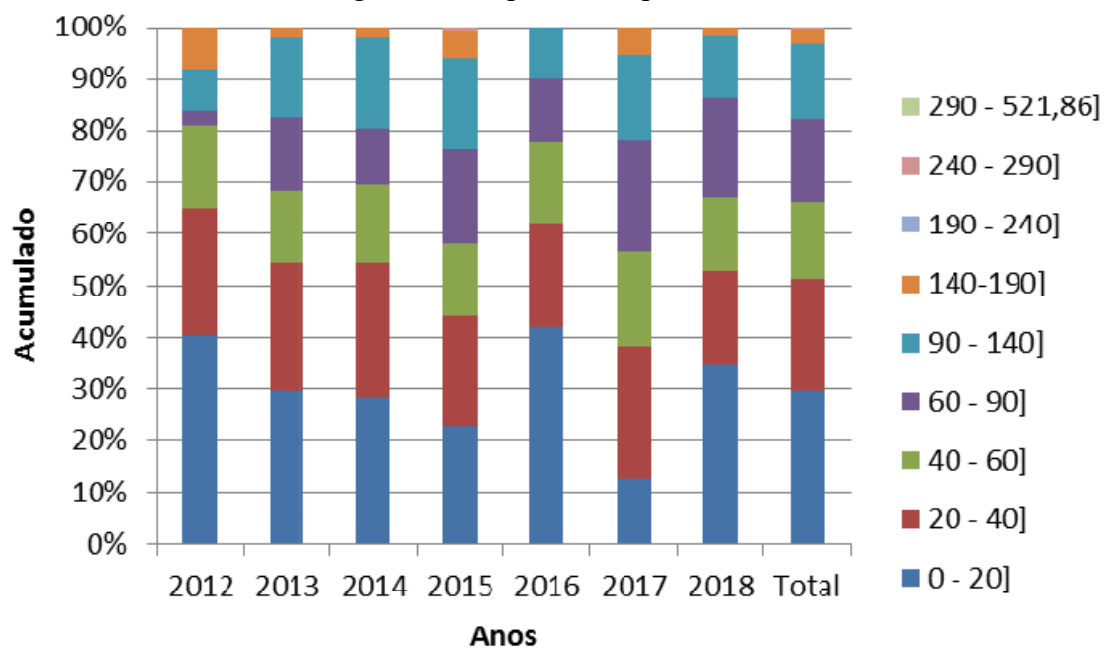
A Tabela 19 e as Figuras 71 a 73 mostram os resultados obtidos.

Tabela 19 - Hipsometria por eventos

Altitude	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	Porcentagem
0 - 20]	15	40	13	35	21	7	63	194	29,5%
20 - 40]	9	34	12	32	10	14	33	144	21,9%
40 - 60]	6	19	7	21	8	10	26	97	14,7%
60 - 90]	1	19	5	28	6	12	35	106	16,1%
90 - 140]	3	21	8	27	5	9	22	95	14,4%
140-190]	3	3	1	8	0	3	3	21	3,2%
190 - 240]	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
240 - 290]	0	0	0	1	0	0	0	1	0,2%
290 - 521,86]	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
Total	37	136	46	152	50	55	182	658	100,0%

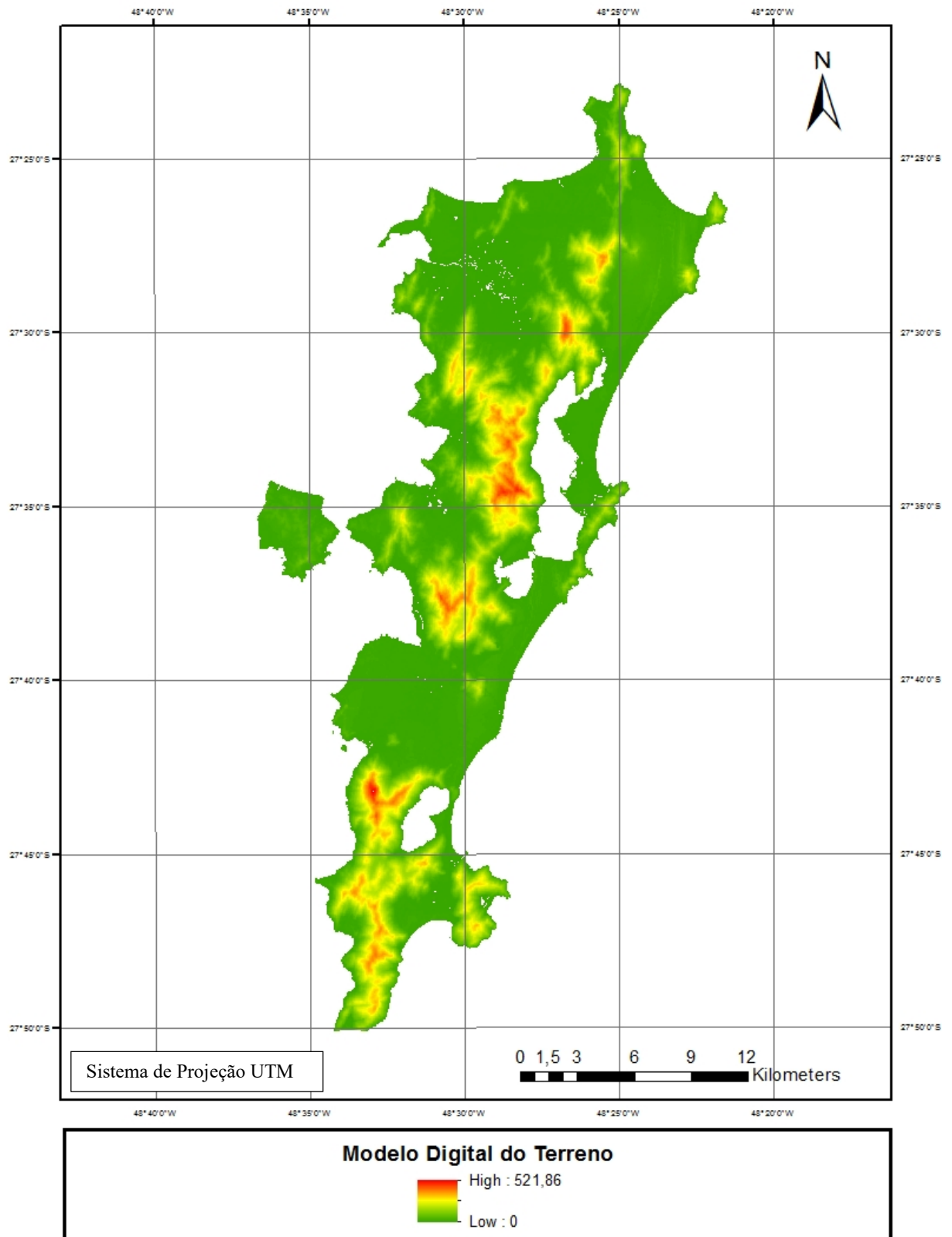
Fonte: Autora (2018)

Figura 71 - Hipsometria por eventos



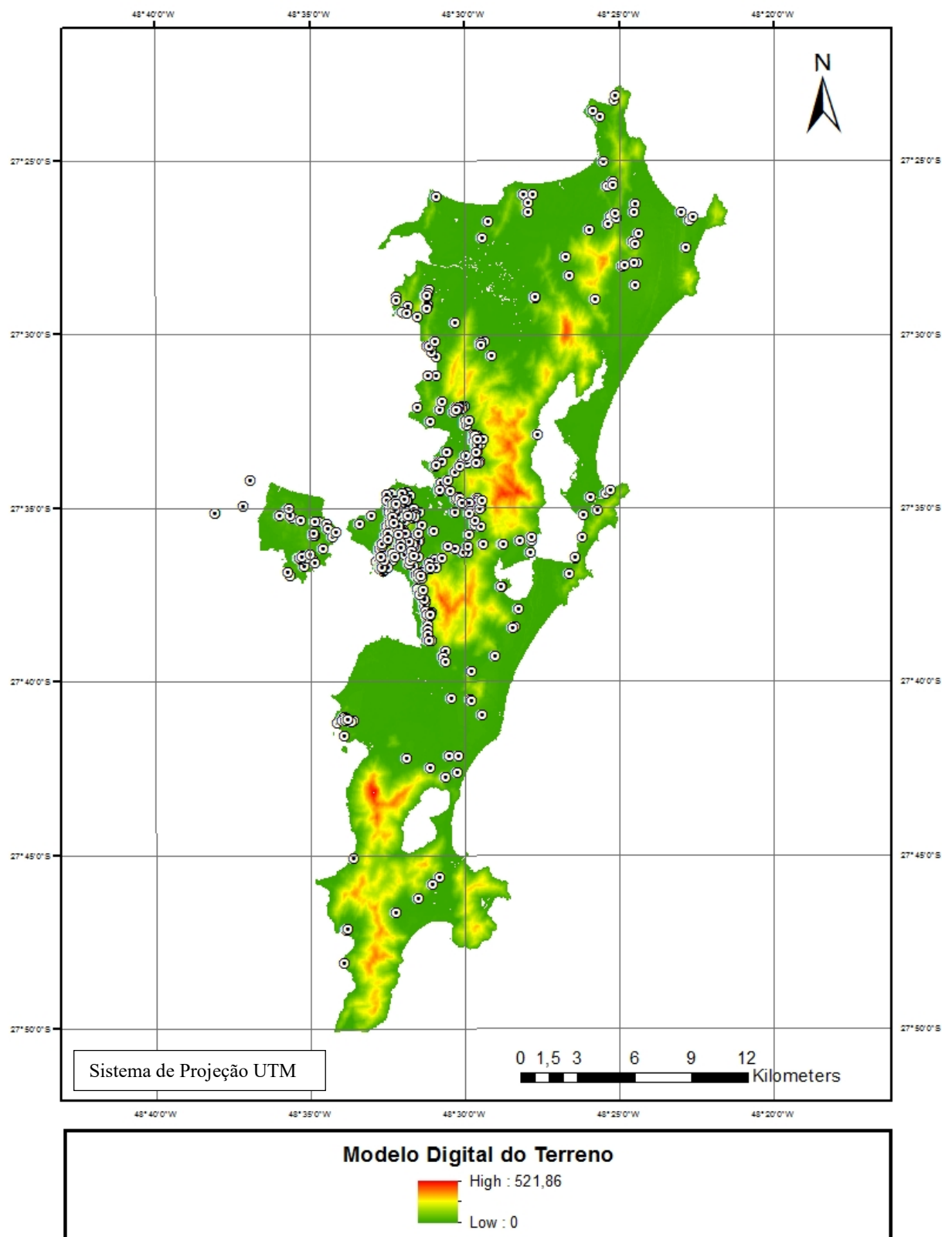
Fonte: Autora (2018)

Figura 72 - Mapa hipsométrico



Fonte: Autora (2018)

Figura 73 - Mapa hipsométrico com eventos



Fonte: Autora (2018)

### 5.3.4 Aspectos Sócioeconômicos

As informações obtidas quanto à pavimentação, calçamento, arborização e presença de bueiro ou boca de lobo são interessantes para o contexto desse trabalho quanto analisados em conjunto. As Tabelas 20 a 23 detalham os dados disponibilizados pelo Censo 2010 do IBGE.

Primeiro, é preciso conceituar algumas definições do IBGE:

- Setor Censitário – menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional;
- Domicílio – local estruturalmente separado e independente que se destina a servir de habitação a uma ou mais pessoas, ou que esteja sendo utilizado como tal;
- Pavimentação – Trecho do logradouro, na face percorrida, com cobertura de via pública com asfalto, cimento, paralelepípedos, pedras, etc;
- Calçada – Somente se na face existia caminho calçado ou pavimentado, destinado à circulação de pedestres, quase sempre mais alto que a parte do logradouro em que trafegam os veículos;
- Arborização – Face ou face confrontante ou no canteiro central com árvore ao longo de calçada, passeio e/ou canteiro que divida as pistas de um mesmo logradouro e
- Bueiro/Boca de Lobo – Face ou face confrontante com abertura que dá acesso a caixas subterrâneas por onde escoam águas provenientes de chuva.

Tabela 20 - Porcentagem de domicílios com pavimentação

Domicílios	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	Porcentagem
0 - 20%	0	0	0	0	1	0	0	1	0,2%
20 - 40%	26	98	34	94	28	34	115	429	65,2%
40 - 60%	3	15	1	11	5	6	12	53	8,1%
60 - 80%	0	0	0	0	0	0	3	3	0,5%
80 - 100%	8	23	11	44	16	14	48	164	24,9%
Sem Dados	0	0	0	3	0	1	4	8	1,2%
Total	37	136	46	152	50	55	182	658	100,0%

Fonte: Autora (2018)

Tabela 21 - Porcentagem de domicílios com calçada

Domicílios	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	Porcentagem
0 - 20%	11	32	12	56	15	21	61	208	31,6%
20 - 40%	7	23	10	36	16	11	36	139	21,1%
40 - 60%	6	34	8	26	8	8	29	119	18,1%
60 - 80%	3	18	3	9	3	9	26	71	10,8%
80 - 100%	10	29	13	22	8	5	26	113	17,2%
Sem Dados	0	0	0	3	0	1	4	8	1,2%
Total	37	136	46	152	50	55	182	658	100,0%

Fonte: Autora (2018)

Tabela 22 - Porcentagem de domicílios com bueiro ou boca de lobo

Domicílios	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	Porcentagem
0 - 20%	3	1	1	3	3	1	7	19	2,9%
20 - 40%	4	15	3	20	2	7	21	72	10,9%
40 - 60%	4	24	9	23	14	4	27	105	16,0%
60 - 80%	8	35	14	44	11	17	39	168	25,5%
80 - 100%	18	61	19	59	20	25	84	286	43,5%
Sem Dados	0	0	0	3	0	1	4	8	1,2%
Total	37	136	46	152	50	55	182	658	100,0%

Fonte: Autora (2018)

Tabela 23 - Porcentagem de domicílios sem arborização

Domicílios	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	Porcentagem
0 - 20%	5	17	8	17	6	6	25	84	12,8%
20 - 40%	4	5	3	11	3	1	11	38	5,8%
40 - 60%	6	13	0	5	4	6	23	57	8,7%
60 - 80%	3	17	9	23	4	8	20	84	12,8%
80 - 100%	19	84	26	93	33	33	99	387	58,8%
Sem Dados	0	0	0	3	0	1	4	8	1,2%
Total	37	136	46	152	50	55	182	658	100,0%

Fonte: Autora (2018)

Essas informações permitem a conclusão de que a maioria dos eventos ocorreu em setores censitários:

- Com 80 a 100% de domicílios com pavimentação nos logradouros;
- Com 0 a 40% de domicílios com calçada;
- Com 80 a 100% de domicílios com bueiro ou boca de lobo e
- Com 80 a 100% de domicílios sem arborização.

Em conjunto, esses dados permitem inferir que:

- A falta de arborização pode influenciar a deflagração de eventos uma vez que as árvores diminuem a velocidade de infiltração de água no solo e reduzem o volume a ser escoado superficialmente em áreas impermeabilizadas;
- A quantidade de eventos em locais com menos arborização aumentou ao longo dos anos, assim como em locais com bueiros;
- Mesmo com alto percentual de presença de bueiros e bocas de lobo, a drenagem parece não ser realizada de forma eficiente, contribuindo para a ocorrência de desastres ligados a movimentos de massa. Entre os motivos para isso, pode-se mencionar a falta de manutenção dos sistemas e o acúmulo de lixo, terra e detritos.
- Com os dados de bueiro ou boca de lobo e pavimentação, põe-se em dúvida a eficiência – ou existência - dos projetos de drenagem e infraestrutura e sua manutenção, ambos de acordo com as demandas de suas respectivas localizações;
- A presença de calçada parece reduzir a ocorrência de registros, de modo que é possível que essas estruturas, por serem mais altas que a pavimentação, criem algum tipo de sistema de drenagem.

Ainda, o Censo permitiu adquirir informações quanto à renda mensal nominal per capita por domicílio das zonas e características dos domicílios. Os eventos costumam ocorrer em zonas majoritariamente ocupadas por casas, eventualmente com a presença de apartamentos em diferentes intensidades, e raramente a ocorrência de condomínios ou vilas. A média de moradores por domicílio é de 3,1 pessoas.

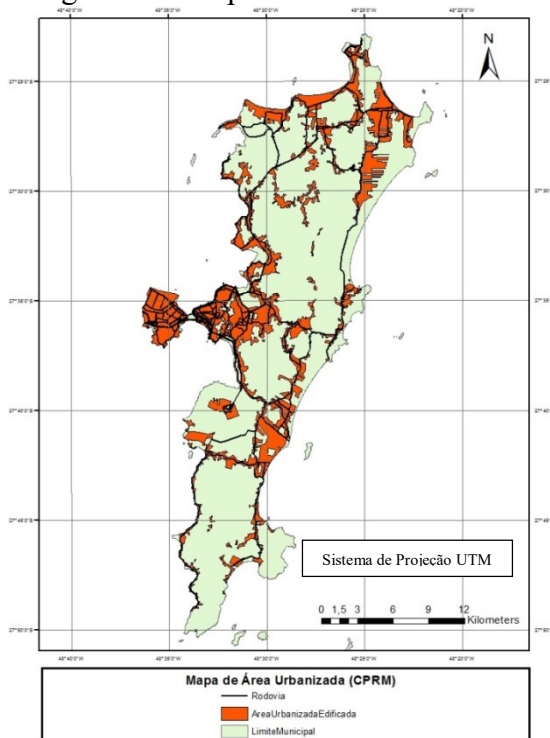
Quanto à renda mensal nominal per capita dos domicílios, esta tende a variar entre  $\frac{1}{2}$  a 2 salários mínimos (R\$255,00 a R\$1020,00 em

2010). Essa renda varia dependendo do ano, podendo a chegar a incluir uma quantidade significativa de domicílios com renda entre  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  de salário mínimo e 2 a 5 salários mínimos per capita. Sendo assim, essa condição econômica reflete diretamente na construção de residências de baixo padrão construtivo, qualidade e técnica e na necessidade de políticas públicas que visem a retirada da população desses locais ou auxiliem a construção de edificações seguras.

### 5.3.5 Urbanização

O Mapa de Áreas Urbanizadas do Município foi elaborado pela CPRM. Em conjunto a essa mapa, foram acrescentadas as principais rodovias do Município. É possível analisar visualmente que a ocorrência dos desastres associados a movimentos de massa tendem a se concentrar em locais onde existe intensa urbanização, como na subárea Central. Ainda, é de extrema importância ressaltar a quantidade de ocorrências em rodovias ao longo de toda a extensão do Município, que podem causar prejuízos econômicos e do bem estar da população. Como já explanado anteriormente, é possível que a ocorrência desses casos dê-se pelo fato que essas áreas permitem que os eventos sejam sentidos e informados com mais facilidade, além de que a interferência humana é comprovadamente um fator condicionante e deflagrador dos eventos. As Figuras 74 e 75 mostram os resultados obtidos.

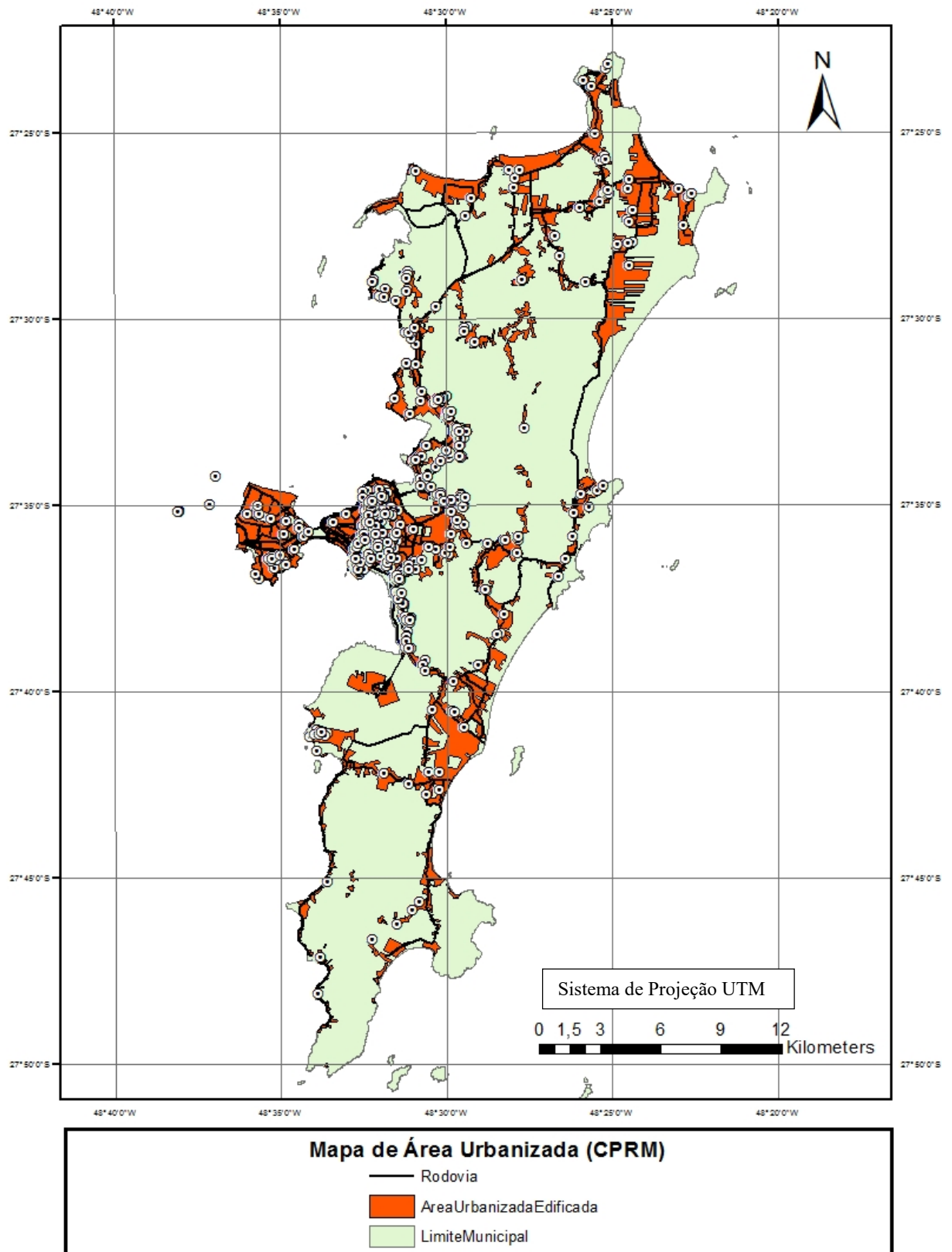
Figura 74 - Mapa de áreas urbanizadas



Fonte: Autora (2018)



Figura 75 - Mapa de áreas urbanizadas por evento



Fonte: Autora (2018)

### 5.3.6 Zoneamento

De acordo com Lei Complementar nº 283 de 17 de janeiro de 2014 estabelece o Plano Diretor de Urbanismo para o Município de Florianópolis. Nele, o zoneamento das áreas é dividido em:

- ACI – Área Comunitária Institucional
- AEA – Área de Estudo Ambiental
- AMC – Área Mista Central
- AMS – Unidade Mista de Serviço
- APL-E – Área de Preservação com Uso Limitado de Encosta
- APL-P – Área de Preservação com Uso Limitado de Planície
- APP – Área de Preservação Permanente
- ARC – Área Residencial Cultural
- ARM – Área Residencial Mista
- ARP – Área Residencial Predominante
- ARR – Área Residencial Rural
- ATL – Área Turística de Lazer
- ATR – Área Turística Residencial
- AUE – Área de Urbanização Especial
- AVL – Área Verde de Lazer
- ZEIS - Zonas Especiais de Interesse Social

Aproximadamente 39% das ocorrências foi registradas nas áreas determinadas ZEIS. Essas áreas podem ser demarcadas sobre terrenos vazios ou áreas já ocupadas por ocupações precárias, sendo definidas pelo art. 213 do Plano Diretor de Urbanismo como áreas de moradia em que se predominam as condições a seguir:

I - famílias com renda igual ou inferior a três salários mínimos; II - uso residencial; III - existência de habitações rústicas e/ou improvisadas, com baixa qualidade dos materiais; IV - existência de moradias com adensamento habitacional excessivo e pela coabitação não voluntária; V - ocupações irregulares

caracterizadas por loteamentos clandestinos e áreas de invasões; e VI – inexistência ou precariedade de infraestrutura urbana e comunitária. Brasil, 2014.

O parágrafo 1º desse mesmo artigo ainda inclui que, em áreas de risco geológico e insalubridade, a regularização só ocorrerá quando houver possibilidade de executar medidas corretivas. A Seção III discute o sistema viário de ZEIS, onde é estatuído que a declividade longitudinal máxima de vias, exceto curvas verticais, é de até 25%, com exceção de trechos isolados, onde podem chegar a até 33%.

A junção das informações das ZEIS com os resultados obtidos nas seções de Declividade e Aspectos Sócioeconômicos, permitem concluir que o estudo mostra resultados coerentes, uma vez que as declividades de até 45% mostram-se com mais ocorrências e que a maior parte das zonas censitárias afetadas apresentam renda per capita média mensal de até 2 salários mínimos.

As ARP apresentam 26,4% dos registros, as ARM um total de 11,9% e as AMC, 4%, totalizando 42,3% de incidentes em áreas residenciais, comerciais e de serviço. Esse índice é interessante, pois mostra os acidentes relativos a movimentos de massa afetam diretamente a área urbana e população, atingindo suas moradias e seu trabalho e afetando-a socialmente e economicamente de modo intenso.

Outra zona de destaque é a APL-E, com 10,8% de registros. O Plano Diretor de Urbanismo define APL como:

os espaços territoriais que, em virtude de suas características de declividade, do tipo de vegetação ou da vulnerabilidade aos fenômenos naturais não apresentam condições adequadas para suportar determinadas formas de uso do solo sem prejuízo do equilíbrio ecológico ou da paisagem natural. Brasil, 2014.

As APL dividem-se em de Encosta ou de Planície, sendo as de encosta descritas como:

as áreas onde predominam as declividades entre trinta por cento e quarenta e seis vírgula seis décimos por cento, bem como as áreas situadas acima da cota 100 que já não estejam abrangidas pelas Áreas de Preservação Permanente (APP). Brasil, 2014.

As APL-E, ainda, são definidas como áreas com declividade entre 30% e 46,6%, ou áreas em cotas acima de 100m.

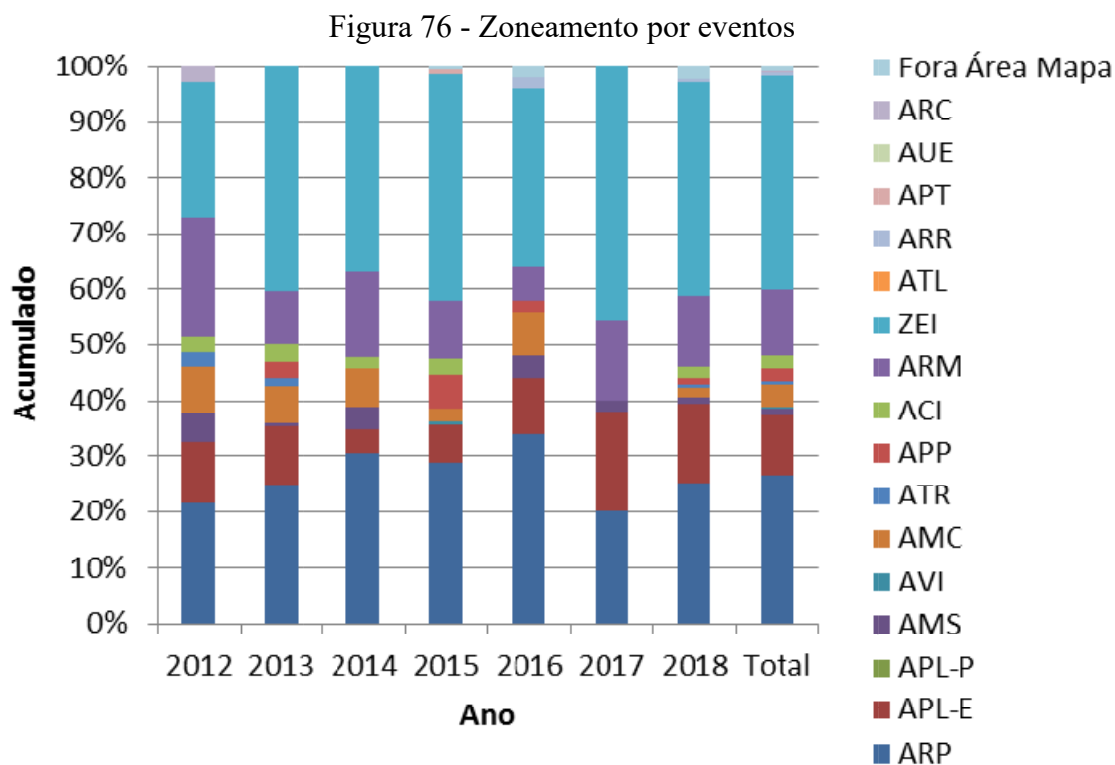
As APL-P e as AUE, que são áreas urbanizáveis que visam à preservação ambiental, não apresentaram ocorrências. O resultado é coerente, visto que as características de relevo dessas áreas não são favoráveis à instabilização de taludes. A Tabela 24 e a Figura 76 exibem os resultados obtidos.

Tabela 24 - Zoneamento por eventos

<b>Zoneamento</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentagem</b>
ARP	8	34	14	44	17	11	46	174	26,4%
APL-E	4	14	2	10	5	10	26	71	10,8%
APL-P	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
AMS	2	1	2	0	2	1	2	10	1,5%
AVL	0	0	0	1	0	0	0	1	0,2%
AMC	3	9	3	4	4	0	3	26	4,0%
ATR	1	2	0	0	0	0	1	4	0,6%
APP	0	4	0	9	1	0	2	16	2,4%
ACI	1	4	1	4	0	0	4	14	2,1%
ARM	8	13	7	16	3	8	23	78	11,9%
ZEI	9	55	17	62	16	25	70	254	38,6%
ATL	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
ARR	0	0	0	0	1	0	1	2	0,3%
APT	0	0	0	1	0	0	0	1	0,2%
AUE	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%
ARC	1	0	0	0	0	0	0	1	0,2%
Fora Área Mapa	0	0	0	1	1	0	4	6	0,9%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>136</b>	<b>46</b>	<b>152</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>182</b>	<b>658</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Autora (2018)

Não foi determinado um padrão para a ocorrência de eventos em cada área do zoneamento ao longo dos anos, porém é fácil perceber a predominância de eventos em ZEIS e ARP.



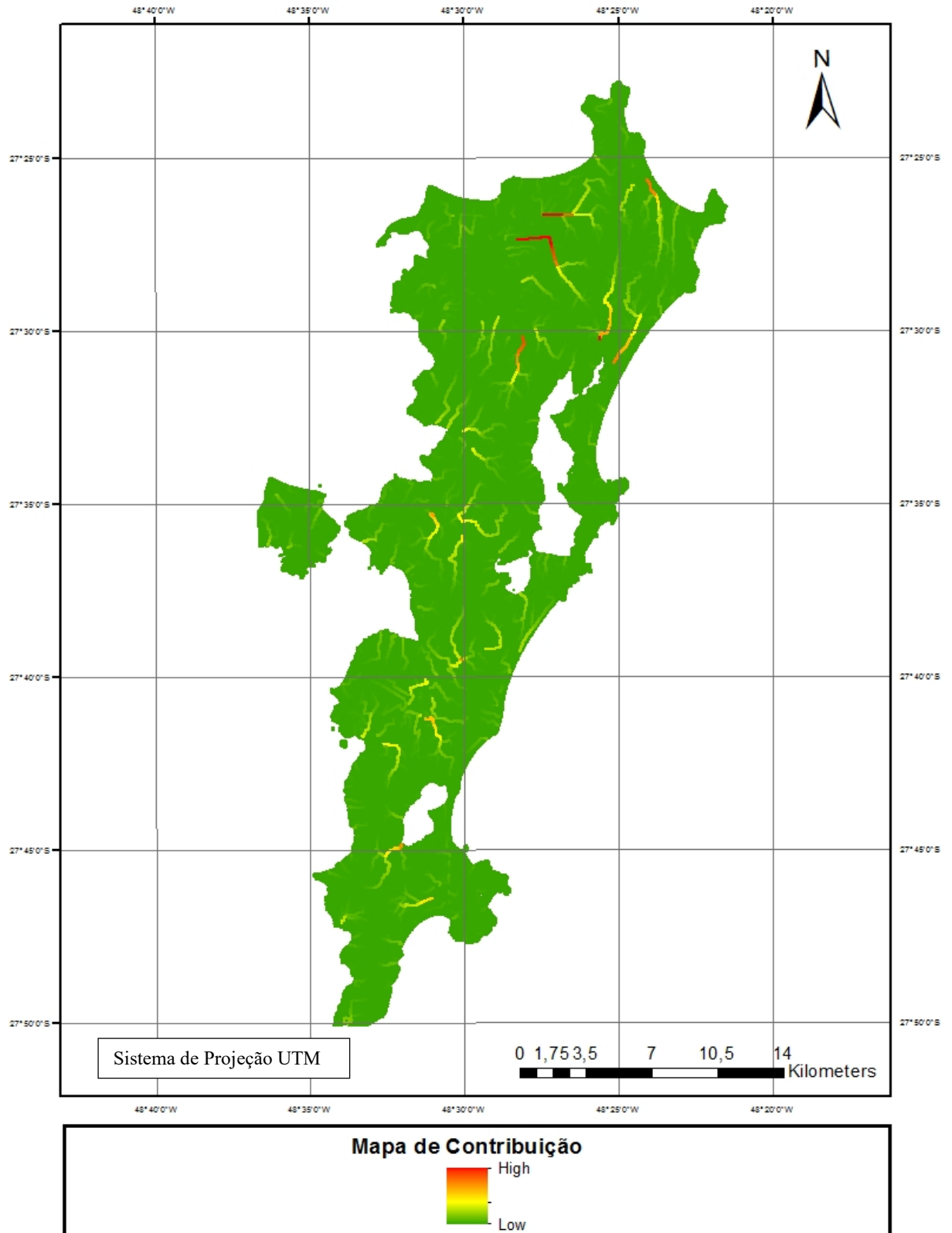
### 5.3.7 Mapa de Contribuição

De acordo com Vieira (2011), a área de contribuição mostra a relação direta entre a forma da encosta e a ocorrência de eventos hidrológicos e erosivos.

Esse mapa é gerado a partir do Mapa de Direção de Fluxo, o qual indica qual a movimentação preferencial da água. Menores índices de contribuição tendem a apresentar menor quantidade de eventos e para o Município os registros localizam-se, em sua maioria, em regiões medianas (amarelas a alaranjadas) de contribuição. Assim, é possível confirmar a hipótese de que o fluxo superficial da água é fator condicionante para a ocorrência dos eventos. Cabe ressaltar que em grande escala é possível verificar os locais de concentração de fluxo são os com maior área de contribuição, o que não acontece necessariamente no de pequena escala.

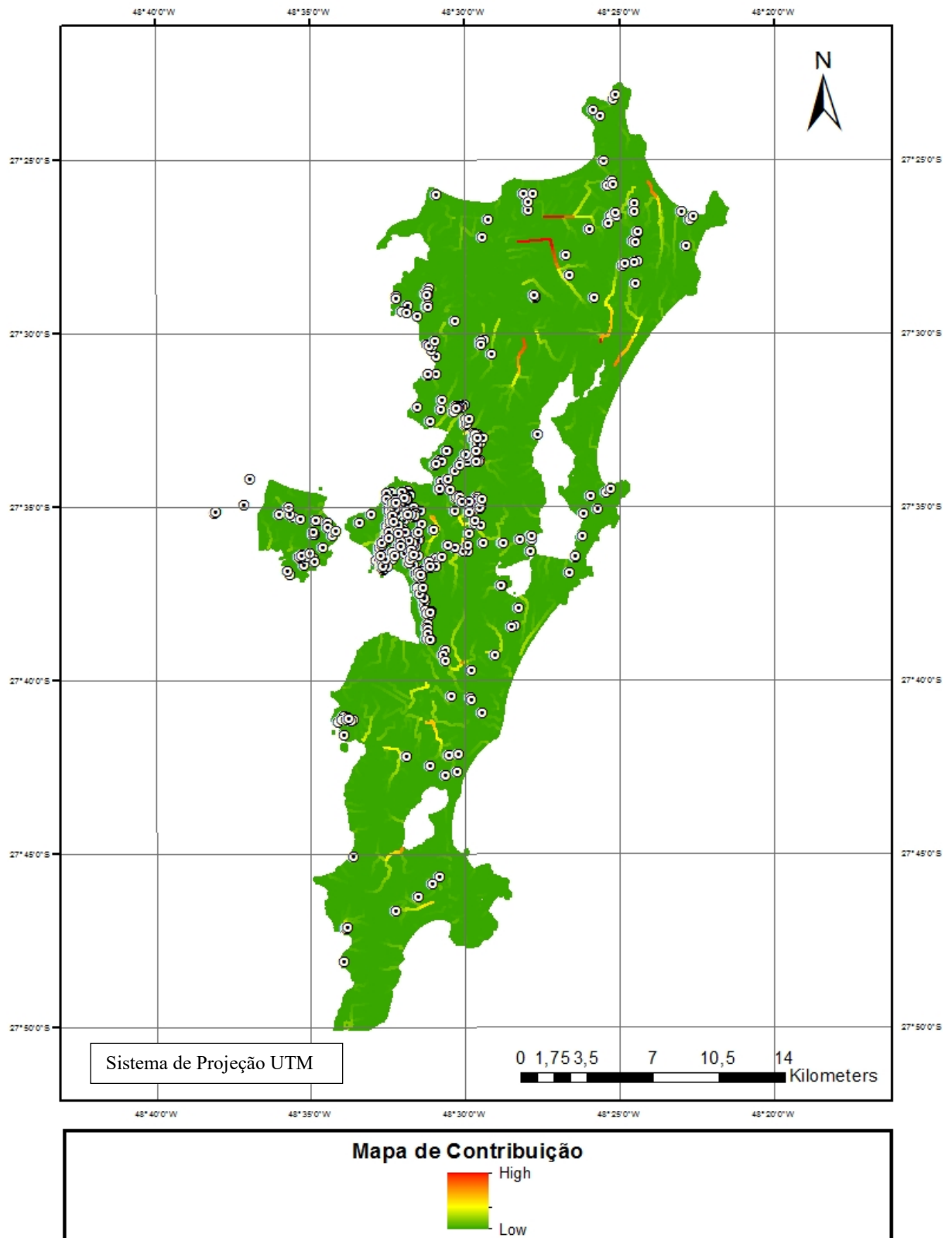
As Figuras 77 e 78 mostram os resultados obtidos.

Figura 77 - Mapa de contribuição



Fonte: Autora (2018)

Figura 78 - Mapa de contribuição com eventos



Fonte: Autora (2018)

## 5.5 CORRELAÇÕES

As correções foram elaboradas para precipitações acumuladas em 24, 48, 72, 96, 120h e 30 dias antes do evento, buscando a separação mais nítida entre os pontos com e sem eventos. Os pontos em que houve ocorrência de registros de eventos estão plotados na cor laranja e os em que não houve eventos estão na cor roxa. Os gráficos, de modo geral, apresentaram grande dispersão dos dados com eventos uma vez que não houve tratamento estatístico nos dados utilizados e que o banco de dados de registros de eventos e de chuvas encontra-se fragilizado em diversas ocorrências.

### 5.5.1 Central

A subárea Central foi a que apresentou maior número de ocorrências relativas a movimentos de massa. Os resultados encontrados para as correlações de 24 e 48h não permitiram uma clara separação entre a ocorrência ou não dos eventos, de forma que muitos dos pontos que representam a ocorrência de registros localizaram-se na área abaixo da curva de correlação. Os acumulados que melhor se adequaram ao método para esta subárea foram para os acumulados de 96h. Mesmo assim, observa-se que muitos pontos laranjas encontram-se abaixo da curva de correlação, indicando que é preciso cautela no momento da utilização da equação gerada. Ainda, destaca-se que a alteração, momentânea ou permanente, das características do local, devido principalmente à ação antrópica, pode reduzir os acumulados necessários para a ocorrência de eventos, o que pode justificar a presença desses pontos abaixo da curva da correlação. A correlação obtida para os acumulados mensais também se apresentou mais satisfatória e pode vir a fornecer um instrumento de auxílio para o acompanhamento de acumulados em meses comumente mais chuvosos e propensos à ocorrência de eventos. As curvas, de modo geral, mesmo com um pico inicial da curva, apresentam-se bem inclinadas, resultando em limiares críticos baixos, provavelmente devido à alta densidade de ocupações de baixo padrão construtivo.

Os resultados estão na Tabela 25 e Figuras 79 a 84.

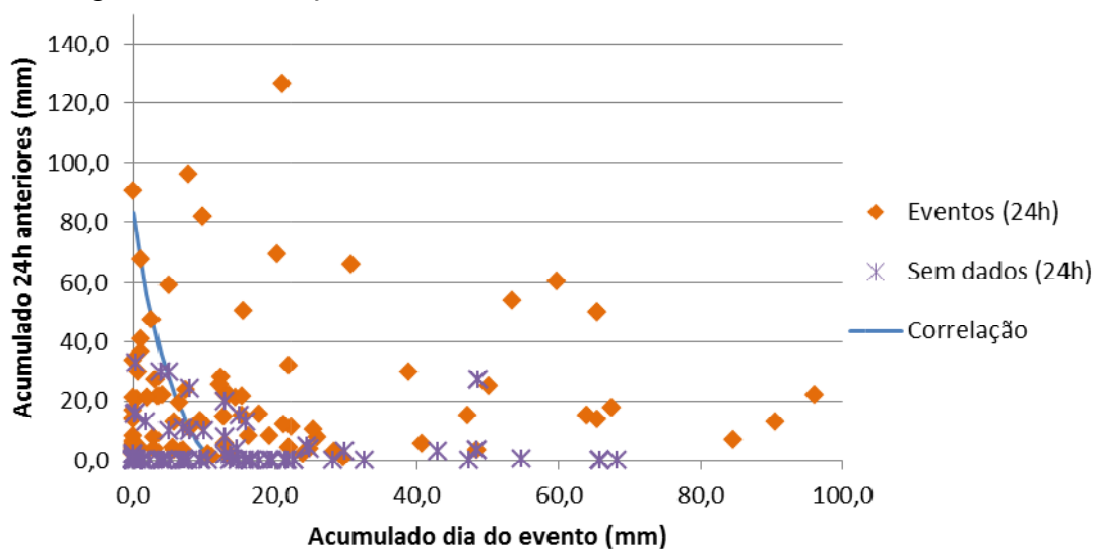


Tabela 25 - Correlações subárea Central

Subárea:	Central	Correlação
Acumulado em:	24h	$100 e^{-0,17x} + 15$
	48h	$100 e^{-0,19x} + 15$
	72h	$90 e^{-0,17x} + 2$
	96h	$100 e^{-0,13x}$
	120h	$110 e^{-0,13x}$
	30 dias	$-51 \ln(x) + 240$

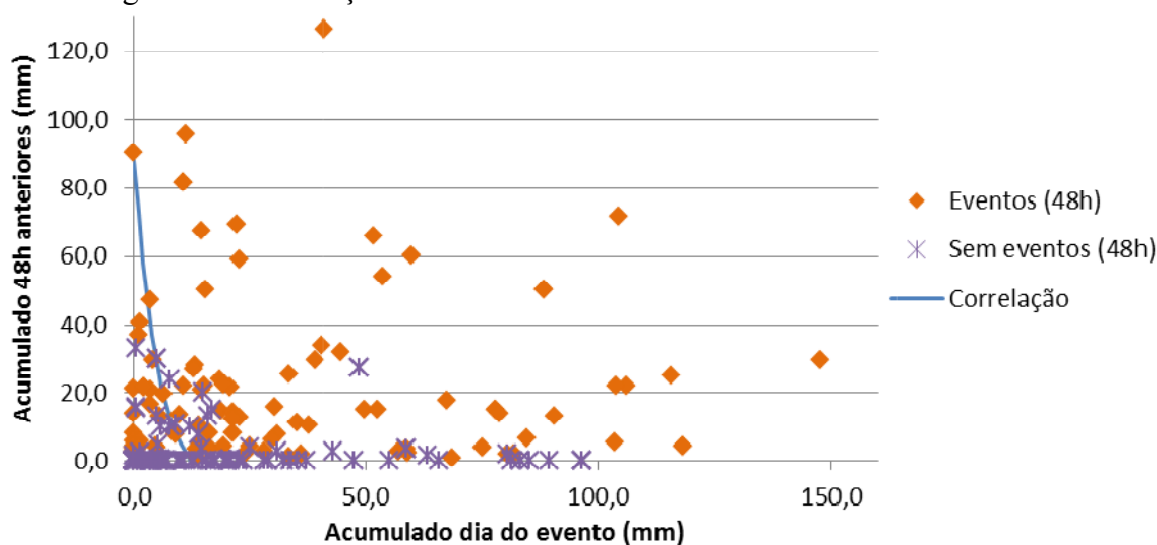
Fonte: Autora (2018)

Figura 79 - Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento - Central



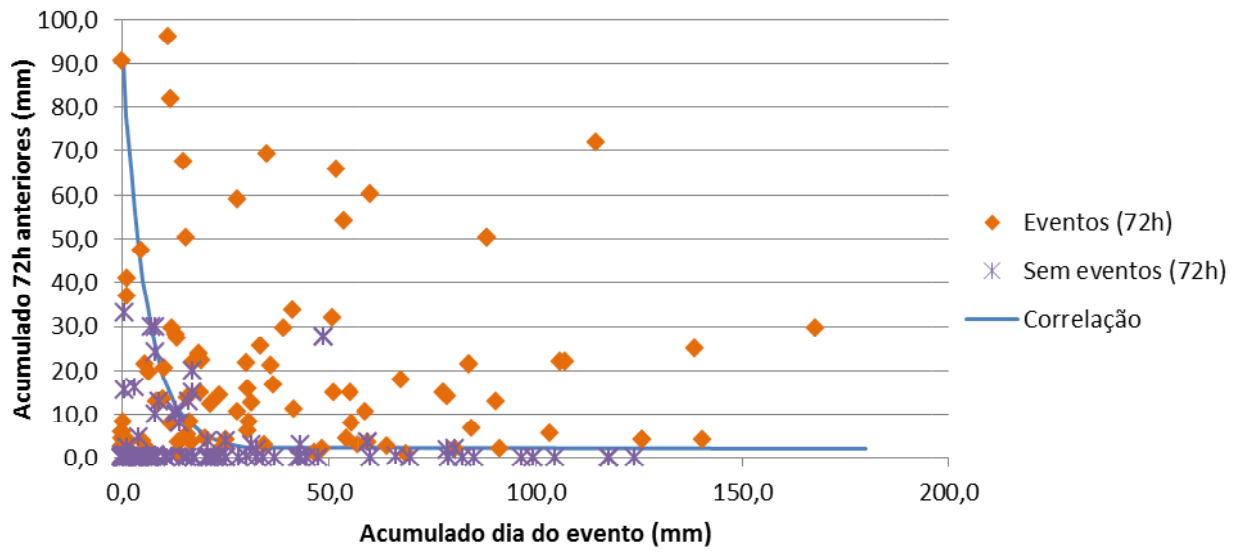
Fonte: Autora (2018)

Figura 80 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Central



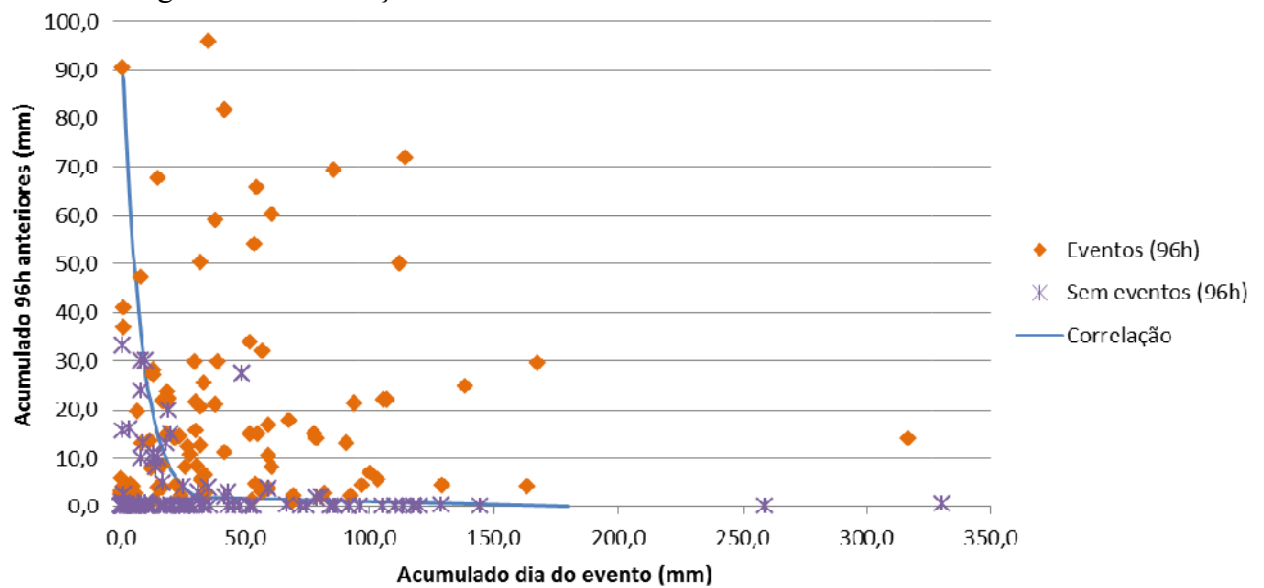
Fonte: Autora (2018)

Figura 81 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Central



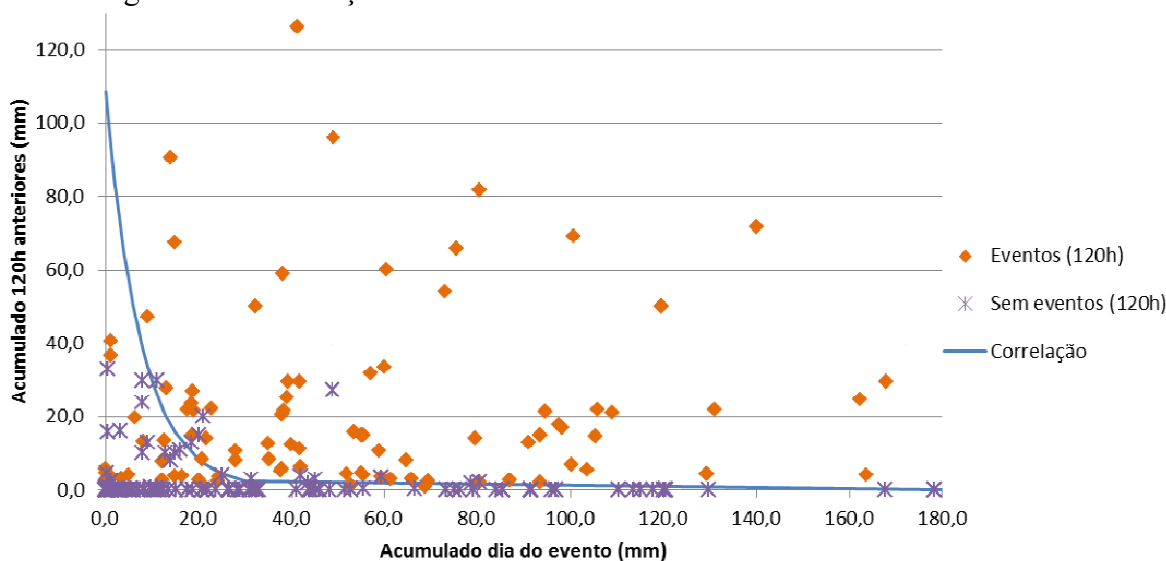
Fonte: Autora (2018)

Figura 82 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Central



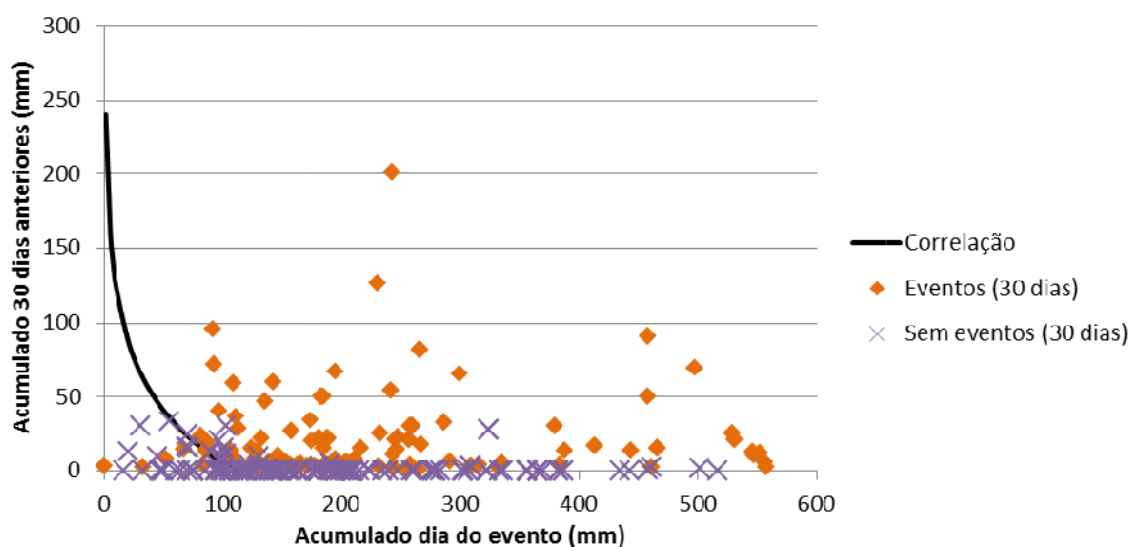
Fonte: Autora (2018)

Figura 83 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Central



Fonte: Autora (2018)

Figura 84 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento – Central



Fonte: Autora (2018)

### 5.5.2 Continente

A baixa quantidade de dados compromete a análise uma vez que o método baseia-se na quantidade de registros para criar a correlação que melhor divida as áreas de ocorrência ou não de eventos. Aproximadamente até 33% dos eventos localizam-se abaixo da linha de correlação. Uma ressalva feita para esta subárea está que as correlações para 24, 48 e 72h apresentam-se de forma muito semelhante e com pouca ou nenhuma diferença entre os acumulados para esses horários e para os picos iniciais das correlações, o que pode significar a presença de incoerência nas datas dos eventos ou dos dados pluviométricos, ou, ainda, que,

apesar da pouca ou nenhuma chuva antecedente nesses períodos, o histórico de umidade do solo influenciou a ocorrência de eventos, além da possibilidade de presença de águas servidas e outras consequências da ação antrópica. As correlações para os acumulados de 120h e 30 dias foram as que melhor representaram a região.

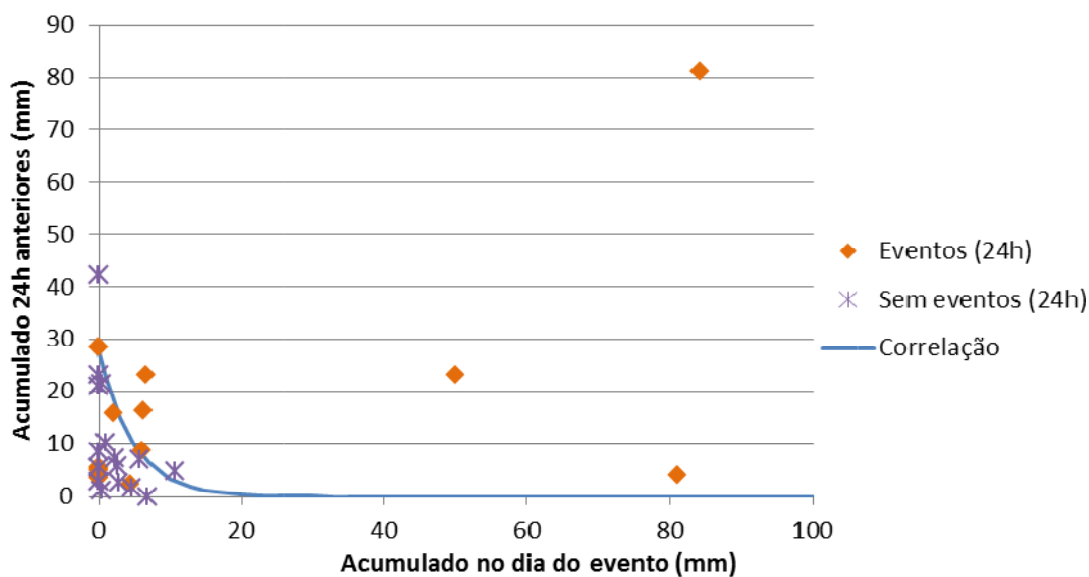
Os resultados estão na Tabela 26 e Figuras 85 a 90.

Tabela 26 - Correlação subárea Continente

Subárea:	Continente	Correlação
Acumulado em:	24h	$28 e^{-0,21x}$
	48h	$28 e^{-0,19x}$
	72h	$30 e^{-0,06x}$
	96h	$60 e^{-0,07x}$
	120h	$80 e^{-0,09x}$
	30 dias	$120 e^{-0,026x}$

Fonte: Autora (2018)

Figura 85 - Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento - Continente



Fonte: Autora (2018)

Figura 86 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Continente

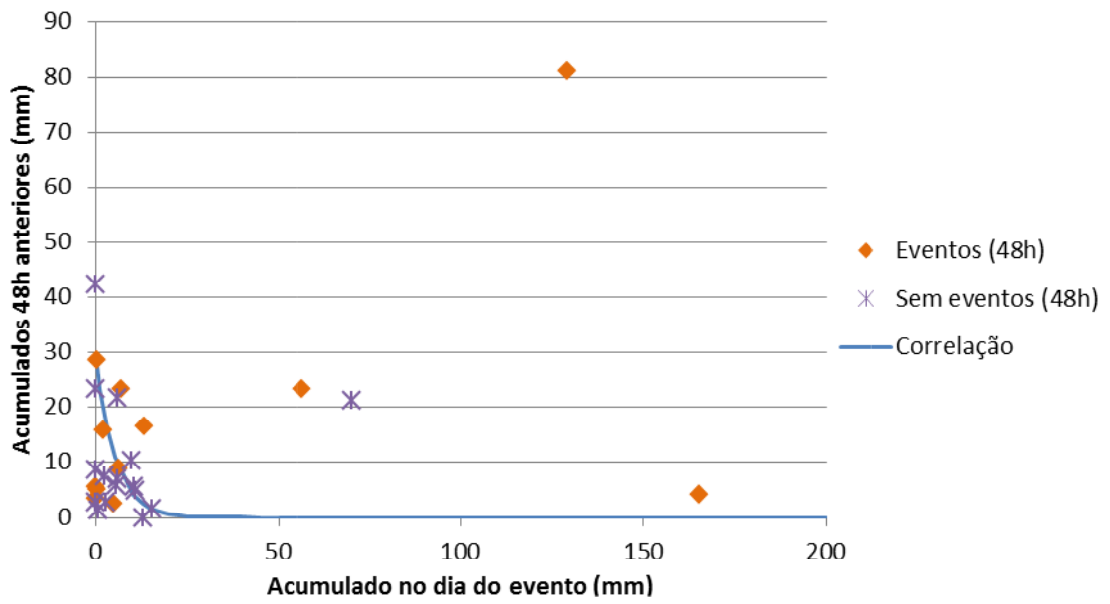


Figura 87 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Continente

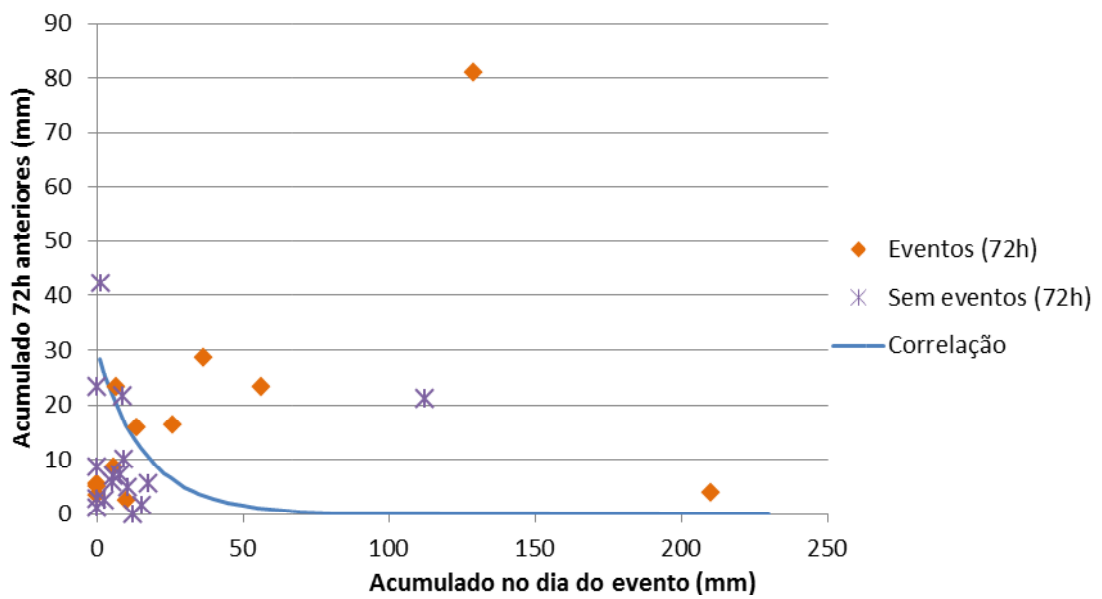


Figura 88 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Continente

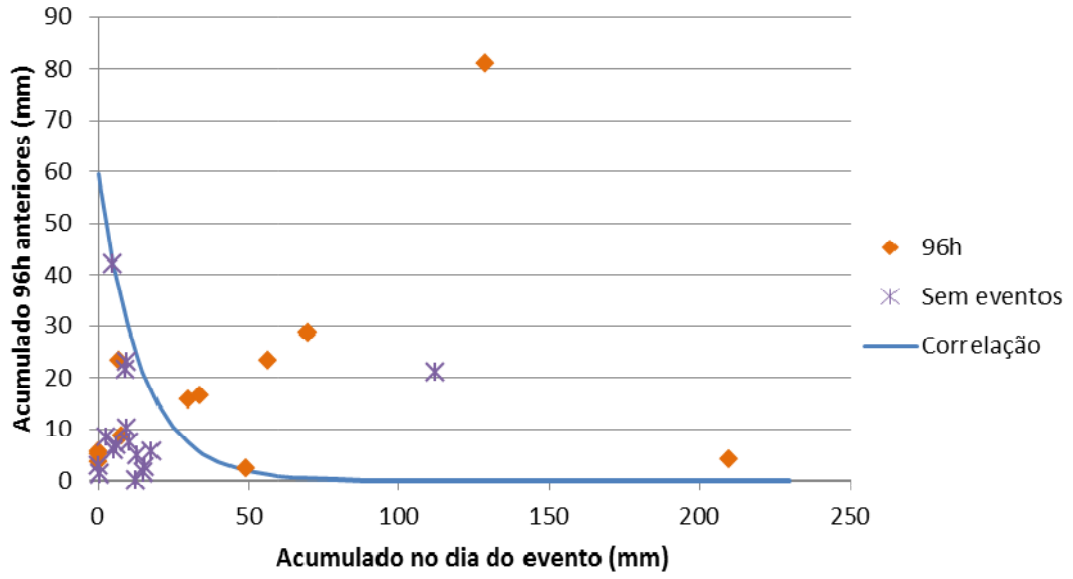
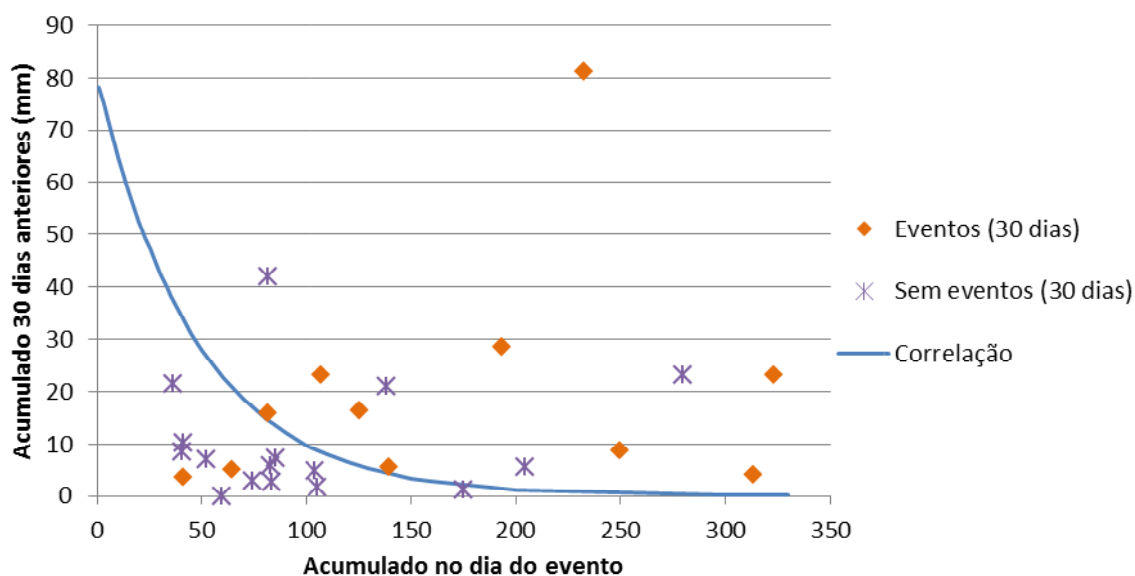


Figura 90 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Continente



### 5.5.3 Leste da Ilha

Esta subárea também apresenta uma baixa quantidade de registros, contudo, os acumulados de 72, 96, 120h e 30 dias mostram correlações mais adequadas para a área, com quase todos os pontos laranjas na parte superior do gráfico, porém, ainda proporcionando correlações um tanto conservadoras. As correlações para 48 e 72h apresentaram-se muito semelhantes, entretanto, mais adequada para o acumulado de 72h. Todas as correlações mostraram um alto pico inicial e curvas arredondadas e suaves. Ressalta-se que, devido à baixa quantidade de registros, a correlação deve ser utilizada com cautela, independentemente do acumulado utilizado.

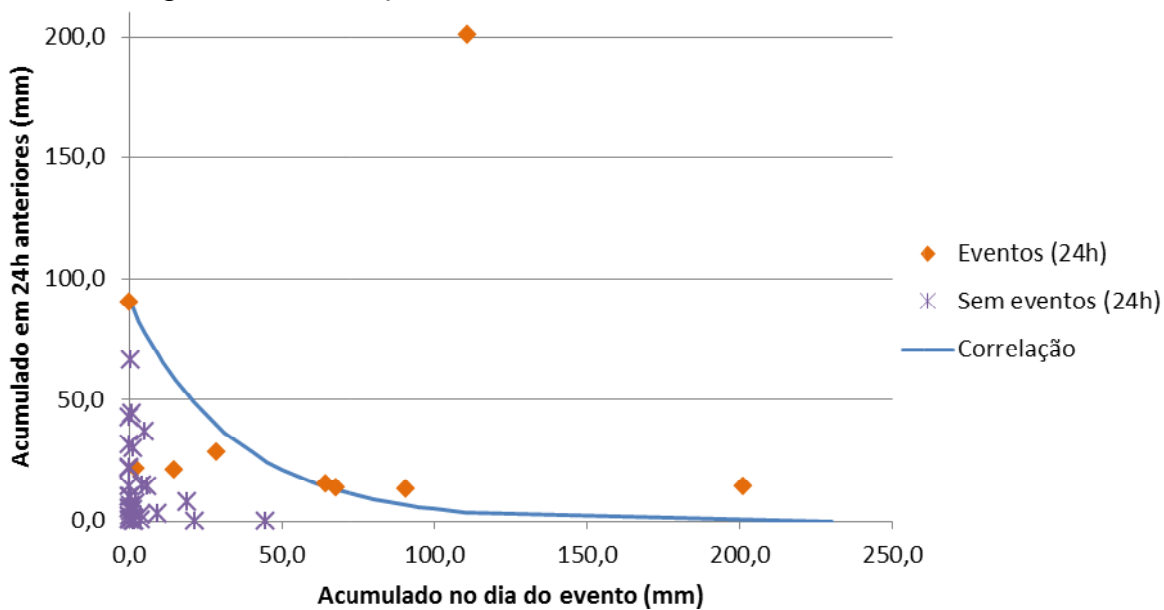
Os resultados estão na Tabela 27 e Figuras 91 a 96.

Tabela 27 - Correlação subárea Leste

Subárea:	Leste	Correlação
Acumulado em:	24h	$90 e^{-0,029x}$
	48h	$-17 \ln(x) + 83$
	72h	$-17,1 \ln(x) + 81$
	96h	$94 e^{-0,032x}$
	120h	$170 e^{-0,047x}$
	30 dias	$350 e^{-0,015x}$

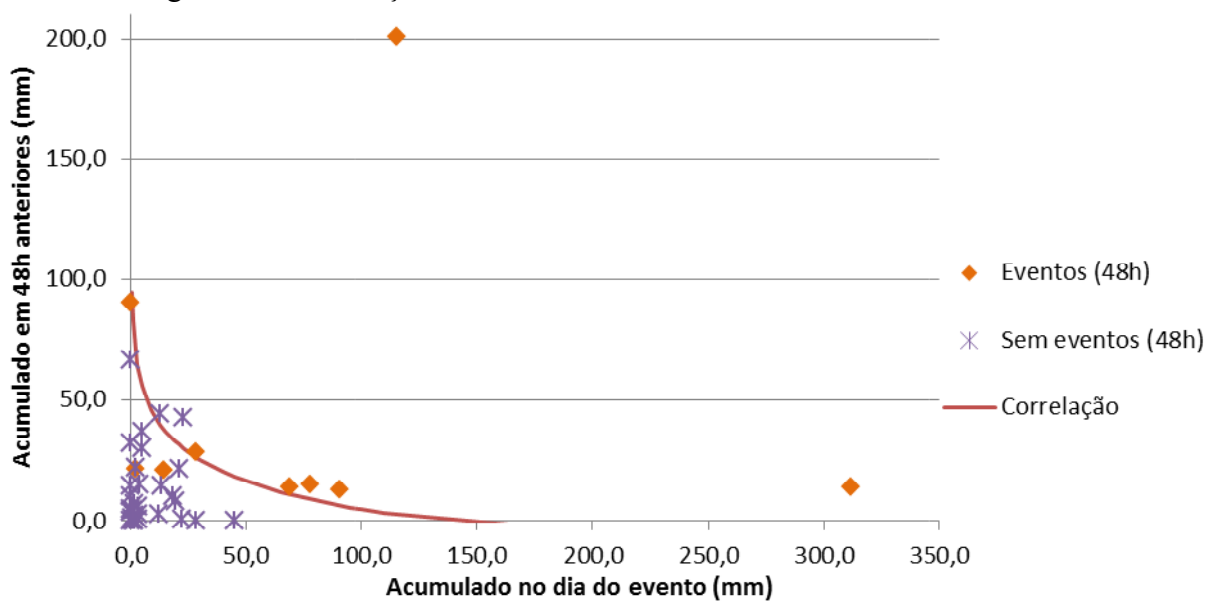
Fonte: Autora (2018)

Figura 91 - Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento - Leste



Fonte: Autora (2018)

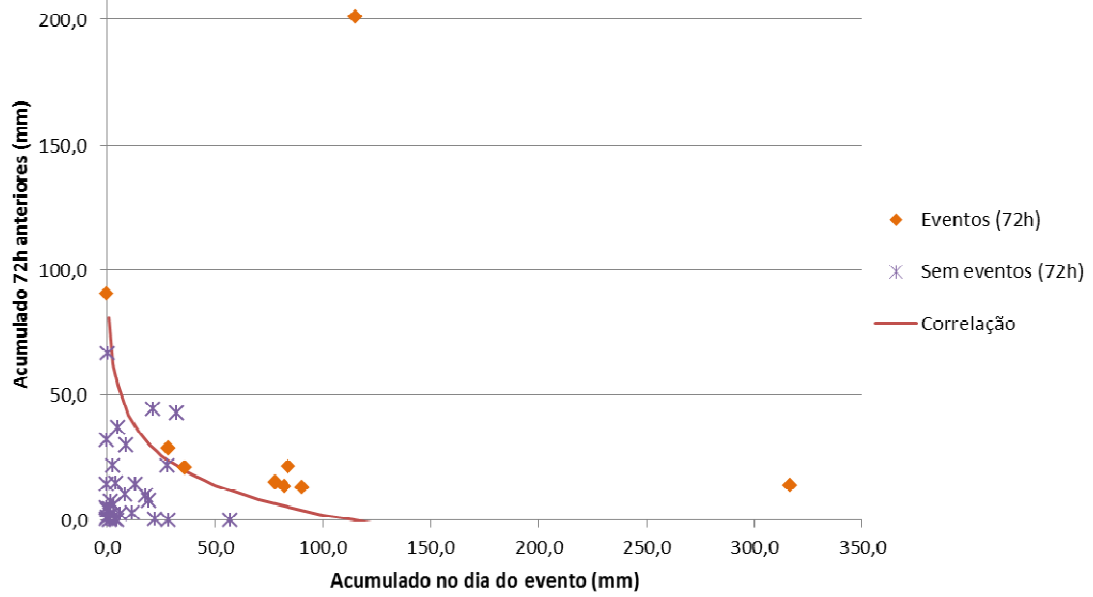
Figura 92 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Leste



Fonte: Autora (2018)

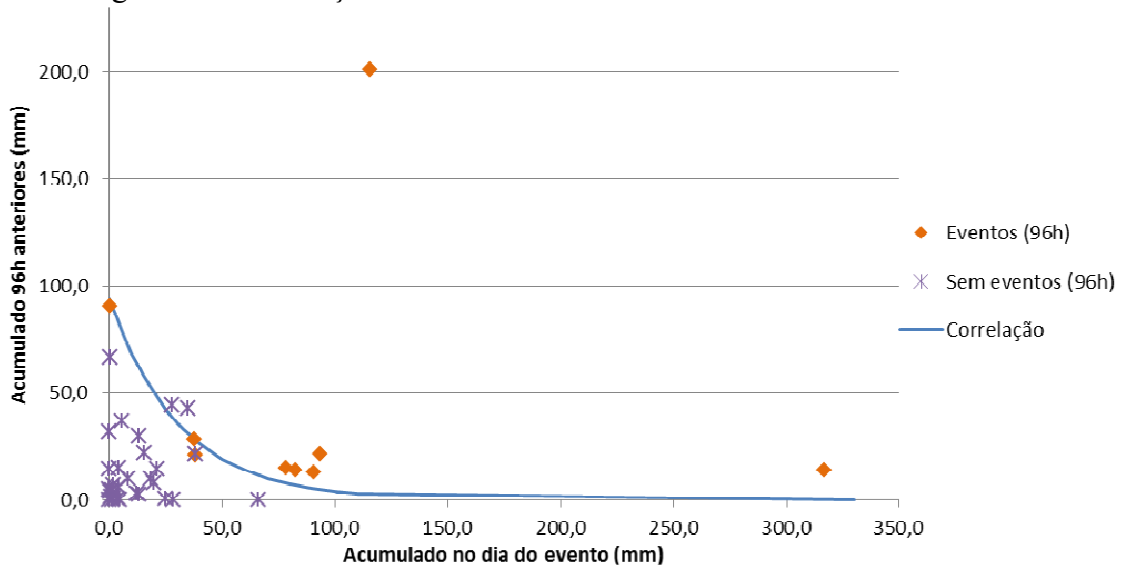


Figura 93 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Leste



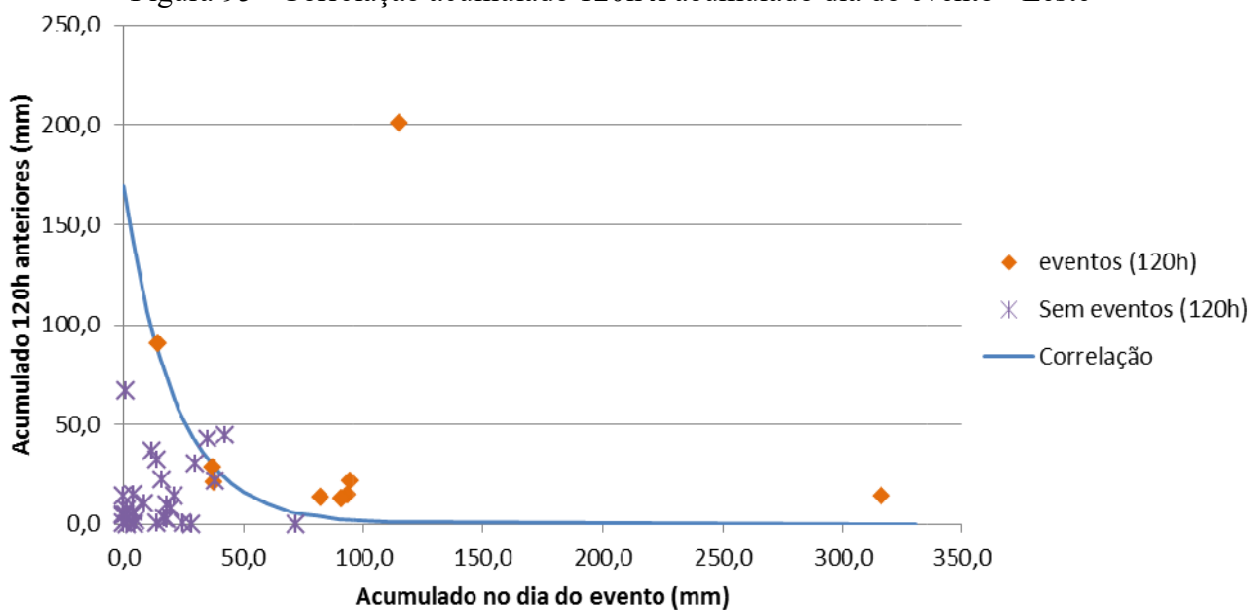
Fonte: Autora (2018)

Figura 94 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Leste



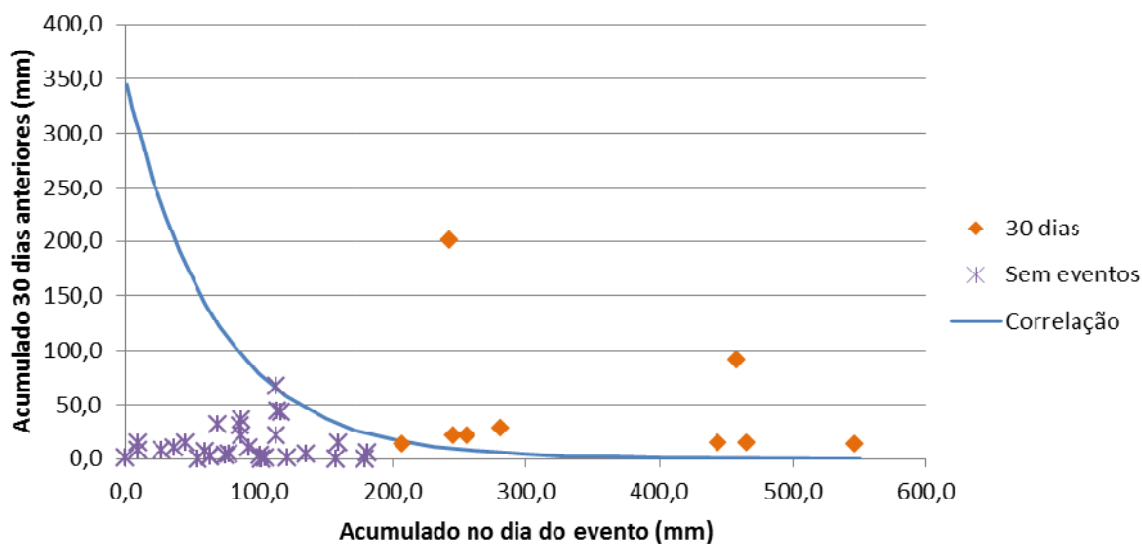
Fonte: Autora (2018)

Figura 95 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Leste



Fonte: Autora (2018)

Figura 96 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Leste



Fonte: Autora (2018)

#### 5.5.4 Norte da Ilha

As correlações para 72, 96, 120h e 30 dias, novamente, mostraram-se as mais satisfatórias. Os pontos laranjas que se encontram abaixo da curva de correlação misturam-se com os pontos roxos, levando à possibilidade de que esses registros foram frutos de características bem

particulares dos seus respectivos locais de ocorrência, condições que podem ou não ter sido temporárias no local. A correlação para 24h apresentou ponto inicial bem menor que as demais correlações. Com exceção da correlação para 24h, as curvas apresentam-se mais íngremes e com rápida queda no valor acumulado anterior ao evento necessário para a deflagração de movimentos.

Os resultados estão na Tabela 28 e Figuras 97 a 102.

Tabela 28 - Correlação subárea Norte

Subárea:	Norte	Correlação
<b>Acumulado em:</b>	24h	$50 e^{-0,083x}$
	48h	$68 e^{-0,085x}$
	72h	$77 e^{-0,085x}$
	96h	$90 e^{-0,04x}$
	120h	$100 e^{-0,035x}$
	30 dias	$160 e^{-0,016x}$

Fonte: Autora (2018)

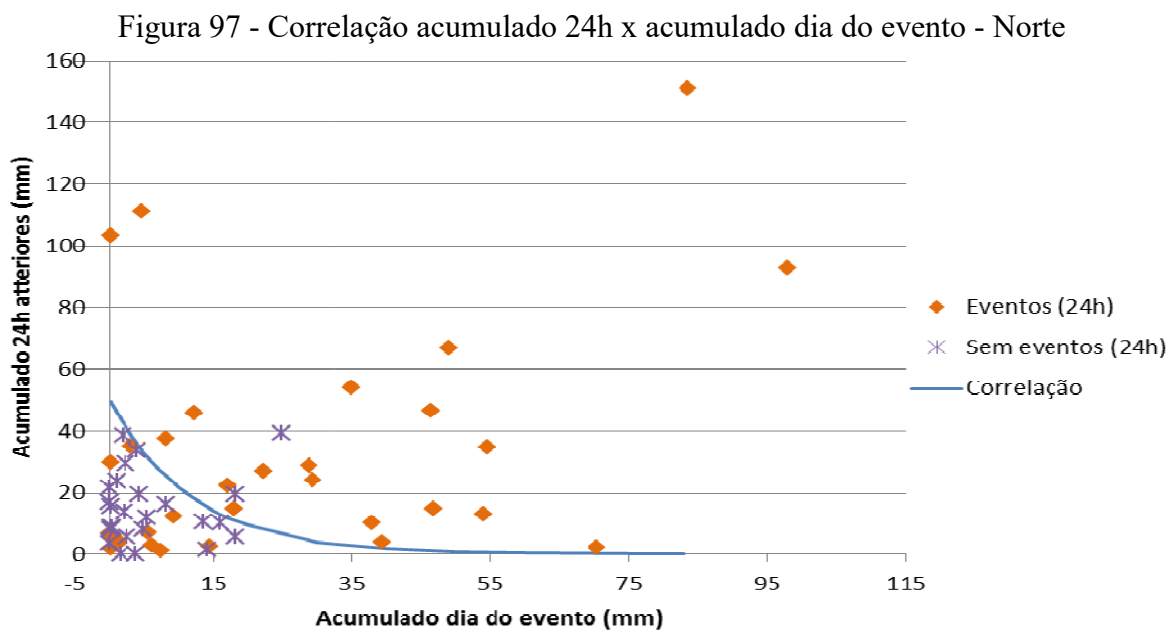
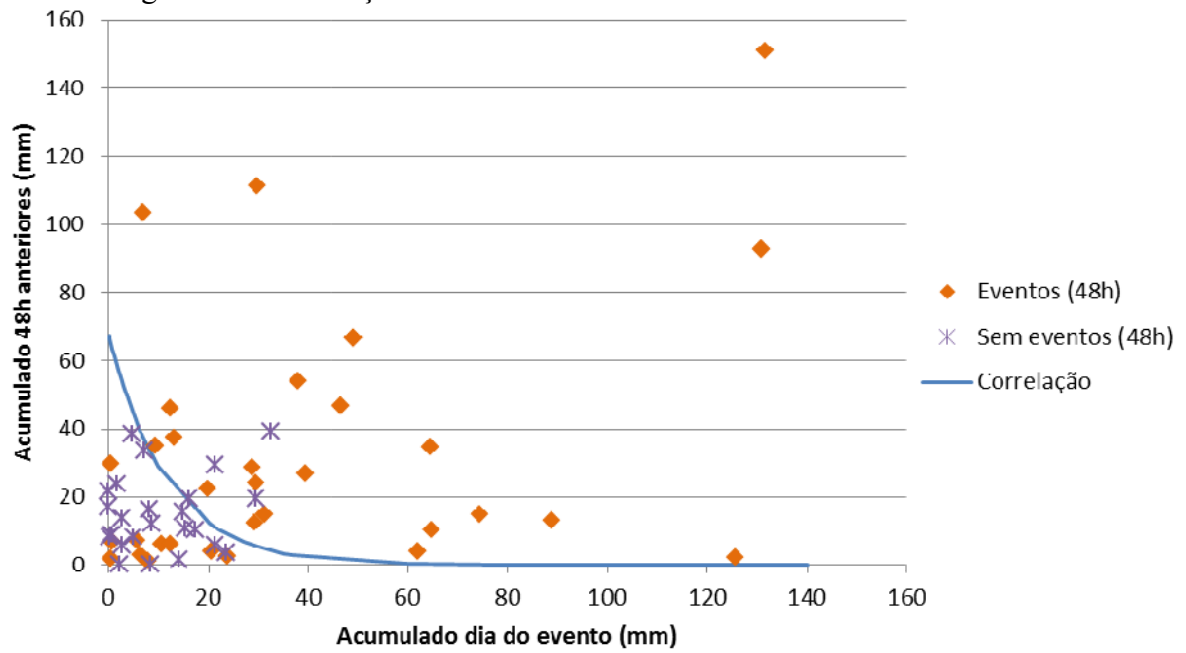
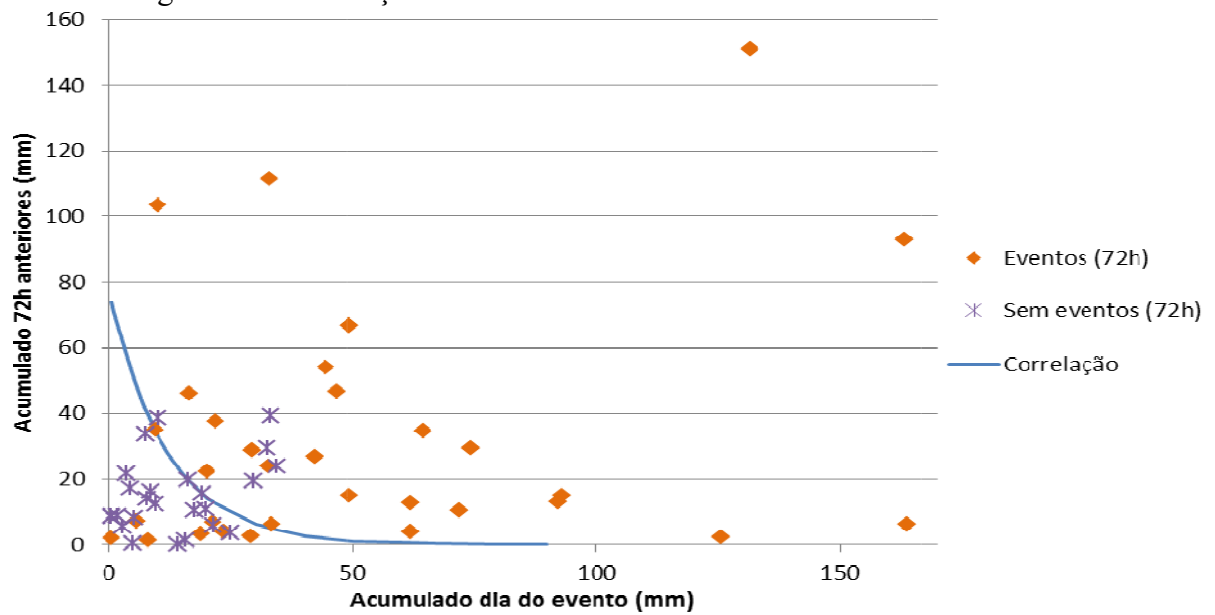


Figura 98 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Norte



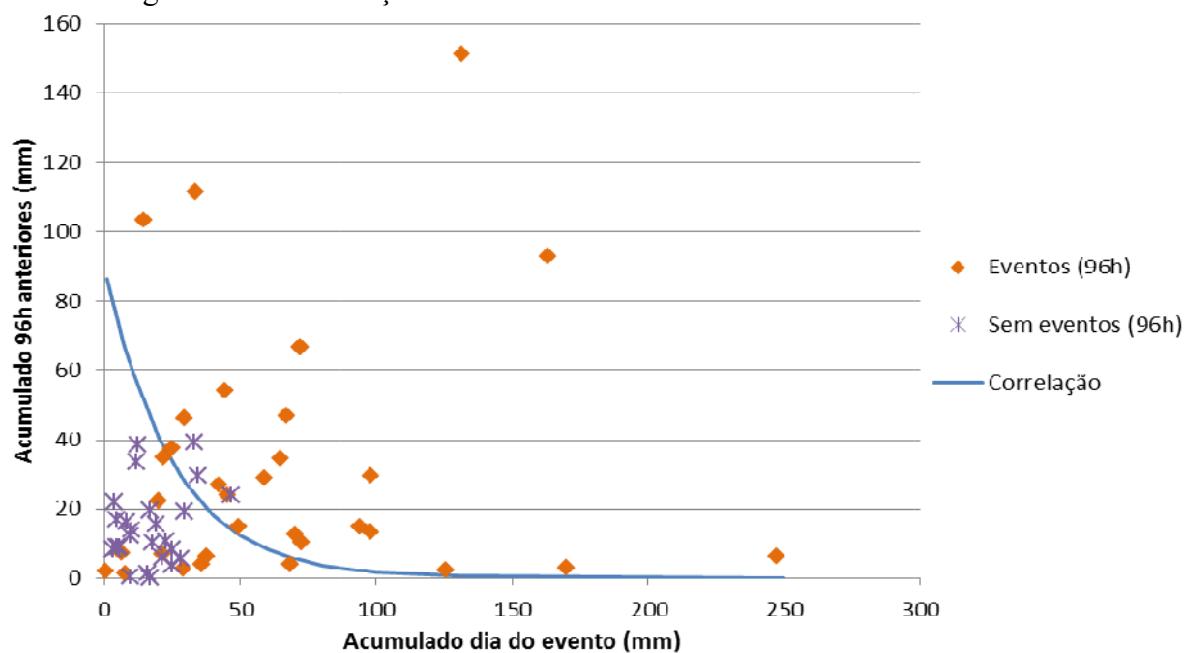
Fonte: Autora (2018)

Figura 99 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Norte



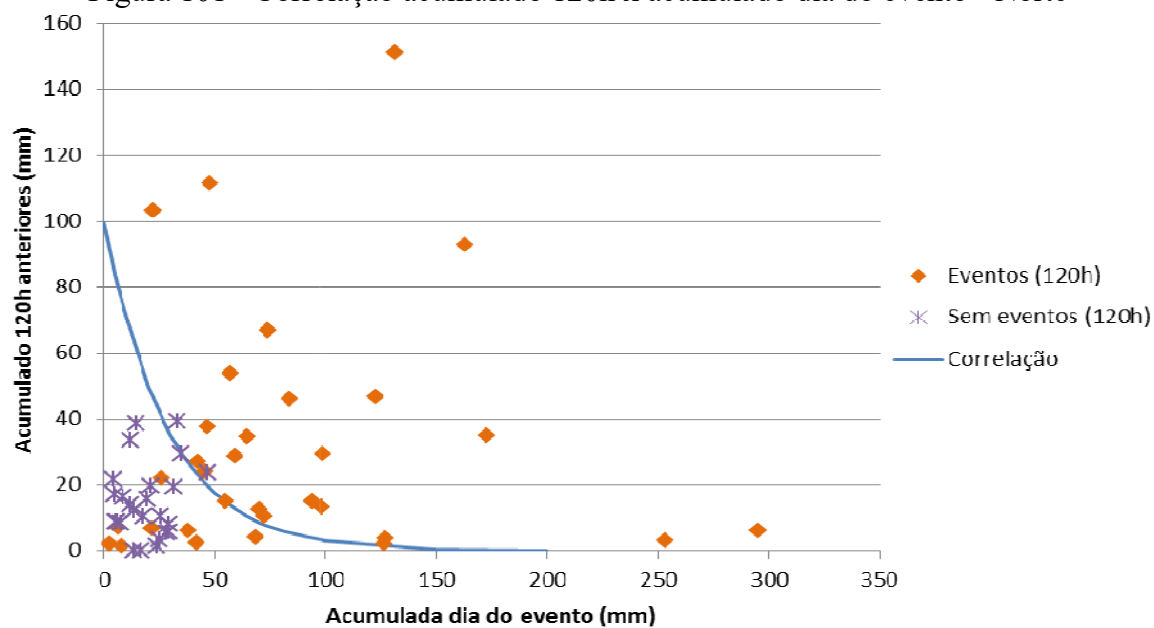
Fonte: Autora (2018)

Figura 100 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Norte



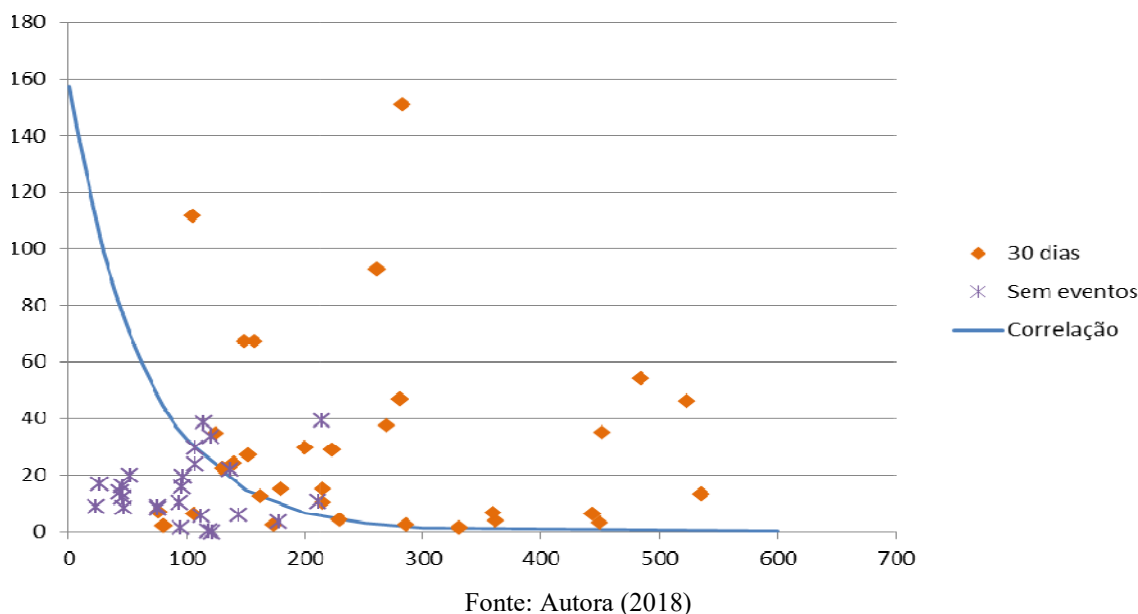
Fonte: Autora (2018)

Figura 101 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Norte



Fonte: Autora (2018)

Figura 102 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Norte



### 5.5.5 Sul da Ilha

As correlações encontradas para o Sul da Ilha levam a crer que as ocorrências, em sua maioria, apresentaram acumulados para os dias selecionados iguais ou muito próximas o que levou a definição de limiares semelhantes para todas as correlações, exceto a de 30 dias. Sendo assim, todas as correlações apresentaram curvas semelhantes e com pico inicial muito próximo aos 40mm de chuva acumulada nos dias anteriores ao evento.

Ressalta-se que a baixa quantidade de ocorrências em decorrência da falta de dados pluviométricos reduz a qualidade das equações determinadas e, apesar de definir bem as áreas com e sem eventos, deve-se avaliar a situação com atenção antes de utilizar as correlações. Ainda, talvez por esse mesmo motivo, as correlações para todos os acumulados, exceto o de 30 dias, apresentaram correlações muito semelhantes. Isso também pode dar-se devido ao histórico de umidade do solo, o qual, mesmo com pouca ou nenhuma chuva nos períodos estudados foi fundamental para a deflagração dos eventos com a chuva total no dia do mesmo.

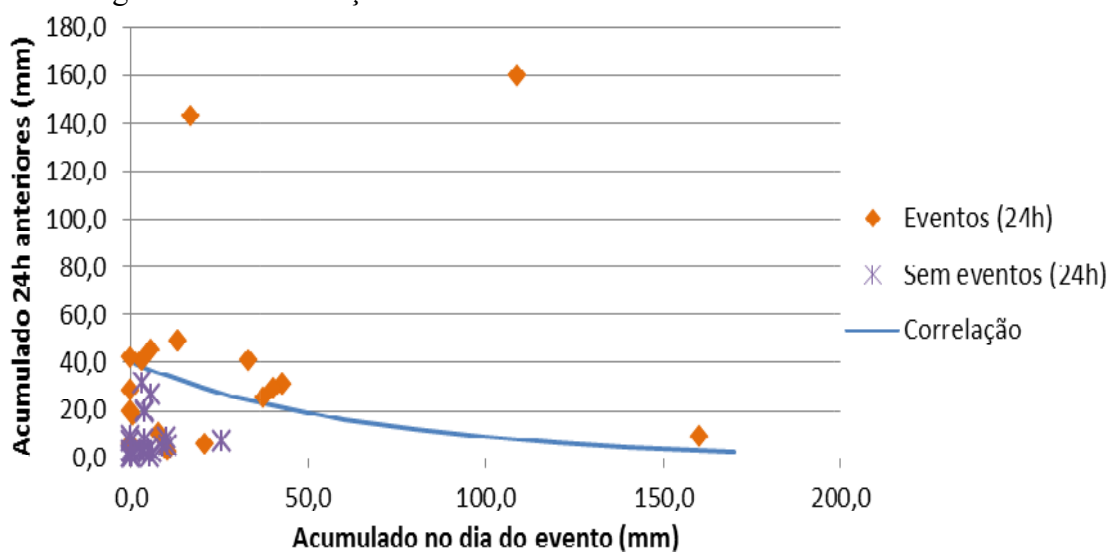
Os resultados estão na Tabela 29 e Figuras 103 a 108.

Tabela 29 - Correlações subárea Sul

Subárea:	Sul	Correlação
Acumulado em:	24h	$40 e^{-0,015x}$
	48h	$38 e^{-0,01x}$
	72h	$38 e^{-0,012x}$
	96h	$40 e^{-0,01x}$
	120h	$40 e^{-0,012x}$
	30 dias	$140 e^{-0,02x}$

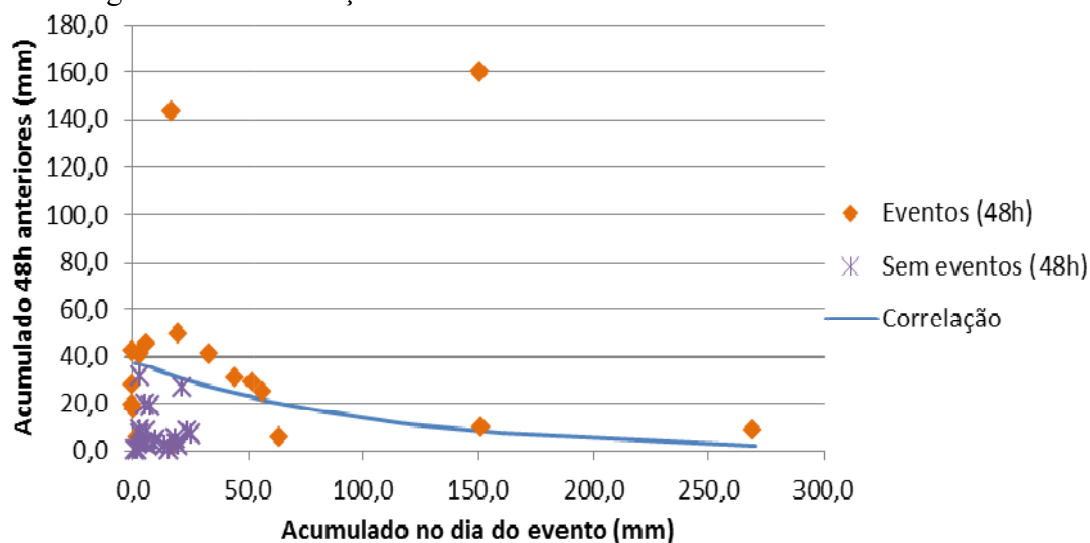
Fonte: Autora (2018)

Figura 103 - Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento – Sul



Fonte: Autora (2018)

Figura 104 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento – Sul

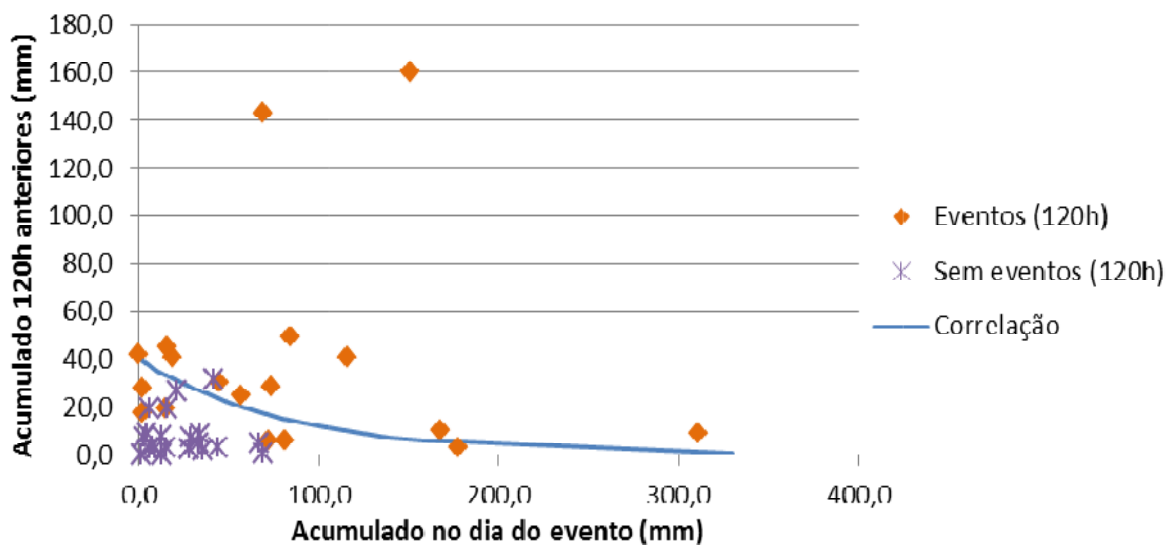


Fonte: Autora (2018)



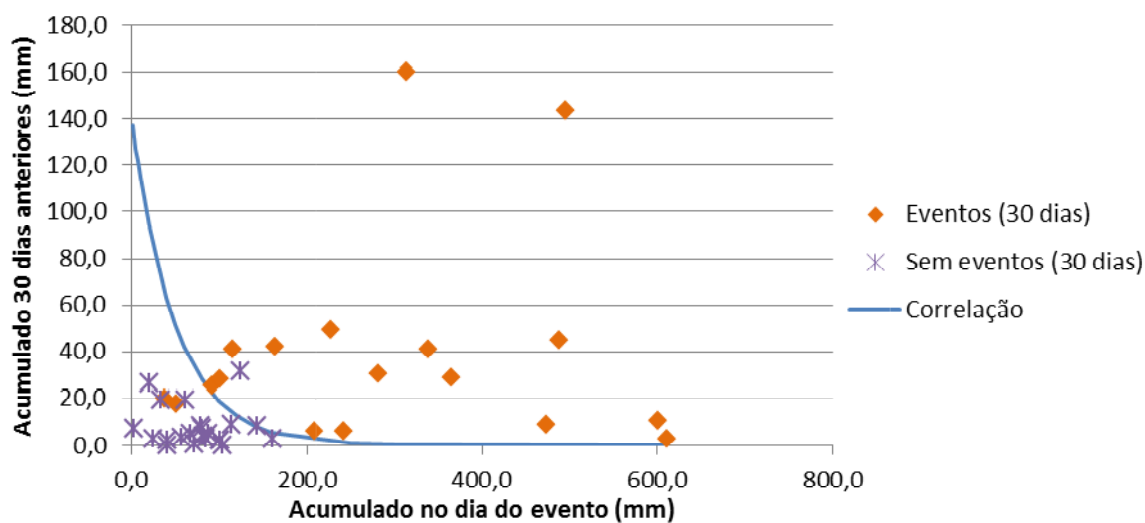


Figura 107 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Sul



Fonte: Autora (2018)

Figura 108 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Sul



Fonte: Autora (2018)

### 5.5.6 Comparação entre subáreas

Segundo Santoro et al. (2010 apud Mendes et al., 2015), a discrepância dos valores dos limiares devem-se ao fato da não consideração dos condicionantes climáticos e geotécnicos, bem como fatores antrópicos, assim, os limiares devem ser estabelecidos de maneira discretizada e conforme as características naturais e antrópicas de cada região. Acrescentam-

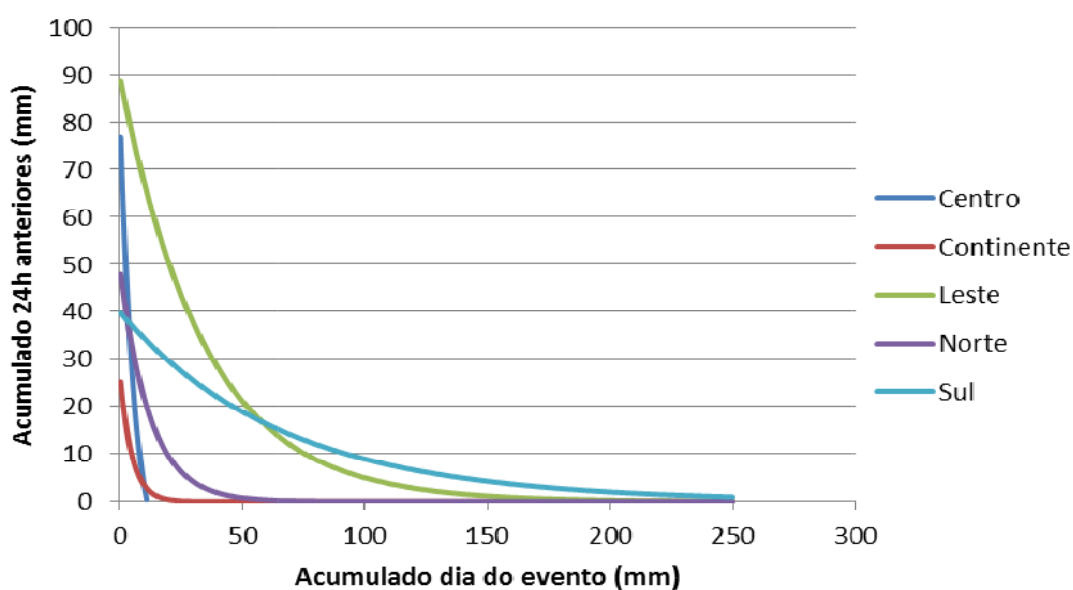
se, ainda, as variabilidades e gradientes espaciais da precipitação, as quais poderiam ser reduzidas ampliando-se a rede de pluviômetros ou reduzindo a área de estudo.

De modo geral, limiares mais críticos indicam a menor necessidade de acumulados pluviométricos e a possível maior presença de modificações antrópicas e relevo favorável à desestabilização dos taludes.

Não se recomenda a utilização das correlações de 24 e 48h uma vez que foram as que apresentaram uma separação menos nítida entre a ocorrência ou não de eventos e não permitirem um tempo de preparação adequado para a prevenção da população. As correlações para 72, 96 e 120h foram as que forneceram resultados mais adequados e ainda oferecem tempo hábil para a preparação de atividades de evacuação e prevenção. As correlações para 30 dias antes do evento são importantes uma vez que avaliar um longo período permite considerar a manutenção da umidade do solo, a qual pode contribuir para a deflagração de eventos.

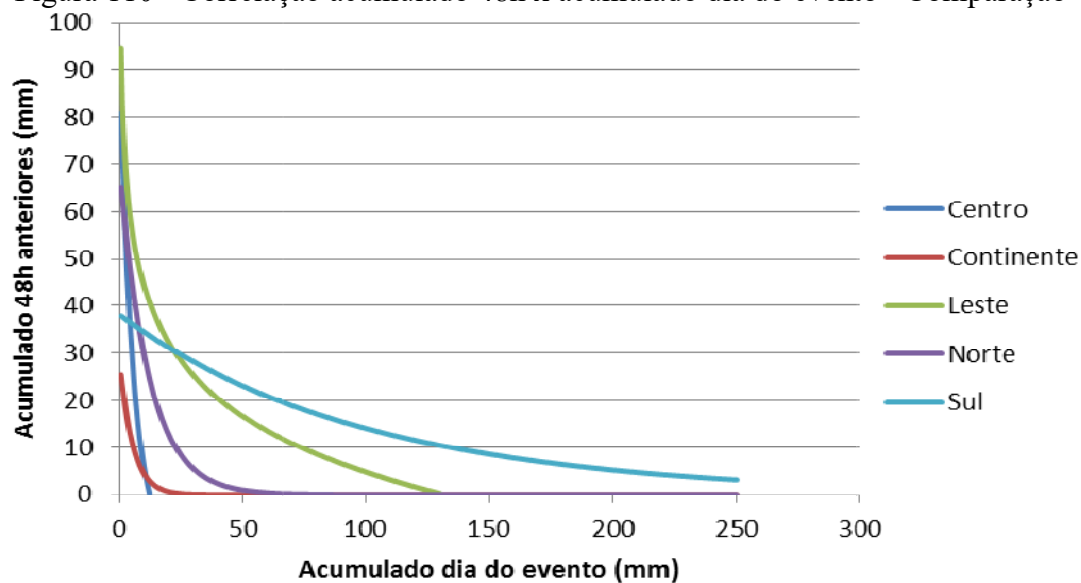
As Figuras 109 a 114 mostram a comparação dos resultados das subárea para cada intervalo estudado.

Figura 109- Correlação acumulado 24h x acumulado dia do evento - Comparação



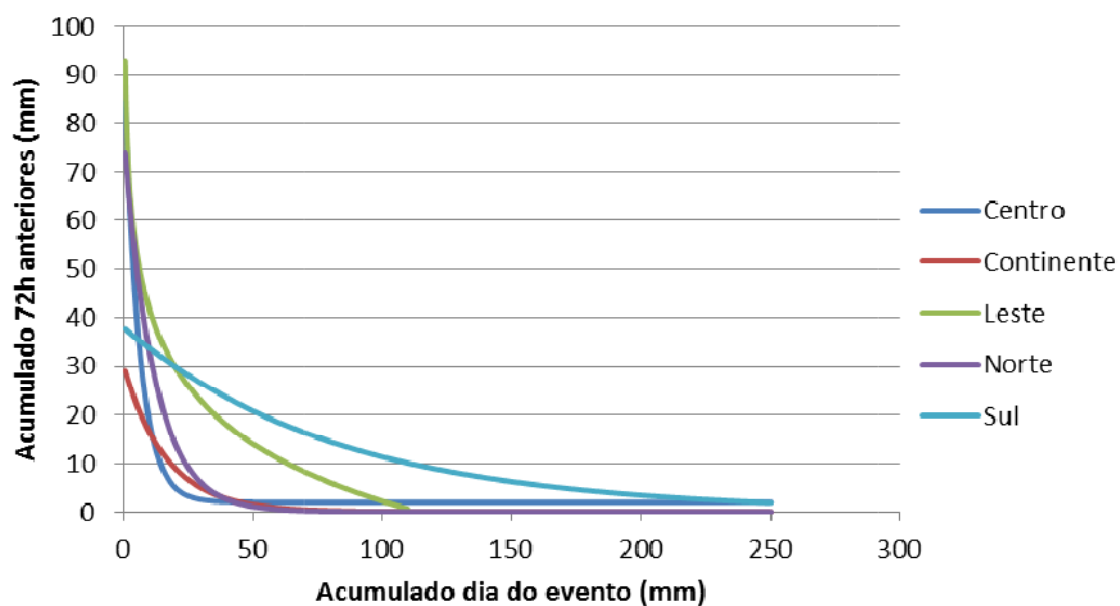
Fonte: Autora (2018)

Figura 110 - Correlação acumulado 48h x acumulado dia do evento - Comparação



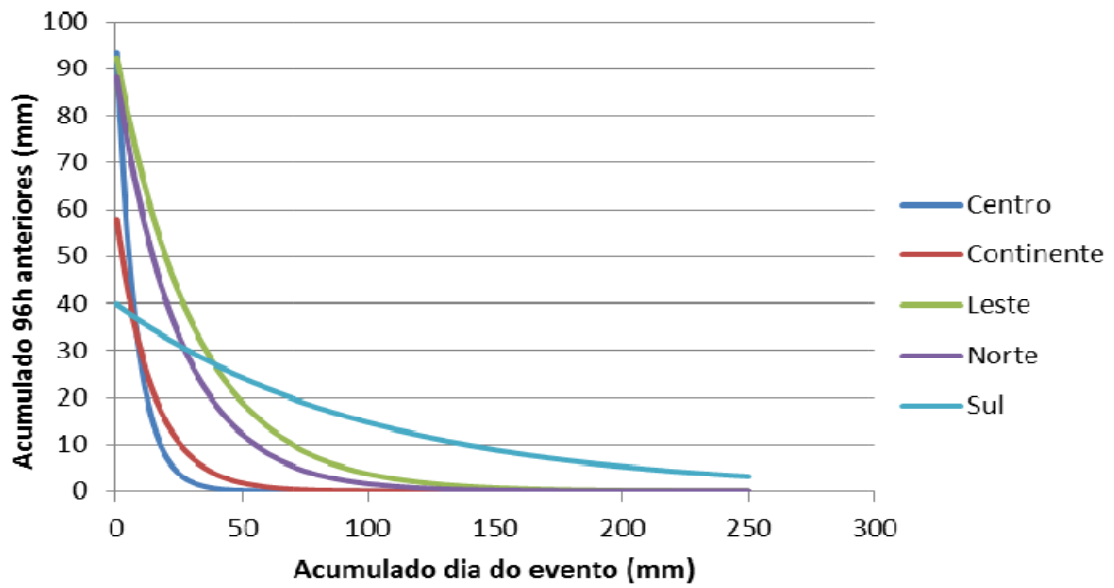
Fonte: Autora (2018)

Figura 111 - Correlação acumulado 72h x acumulado dia do evento - Comparação



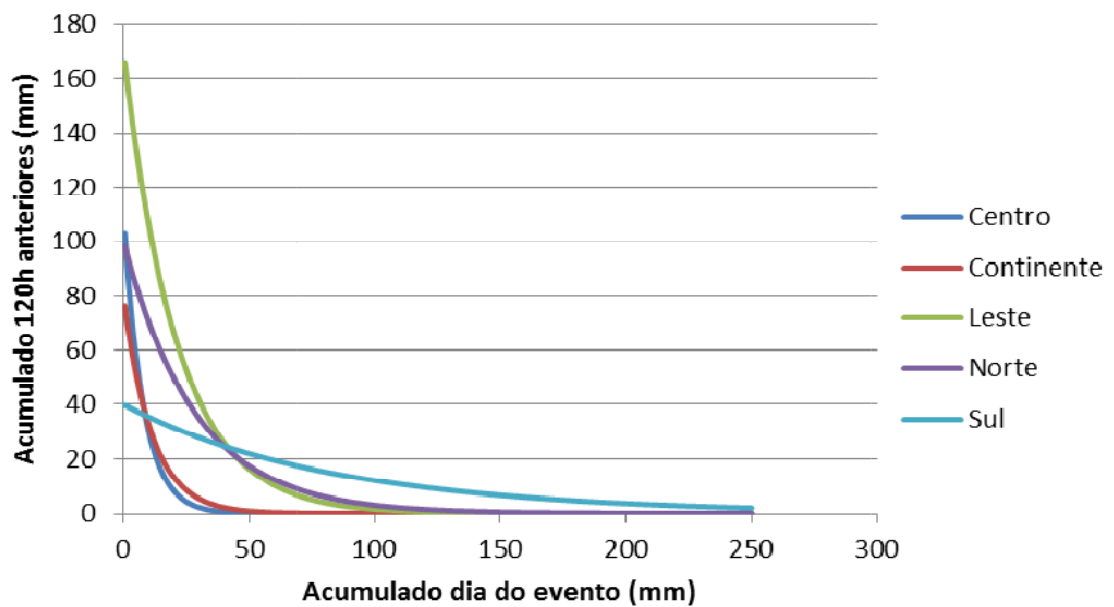
Fonte: Autora (2018)

Figura 112 - Correlação acumulado 96h x acumulado dia do evento - Comparação



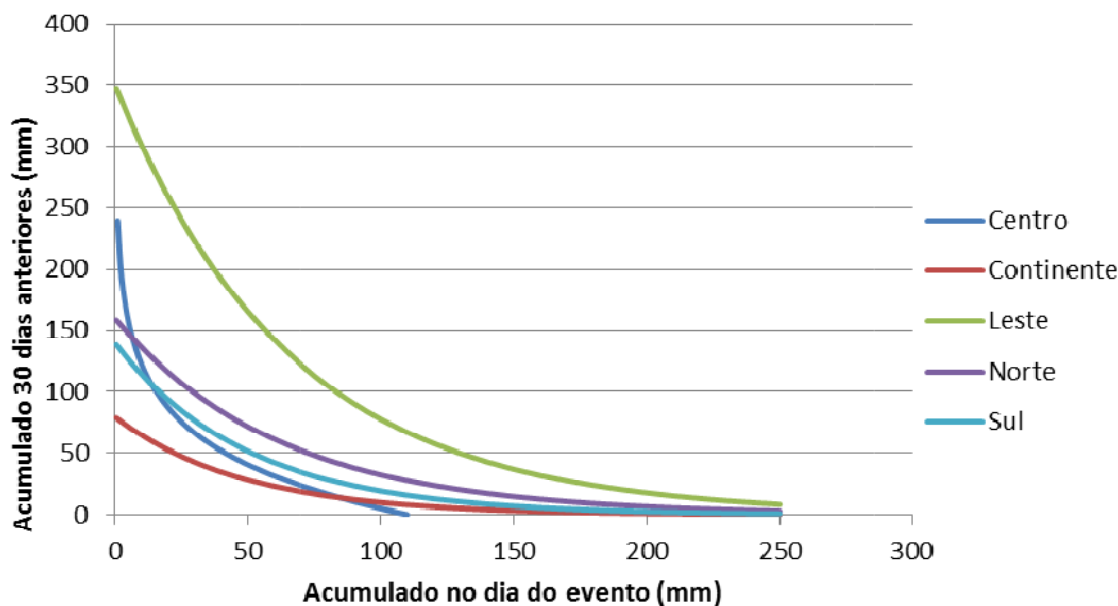
Fonte: Autora (2018)

Figura 113 - Correlação acumulado 120h x acumulado dia do evento - Comparação



Fonte: Autora (2018)

Figura 114 - Correlação acumulado 30 dias x acumulado dia do evento - Comparação



Fonte: Autora (2018)

A subárea Continente foi a que apresentou menores acumulados pluviométricos anteriores aos eventos para todos os intervalos estudados, curvas íngremes quando comparadas às demais correlações e picos iniciais baixos, não ultrapassando os 80mm. A subárea Central, local com maior quantidade de eventos ao longo dos anos, mesmo com picos iniciais elevados, exibiu as correlações com queda mais rápida dos valores de acumulados anteriores ao dia do evento necessário para a deflagração de eventos, retratando curvas muito íngremes. Infere-se que isso ocorre, principalmente, devido à alta taxa de ocupação e densidade populacional das encostas dessas subáreas, resultando em áreas mais críticas que às demais regiões.

A subregião Sul foi a que apresentou a curva mais suave e, conseqüentemente, um decréscimo mais lento da quantidade de precipitação acumulada em dias anteriores ao evento para a deflagração do mesmo, entretanto, o pico inicial das curvas não é muito alto, sempre próximo aos 40mm de chuva acumulada em dias anteriores ao evento. As correlações da subregião Leste apresentam alto pico inicial, sempre o mais alto, e uma declividade acentuada nas primeiras partes da curva, tendendo a suavizar em seguida. Em relação às demais áreas, a subárea Norte apresentou correlações medianas, com inclinações nem tão acentuadas quando as subáreas Central e Continente e nem tão suave quanto às curvas das regiões Leste e Sul.

Em todos os casos não se recomenda utilizar as correlações de 24 e 48h acumuladas. As correlações de 96h, 120h e 30 dias foram as que se mostraram mais coerentes. Para a escolha da correlação a ser utilizada deve-se levar em consideração a finalidade da mesma e a quantidade e qualidade da amostra, lembrando-se sempre de que as correlações devem ser atualizadas e empregadas com cautela.

### 5.5.6 Comparação com o Plano Municipal de Redução de Riscos

O Plano Preventivo de deslizamentos do Plano Municipal de Redução de Riscos de Florianópolis indica que o critério para nível de atenção para a ocorrência de movimentos de massa é de acumulados maiores de 30mm em 72h; para o nível de alerta, acumulados maiores de 100mm em 84h e para alerta máximo a previsão de acumulados maiores de 150mm em 84h.

Utilizando os resultados obtidos para as correlações de 72 e 96h, foram buscados os valores de chuva acumulada diária que resultariam em valores acumulados de 30mm e 100mm para os intervalos de chuva acumulada anterior ao evento.

As Tabelas 30 e 31 mostram, respectivamente, os resultados para a comparação entre as correlações encontradas e os valores acumulados indicados pelo Plano para os níveis de atenção e alerta.

Tabela 30 – Comparação para nível de atenção

Região	Acumulado em 72h (PMRR)	Acumulado diário necessário (mm)
Centro	30 mm	6,9
Continente		0,0002
Leste		19,7
Norte		11,1
Sul		19,7

Fonte: Autora (2018)

Tabela 31- Comparação para nível de alerta

Região	Acumulado em 72h (PMRR)	Acumulado em 96h (PMRR)	Acumulado diário necessário (mm)
Centro	100mm	100mm	0
Continente			0
Leste			0
Norte			0
Sul			0

Fonte: Autora (2018)

De acordo com as correlações obtidas, em relação aos acumulados para o nível de atenção, para as regiões Centro e Continente, as mais críticas, o valor definido pelo Plano não é satisfatório uma vez que são necessários acumulados pluviométricos muito baixos para a deflagração de eventos nessa região quando há acumulados de 30mm nas 72h anteriores. Esse valor poderia ser utilizado como definição para o nível de alerta ou de alerta máximo, de acordo com o Plano de Contingência elaborado. Quanto às demais regiões, o valor adotado pelo Plano pode ser considerado aceitável.

Para o nível de alerta, o valor de 100mm acumulados em 84h adotado pelo Plano mostra-se inadequado para todas as regiões, de modo que seria ideal reduzir o acumulado previsto para a emissão dos níveis de alerta e de alerta máximo.

## 6. CONCLUSÕES

A Lei nº 12608, de 10 de abril de 2012 instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, além de outros órgãos responsáveis por ações de prevenção, mitigação preparação, resposta e recuperação, integradas às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, mudanças climáticas, meio ambiente, geologia, infraestrutura, recursos hídricos e outros setores, visando o desenvolvimento sustentável. Ainda, a mesma lei, no Art. 2º estabelece que “é dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução de riscos e desastres” e o Art. 40 aponta com uma das diretrizes “a prioridade às ações preventivas relacionadas à minimização de desastres”. Aos Municípios, de acordo com o Art. 8º, compete incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal; identificar e mapear as áreas de risco de desastres; promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas, manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas. Finalmente, o Art. 9º traz que, à União, aos Estados e ao Município, compete desenvolver cultura nacional de prevenção de desastres, destinada ao desenvolvimento da consciência nacional acerca dos riscos de desastre no País; estimular comportamentos de prevenção capazes de evitar ou minimizar a ocorrência de desastres; estabelecer medidas preventivas de segurança contra desastres em escolas e hospitais situados em áreas de risco e fornecer dados e informações para o sistema nacional de informações e monitoramento de desastres.

O crescimento rápido e desordenado da população urbana é marcado pela ocupação irregular e ilegal de áreas de risco, principalmente encostas de morros, onde são construídas habitações sem os devidos cuidados técnicos, sanitários e ambientais. Entre as estratégias que podem ser utilizadas pelos municípios para atender aos previstos da Lei e proteger sua população, está o uso de medidas não estruturais de prevenção aos riscos de desastres. Destaca-se, nessa linha de trabalho, o desenvolvimento de limiares críticos de precipitação acumulada quanto à deflagração de movimentos de massa, visto como um instrumento técnico– científico capaz de servir de insumo para a criação de ferramentas de planejamento territorial de forma justa, sustentável, economicamente viável.



A metodologia utilizada neste trabalho, baseada na de Tatizana et al. (1987a, b) considera a precipitação como agente deflagrador de movimentos de massa e analisa os acumulados de chuva nos dias anteriores ao evento com o dia do evento. Para Florianópolis, dividiu-se a área de estudo em 5 partes menores, visando melhor caracterização das características intrínsecas aos locais e do regime pluviométrico.

Dessa maneira, foi possível estabelecer diferentes relações numéricas derivadas do histórico de ocorrências e dos respectivos dados pluviométricos. Ressalta-se que os resultados devem ser utilizados apenas a nível local e ser constantemente atualizados, uma vez que existem diversos fatores condicionantes e fatores únicos intrínsecos às áreas de estudos. Assim, cabe lembrar que não se deve atribuir a ocorrência dos eventos única e exclusivamente aos acumulados pluviométricos registrados, por mais significantes que estes sejam.

Cada subárea apresentou uma correlação única e exclusiva para suas particularidades, de forma que o intervalo de precipitação acumulada cuja correlação foi mais adequada para a área varia de região para região. As subáreas Continente e Central foram as consideradas mais críticas, necessitando de menores acumulados para a ocorrência de eventos, enquanto as subáreas Sul e Leste mostraram-se as menos críticas.

É de extrema importância ressaltar que a qualidade dos resultados dessa metodologia depende diretamente da qualidade da informação dos acumulados pluviométricos e do histórico de ocorrências. Para este estudo foram encontradas dificuldades nesses dois quesitos, uma vez que diversos pluviômetros apresentavam “gaps” de dados, que o horário de leitura dos Pluviômetros 1 e 2 era às 9h, não permitindo caracterizar a chuva diária exata de cada dia, que os pluviômetros encontram-se muito espaçados e não são capazes de caracterizar adequadamente as regiões e que as datas dos registros das ocorrências nem sempre condizem com a data real da deflagração do evento. Ademais, em casos extremos, a presença de vazamentos de tubulações, aumentando a umidade e contribuindo para a elevação de poropressão em episódios chuvosos, pode atrapalhar a definição envio de alertas antecipados de evacuação (Mendes et al. 2018). Assim, as correlações devem ser sempre utilizadas com cautela e calibradas constantemente.

O mês de janeiro foi o com maior precipitação acumulada e, em 2018, o mês com maior quantidade de registros no período estudado. Nos meses de fevereiro e março estão concentrados os maiores números de ocorrências. Nos anos de 2015 e 2013, com precipitação

destacada em relação às demais, também demonstrou maior quantidade total de eventos, reforçando a relação de que maiores índices de precipitação tendem a deflagrar mais ocorrências.

Também foi possível avaliar a distribuição espacial dos eventos relativos a movimentos de massa no Município. A maior parte dos eventos ocorre na subárea Central, na qual existe o Maciço do Morro da Cruz. O relevo do local, junto aos maiores índices pluviométricos do Município e à ocupação irregular cada vez mais comum no Maciço são fatores que influenciam para esse fato. A Costeira do Pirajubaé, na subárea Sul, apresenta condições semelhantes às do Maciço, sendo também local de diversos registros.

A partir do uso de ferramentas SIG, foi possível concluir que, para o Município estudado, as áreas com maior quantidade de registros de eventos apresentam como características, em sua maioria, (1) alta urbanização, (2) declividades intensas, com destaque para 20 a 45%, (3) presença de fluxo superficial de água média a alta, (4) infraestrutura precária e baixa presença de vegetação, (5) ocupados por moradores de baixa renda, em geral com renda nominal per capita mensal de cada domicílio de até 2 salários mínimos e com dificuldade de arcar com as despesas de locais seguros para habitação, (6) classes geotécnicas majoritárias Cde e PVg.

Por fim, o primeiro passo para atenuar os efeitos dos desastres, é entender, respeitar e aprender a interagir com a natureza. Conforme descrito por Siebert (2012), é preciso entender que o ser humano está, na realidade, provocando os desastres e não apenas sendo atingidos por eles, ao não aceitar a existência de limites naturais ao desenvolvimento urbano, ao extrapolarmos a capacidade de suporte do meio natural e ao ocuparmos áreas de risco. Em muitos locais onde a problemática de movimentos de massa é recorrente não existe nenhuma ou quase nenhuma prática ou consciência a respeito da importância das políticas preventivas de gestão de risco e ação comunitária. O poder público e a sociedade civil devem trabalhar em conjunto na busca de soluções e mitigação dos efeitos de desastres, de forma a reduzir o impacto e magnitude dos eventos, além de, em conjunto da comunidade acadêmica, auxiliar a população na compreensão dos mecanismos dos desastres e definir metodologias para monitoramento, prevenção, alerta e recuperação, os quais devem ser de conhecimento geral da população. É preciso reavaliar como cada governo reage com a iminência, durante e depois do evento e buscar medidas que respondam bem para com a cultura da população, de forma que a própria comunidade possa se proteger, reduzindo sua vulnerabilidade, além do respeito por parte da população às decisões do poder público.

Os dados dessa pesquisa foram repassados à Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina e ao Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, com o objetivo de que os resultados e conclusões obtidos nesse estudo possam contribuir para a definição de novas políticas e planos para o gerenciamento de riscos e desastres.

## 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Visando a melhoria dos resultados e maior detalhamento de informações, são recomendados, para trabalhos futuros os seguintes pontos:

- Análise de correlação para áreas menores, buscando utilizar dados de solo, precipitação, relevo e ocupação mais característicos de cada área. Sugere-se, ainda, realizar a análise exclusiva para o Maciço do Morro da Cruz e Costeira do Pirajubaé, locais com grande recorrência de desastres associados a movimentos de massa;
- Incluir na análise a magnitude dos eventos, criando diferentes correlações para cada magnitude, de forma a auxiliar a preparação da Defesa Civil para cada tipo de evento;
- Incluir na análise informações sobre o solo (aterro ou natural) e drenagem (inexistente, ineficiente, existente), uma vez que esses fatores influenciam diretamente na correlação;
- Realizar análise quanto à curvatura das encostas e sua influência na ocorrência de eventos;
- Calibrar os dados da correlação existente com novos eventos;
- Criar correlações anuais para avaliar como as modificações de ações antrópicas influenciam as correlações;
- Adequar a metodologia do trabalho à desenvolvida pelo Projeto Gides, realizando uma análise do histórico horário da ocorrência dos eventos.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES PARA A DEFESA CIVIL MUNICIPAL

Durante o desenvolvimento desse trabalho, foram encontrados alguns empecilhos que influenciaram diretamente na qualidade e detalhamento do resultado pesquisa. A maior

dificuldade ocorreu durante a análise de ocorrências geradas pela Defesa Civil Municipal, sendo assim, esta seção indica algumas sugestões para a melhoria do sistema de registro de ocorrências para futuros estudos:

- Acrescentar campo para inserção da data exata e hora aproximada da ocorrência, bem diferenciado da data e hora do registro da ocorrência no sistema e facilitando o uso da metodologia do Projeto Gides;
- Acrescentar campo para inserção de detalhes da vistoria (se foi feita, quando, por quem, se foi gerado laudo, se a ocorrência realmente ocorreu da forma descrita);
- Acrescentar campo para descrição da drenagem local - inexistente, ineficiente, existente;
- Acrescentar campo para descrição do solo (aterro ou natural);
- Acrescentar campo para descrição da magnitude do evento e descrever os critérios utilizados;
- Realizar treinamento para preenchimento correto e completo de todos os campos do formulário, uma vez que os campos, muitas vezes, não apresentam um padrão de resposta, em especial quanto aos termos da tipologia de evento;
- Definir quais bairros correspondem a quais subáreas do Município, uma vez que muitos registros apresentavam áreas diferentes para um mesmo bairro, o que altera as estatísticas;
- Ao ser confirmada a ocorrência e local do evento, inserir em um software como o Google Earth, de modo a formar um banco de dados espacial da ocorrência de eventos;
- Adequar-se corretamente ao SisDC assim que este for liberado para uso;
- Buscar recursos ou parcerias para a instalação e manutenção de pluviômetros. Dar especial atenção à região Leste da Ilha, na qual não foi encontrado nenhum pluviômetro com dados abertos;
- Utilizar os dados obtidos neste trabalho, os quais foram repassados para a Secretaria de Defesa Civil de Santa Catarina, para melhorar a gestão de riscos de desastres e prevenção, além de buscar reparar as limitações percebidas no desenvolvimento desse trabalho.

### 6.3 RECOMENDAÇÕES PARA A PREFEITURA MUNICIPAL

A Prefeitura já tem tomado providências visando a redução dos danos advindos dos desastres no município. Entre elas, pode-se incluir as obras de contenção e drenagem do Programa de Aceleração de Crescimento, as quais reduziram significativamente a magnitude e impacto dos desastres. Contudo, a Prefeitura pode buscar ainda:

- Realizar a manutenção periódica de macro e microdrenagem, em especial antes das épocas mais chuvosas, as quais já são conhecidas;
- Arborizar mais as vias, implantando canteiros e incentivando o paisagismo e plantio de vegetação nativa;
- Realizar campanhas de conscientização quanto a manter sistemas de drenagem desobstruídos, percepção de risco, acúmulo de lixo em encostas, lançamento de águas servidas, retirada de árvores e realização de cortes íngremes para construção, entre outros;
- Oferecer apoio técnico e incentivar a regularização de construções através do desenvolvimento de projetos acessíveis e acompanhamento de obras;
- Oferecer apoio financeiro (financiamentos e outros) e logístico para a retirada das pessoas em áreas de risco;
- Realizar acompanhamento das edificações em construção em áreas de risco e impedir que novas edificações sejam erguidas;
- Conhecer a população que habita essas áreas e realizar levantamento de suas características;
- Explorar intervenções e projetos de experiências de Educação para Redução de Desastres (ERD) como as do Prof. Marcos Barreto de Mendonça (UFRJ/Escola Politécnica);
- Os resultados desta pesquisa foram repassados ao IPUF, visando que, em conjunto, Defesa Civil e academia possam buscar soluções para a gestão de riscos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABGE. **Geologia de engenharia**. São Paulo: Editores Antônio Manoel dos Santos Oliveira, Sérgio Nertan Alves Brito, 1998.

AGROCONNECT. **Website do Agroconnect**. 2018. Disponível em: <<http://www.ciram.sc.gov.br/agroconnect/>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, p. 107-124, 2002.

ALERTA RIO. **Website do Alerta Rio**. 2018. Disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

ALERTABLU. **Website do AlertaBlu**. 2018. Disponível em: <<http://alertablu.cob.sc.gov.br>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

ALEXANDER, D. The study of natural disasters, 1977-1997: some reflections on a changing field of knowledge. **Disasters**, v.21, p.284-304, 1997.

ALMEIDA, M.C.J; NAKAZAWA, V.A.; TATIZANA, C. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos no município de Petrópolis, RJ. In: **Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia**, 7, Poços de Calda. Anais ... São Paulo: ABGE, v. 2, p. 129-136.

ARISTIZÁBAL, E.; MARTÍNEZ, H.; VÉLEZ, J.I. A review on the study of mass movement triggered by rains (in Spanish). **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, p. 119-227. 2010.

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

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP**. 1994. 167p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. São Paulo

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 332 p.

AZEVEDO, George Fernandes. **Análise da relação chuva-escorregamentos em regiões tropicais montanhosas urbanas, caso de estudo Rio de Janeiro, Brasil**. 2011. 136p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

BBC. **'Brasil é o país das Américas mais afetado por desastres'**. 2003. Disponível em: <[http://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2003/07/030717\\_cruzvermla.shtml](http://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2003/07/030717_cruzvermla.shtml)>. Acesso em: 01 abr. 2018.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996. 875 p.

BRAND, E.W. Correlation between rainfall and landslides. In: **International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering**, Rio de Janeiro, Brasil, 1, p. 70-72.

BRAND, E.W. et al. Relationship between rainfall and landslides in Hong Kong. In: **International Symposium on Landslides**, 4, 1984. Proceedings ... Toronto: [s.n.], 1984, v.1, p. 377-384.

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. Disponível em <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1031606/lei-12608-12>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 01 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/18666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/18666cons.htm)>. Acesso em: 01 abr. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão. (Org.) **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para a Elaboração de Políticas Municipais.** Brasília: Ministério das Cidades, 2006. 111 p.

BUSTAMONTE, T.G.C. **Impactos da chuva na ocorrência de deslizamento de terra e inundações no estado de São Paulo.** 2010. 132p. Dissertação (Mestrado) em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

CARDINALI, M.; ARDIZZONE, F.; GALLI, M.; GUZZETTI, F.; REICHENBACH, P. Landslides triggered by rapid snow melting: the December 1996-January 1997 event in Central Italy. In: Proceedings of the **EGS Plinius Conference**, 2000, p. 439-448, Italy.

CARVALHO, C.S. **Estudo da infiltração em encostas de solos insaturados da Serra do Mar.** 1989. 112f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARVALHO, D.W.; DAMACENA, F.L. A intensificação dos desastres naturais, as mudanças climáticas e o papel do Direito Ambiental. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, a. 193, n. 49, p.83-97, jan./mar. 2012. Disponível em: <[https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/49/193/ril\\_v49\\_n193\\_p83.pdf](https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/49/193/ril_v49_n193_p83.pdf)>. Acesso em: 01 abr.



CASTRO, A.L.C. (Comp.). **Glossário da Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 2. ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998. Disponível em: <[http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa\\_Civil/manuais/GLOSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pdf](http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa_Civil/manuais/GLOSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2018.

CASTRO, J.M.G. **Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto**. 2006. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

CEMADEN. **Website do CEMADEN**. 2018. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

CEMADEN. **O que são Pluviômetros**. 2013. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviometros/>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

CEPED (Florianópolis). Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. Florianópolis: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres, 2013. 126 p. v. Brasil.

CEPED (Florianópolis). Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. Florianópolis: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres, 2013. 126 p. v. Santa Catarina.

CEPED (Florianópolis). **Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro**. 2011. Disponível em <<http://www.ceped.ufsc.br/2011-inundacoes-e-deslizamento-na-regiao-serrana-do-rio-de-janeiro/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

CEPED. Rafael Schadeck (Org). **Relatório de Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais no Brasil: 1995-2014**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2016. 230p.

CHANGNON, S. A recent studies of urban effects on effects on precipitation in the United States. **Bulletin on American Meteorological Society**, v. 50, p. 411-421. 1969.

COLLINS, B.D.; ZNIDARCIC, D. Stability analysis of rainfall induced landslides. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, 128 (9), p. 362-372. 2004.

COLLISON, A.; WADE, S; GRIFFITHS, J.; DEHN, M. Modelling the impact of predicted climate change on landslide frequency and magnitude in SE England. **Engineering Geology**, v. 5, p. 205-218, 2000.

COMEGNA, L.; PICARELLI, L.; BUCCHIGNANI, E.; MERCOGLIANO, P. Potencial effects of incoming climate changes on the behaviour of slow active landslides in clay. **Landslides**, v.10 (4), p.373-391, 2013.

CRED. **Annual Disaster Statistical Review 2008**. Bélgica: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2009, 33p.

CRED. **Annual Disaster Statistical Review 2015**. Bélgica: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2016, 59p.

CRED. Natural disasters in 2017: Lower mortality, higher cost. **Cred Crunch**, Bélgica, n. 50, p.1-2, mar. 2018. Mensal.

CRED. Poverty & Death: Disaster Mortality, 1996-2015. **Cred Crunch**, Bélgica, n. 44, p.1-2, nov. 2016. Mensal.

CRED. **EM-DAT**. Disponível em: <<http://www.emdat.be/>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

CROSTA, G. Regionalization of rainfall threshold: an aid for landslide susceptibility zonation. **Environmental Geology**, v. 35, p. 131-135. 1998.

CROZIER, M. J. **Landslides: causes, consequences & environment**. Dover: Croom Helm, 1986. 252 p.

CROZIER, M.J. Deciphering the effect of climate change on landslide activity: a review. **Geomorphology**, v.124, p. 260-267, 2010.

d'ORSI, R.N. **Correlação entre pluviometria e escorregamentos no trecho da Serra dos Órgãos da Rodovia Federal BR-116 RJ (RIO-TERESÓPOLIS)**. 2011. 303p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DeGraff, J.V. Solving the dilemma of transforming landslide hazard maps into effective policy and regularions. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 12, p. 53-60, 2012.

Di MARTIRE, D.; ROSA, M.; PESCE, V.; SANTANGELO, M.A.; CALCATERRA, D. Landslide hazard and land management in high-density urban areas of Campania region, Italy. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 12, p. 905-926, 2012.

DIÁRIO CATARINENSE. **Ciclone de até 118km/h causa destruição em Santa Catarina**. 2016. Disponível em <<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2016/12/ciclone-de-ate-118-km-h-causa-destruicao-em-santa-catarina-8607371.html>> Acesso em: 20 mai. 2018.

DIÁRIO CATARINENSE. **Pelo menos 10 cidades de Santa Catarina registram chuva forte, vendaval ou queda de granizo**. 2017. Disponível em <<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2017/03/pelo-menos-10-cidades-de-santa-catarina-registram-chuva-forte-vendaval-ou-queda-de-granizo-9746376.html>> Acesso em: 20 mai. 2018.

DIKAU, R.; SCHROTT, L. The temporal stability and activity of landslides in Europe with respect to climatic change: main objectives and results. **Geomorphology**, v. 30, p. 1-12, 1999.

DUTRA, R.C. **Indicadores de vulnerabilidade: No contexto da habitação precária em área de encosta sujeita a deslizamento**. 2011. 172p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ECOAGÊNCIA. **Deslizamentos de terra são a maior causa de mortes por desastres naturais**. 2011. Disponível em: <<http://www.ecoagencia.com.br/?open=noticias&id=VZISXRFWwJIUsRmcjZkVhN2aKVVVB1TP>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

ELBACHÁ, A.T.; CAMPOS, L.E.P.; BAHIA, R.F.C. Tentativa de correlação entre precipitação e escorregamentos na cidade de Salvador. In: **Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas**, 1, 1992, Rio de Janeiro, RJ. Anais ... Rio de Janeiro: ABMS, 1992, p. 647-656.

EM-DAT: The International Disaster Database. OFDA/CRED The Office of US Foreign Disaster Assistance/Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium. Disponível em: <<http://www.emdat.be/classification>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

FARAH, F. **Habitação e encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. 312 p.

FEIJÓ, L.F.; PAES, N.M.; d'ORSI, R.N. Chuvas e movimentos de massa no Município do Rio de Janeiro. In: **Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas**, 3, 2001, Rio de Janeiro, RJ. Anais ... Rio de Janeiro: ABMS, 2002, p.223-230.

FERNANDES, M. C.; LAGÜÉNS, J. V. M.; COELHO NETTO, A. L. 1999. O processo de ocupação por favelas e sua relação com os eventos de escorregamentos no maciço da Tijuca/RJ. In: **GEOVEG'99, IGU-GERTEC Meeting – Geomorphic responses to vegetation changes: problems and remedial works**. Proceedings. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 1999. 12 p.

FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. 1996. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Bertrand, Rio de Janeiro. p. 123-194.

FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-morfológica. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 4ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

FLORIPA AMANHÃ. **Vidas por um Fio**. 2010. Disponível em<[floripaamanha.org/2010/04/vidas-por-um-fio](http://floripaamanha.org/2010/04/vidas-por-um-fio)>. Acesso em: 01 abr. 2018.

FOLHA. **Ressaca deixa praias famosas de Florianópolis embaixo d'água.** 2017. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2017/11/1938831-ressaca-deixa-praias-famosas-de-florianopolis-embaixo-dagua.shtml>> Acesso em: 20 mai. 2018.

FREYESLEBEN, L.M.C. Aspectos essenciais do ritmo climático de Florianópolis. 1979. 49p. Tese (Professor Adjunto), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FURH, C.; SANTO, M.A.D. s.d. **A expansão urbana na Ilha de Santa Catarina e suas implicações na comunidade do Santinho.**

G1. **Temporal provoca estragos e deixa mais de 140 mil sem energia em SC.** 2017. Disponível em <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2017/03/temporal-provoca-estragos-e-deixa-mais-de-140-mil-sem-energia-em-sc.html>> Acesso em: 20 mai. 2018.

GANDIN, L.S. The planning of meteorological station networks. Nota técnica, v. 111. **World Meteorological Organization**, Geneva, WMO n. 265, 35p. 1970.

GARIANO, S.L.; GUZZETTI, F. Landslides in a changing climate. **Earth-Science Reviews**, v. 162, p. 227-252, 2016.

GERSCOVICH, Denise M. S.. **Estabilidade de Taludes.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 192 p.

GLADE, T. Landslide occurrence as a response to land and use change: a review of evidence from New Zealand. **Catena**, v. 51, p. 297-314, 2003.

GLOBAL FIRE MONITORING CENTER. **Fire Disasters and the International Decade for Natural Disaster Reduction.** Disponível em: <<http://www.fire.uni-freiburg.de/programmes/un/idndr/idndr2.html>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

GONÇALVES, N.M.S. **Impactos pluviiais e desorganização do espaço urbano em Salvador – BA.** 1992. 268p. Tese (Doutorado), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GREY, D.H.; LEISER, A.T. **Biotechnical slope protection and erosion control**. Van Nostrand Reinhold Company, New York, USA, 1982. 271 p.

GRUPO REAÇÃO. **Reconstrução Áreas Afetadas Catástrofe Novembro/2008: Relatório de Ações**. Florianópolis: Estado de Santa Catarina, 2009. 162 p.

GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. (Org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 416 p.

GUIDICINI, G.; IWASA, O. Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 1976. 48 p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1993. 196 p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. Edgard Blucher, São Paulo, 1984. 216 p.

GUTHRIE, R.H.; MITCHELL, S.J.; LANQUAYE-OPOKU, N.; EVANS, S.G. Extreme weather and landslide initiation in coastal British Columbia. **Quarterly Journal of Engineering Geology**, v. 43, p. 417-428, 2010.

HENGXING, L.; CHENGHU, Z.; LEE, C.F.; SIJING, W.; FAQUAN, W. Rainfall-induced landslide stability analysis in response to transient pore pressure. **Science in China**, 46 (1), p. 52-68. 2003.

HERRMANN, M. L. P. & ROSA, R. D. 1991. Relevo da ilha de Santa Catarina. In: **ENCONTRO NACIONAL ESTUDOS MEIO AMBIENTE**, 3, Londrina, 1991. Anais. Londrina: UEL/NEMA, v.2, p.1-15.

HERRMANN, M.L.P. **Aspectos ambientais da porção Central da ilha de Santa Catarina. Florianópolis**. 1989. 229p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

IDE, F.S. **Escorregamento, meteorologia e precipitação: uma proposta de método de investigação para a prevenção e monitoramento de riscos, aplicado em Campinas/SP.** 2006. 155p. Dissertação (Mestrado) em Tecnologia Ambiental, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.

IMAIZUMI, F.; SIDLE, R.C.; KAMEI, R. Effects of forest harvesting on the occurrence of landslides and debris flows in steep terrain of central Japan. **Earth Surf. Process. Landf.**, v. 33, p. 827-840, 2008.

IMAIZUMI, F.; SIDLE, R.C.; TOGARI-OHTA, A.; SHIMAMURA, M. Temporal and spatial variation of infilling processes in a landslide scar in a steep mountainous region, Japan. **Earth Surf. Process. Landf.**, v. 40, p. 579-653, 2015.

INFANTI JR., N.; FORNASARI FILHO, N. 1998. Processos da Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (eds) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. p. 131-152.

INMET. **Website do INMET**. 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

INMET. **Estações Automáticas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

INMET. **Estações Convencionais**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Summary for Policymakers.

JAUREGUI, E. Los climas urbanos tropicales – revision y evolución. **Conferência Técnica de la WMM sobre Climatología Urbana y sus Aplicaciones particularmente en lo que se Referere a las Regiones Tropicales**. Cidade do México. 1984.

KELLER, E. A.. **Environmental Geology**. 9. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2011. 596 p.

KLEIN, A.H.F.; MENEZES, J.T.; DIEHL, F.L.; ABREU, J.G.N.; POLETTE, M.; SPERB, R.M.; SPERB, R.C.; HORN, N. **Santa Catarina**. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_sigercom/\\_arquivos/sc\\_erosao.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/sc_erosao.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2018.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p.

LABTRANS. **Plano de Adaptação de Rodovias Federais a Desastres Naturais Recorrentes: Relatório Parcial**, v.1. 2016

LOPES, E.S.S.; NAMIKAWA, L.M.; REIS, J.B.C. Risco de escorregamentos: monitoramento e alerta de áreas urbanas nos municípios no entorno de Angra dos Reis – Rio de Janeiro, 2011. In: **Anais 13º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia Ambiental**.

LUMB, P. Slope failures in Hong Kong. **Quarterly Journal of Engineering Geology**, v. 8, p. 31-65, 1975.

MARCELINO, E.V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. INPE, Santa Maria, RS, 2010. 20p.

MARQUES, J.A.P.. **Estudo de metodologia de avaliação de risco a escorregamentos de terra em área urbana: o caso do município de Juiz de Fora – MG**. 2011. 146p. Tese (Mestrado em Ambiente Construído) – Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

MARTINS, T.F.. **Pluviometria crítica de escorregamentos na cidade do Rio de Janeiro: comparação entre regiões e períodos**. 2014. 184p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.



MENDES, R.M.; ANDRADE, M.RM; TOMASELLA, J.; MORAES, M.A.E.; SCOFIELD, G.B. Understanding the shallow landslides in Campos do Jordão municipality – Brazil: disentangling the anthropic effects from natural causes in the disaster of 2000. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 18, p. 15-30, 2018.

MENDES, R.M.; FILHO, M.V.; BERTOLDO, M.A.; SILVA, M.F. Estudo de limiares críticos de chuva deflagradores de deslizamentos no município de São José dos Campos/SP (Brasil). **Territorium**, v.22, p.119-129, 2015.

MENDIONDO, E.M. Flood risk management of urban waters in humid tropics: early warning, protection and rehabilitation. In: TUCCI, C.E.; GOLDENFUM, J. (orgs.) **Workshop on Integrated Urban Water Management in Humid Tropics**, UNESCO IHP-VI, 2005, Foz do Iguaçu. 1-14 p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Instrução Normativa N° 02, de 20 de dezembro de 2016**. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências.

MOLINA, E.A.N.; CARDOSO, A.O.; NOGUEIRA, F.N. Relação precipitação-deslizamento no município de São Bernardo do Campo – SP. **Ciência e Natureza**, v. 37, ed. Especial SIC, p. 46-54, 2015.

MONTEIRO, C.A.F. **A questão ambiental no Brasil: 1960-1980**. 1981. 133p. Série Teses e Monografias, Instituto de Geografia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

MUNICH RE. **NatCatSERVICE**. Disponível em: <<http://natcatservice.munichre.com/>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

NAKAZAWA, V. A. & CERRI, L. E. S. 1990. Os escorregamentos ocorridos em Petrópolis, RJ, em fevereiro de 1988: ações emergenciais. In: **Simpósio Latino-Americano sobre Risco Geológico Urbano**, 1, São Paulo, 1990. Anais... ABGE, São Paulo. p. 325-333.

ND Online. Defesa Civil alerta para pancadas de chuvas com descargas elétricas nas próximas horas. 2017. Disponível em <<https://ndonline.com.br/florianopolis/noticias/defesa-civil-alerta-para-pancadas-de-chuvas-com-descargas-eletricas-nas-proximas-horas>> Acesso em: 20 mai. 2018.

ND Online. **Jovem morre soterrado após deslizamento em Florianópolis.** 2017. Disponível em <<https://ndonline.com.br/florianopolis/noticias/jovem-morre-soterrado-apos-deslizamento-em-florianopolis>> Acesso em: 20 mai. 2018.

ND Online. **Ressaca deixa rastro de destruição e muda a geografia da Ilha de Santa Catarina.** 2017. Disponível em <<https://ndonline.com.br/florianopolis/especiais/ressaca-deixa-rastro-de-destruicao-e-muda-a-geografia-da-ilha-de-santa-catarina>> Acesso em: 20 mai. 2018.

NOTT, Jonathan. **Extreme Events: A Physical Reconstruction and Risk Assessment.** New York: Cambridge University Press, 2006. 297 p.

NUNES, A. J. C. et al. 1990. Contribuição ao conhecimento do risco geológico da cidade de Petrópolis, RJ. In: **Simpósio Latino-Americano sobre Risco Geológico Urbano**, 1, São Paulo, 1990. Anais... ABGE, São Paulo. p. 102-114.

OGURA, A.T.; MACEDO, E.S. Processos y riesgos geológicos. In: **Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Proteção Ambiental**, 3, 2000, Campinas, SP. Notas ... Montevideo: Escritório Regional de Ciência da UNESCO para América Latina e Caribe, 2002, p.124-147.

OKE, T.R. Climatic impacts of urbanization. In: **Interations of Energy and Climate**, p.339-357. 1980

OLIVEIRA, M.C.G. et al.. In: **Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas**, 1, 2017, Florianópolis. Anais ... Florianópolis: ABMS, v.1.

OLIVEIRA, Nathália Silva. **Relação entre chuva e deslizamento em Nova Friburgo/RJ.** 2014. 171p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PARIZZI, M.G.; SEBASTIÃO, C.S.; VIANA, C.S.; PFLUEGER, M.C.; CAMPOS, L.C.; CAJAZEIRO, J.M.D.; TOMICH, R.S.; GUIMARÃES, R.N.; ABREU, M.L.; SOBREIRA, F.G.; REIS, R. Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte, MG. **Geografias**, v. 6, p. 49-68, 2010.

PEDROSA, M.G.A. **Análise de correlações entre pluviometria e deslizamentos de talude**. 1992. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PICHLER, Ernesto. Aspectos Geológicos dos Escorregamentos de Santos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 6, n. 2, 1957.

PORTO, Rui. **A urbanização de Florianópolis a partir dos anos sessenta e o caso recente da Via Expressa Sul**. 2003. 74p. Monografia. Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Revisão do Plano Municipal de Redução de Risco – PMRR Florianópolis**. 2014.

PREVENTION WEB. **United Nations plan of action on disaster risk reduction for resilience**. Disponível em: <<https://www.preventionweb.net/publications/view/49076>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

RAHARDJO, H.; ONG, T.H.; REZAUR, R.B.; LEONG, E.C. Factors Controlling Instability of Homogeneous Soil Slopes under Rainfall. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, 133 (12), p. 1532-1534. 2007.

RAIMUNDO, Huri Alexandre. **Aspectos geotécnicos e pluviométricos associados a instabilidade de encostas em Florianópolis – SC**. 1998. 343p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RENEAU, S.L.; DIETRICH, C.L. Size and location of colluvial landslides in a steep forested landscape. **Erosion and Sedimentation in the Pacific Rim (IAHS Publ.)**, 165, p. 39-47. 1987.

RENNER, Michael; CHAFFE, Zoë. **WorldWatch Report: Beyond Disasters - Creating Opportunities for Peace**. Washington: Worldwatch Institute, 2007. 57 p. Disponível em: <[http://www.worldwatch.org/system/files/173 Beyond Disasters.pdf](http://www.worldwatch.org/system/files/173_Beyond_Disasters.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2018.

RIECKMAN, C.G.; PINHEIRO, A.; TACKINI, M. Estudo da relação entre precipitações e deslizamentos em áreas de risco em Blumenau – SC. In: **Anais I Simpósio de Recursos Hídricos Sul**, 2005.

SALAROLI, I.S. **Movimentos de massa no município de Vitória – ES: Inventário, caracterização e indicativos de um modelo comportamental**. 2003. 148p. Dissertação (Mestrado) em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

SANTOS, A.R. **Geologia de Engenharia: Conceitos, Método e Prática**. 2. ed. São Paulo: Nome da Rosa : Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2009. 207 p.

SANTOS, G.T.. **Integração de informações pedológicas, geológicas e geotécnicas aplicadas ao uso do solo urbano em obras de engenharia**. 1997. 231p. Tese (Doutorado em Engenharia), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, Luciana Maria dos. **Informações sobre áreas de risco geotécnico e pluviométrico como contribuição ao planejamento urbano**. 2001. 156p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SCHUSTER, R.L.; KOCKELMAN, W.J. Principles of landslide hazard reduction. In: **Landslides Investigation and Mitigation**, National Academy Press: Washington D.C., 312p. 2006.

SEBRAE/SC. Cleber Borba Nascimento e Diego Walter Demetrio (Org.). Florianópolis em números. 2017. 129p. Disponível em: <<https://www.dropbox.com/s/hi1k10fqkfz9py7/Florian%C3%B3polis%20em%20N%C3%B3meros%20-%20Ed.%202017%20-%20Cidade%20Empreendedora.pdf?dl=0#pageContainer12>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. Palestra. II Seminário Regional de Proteção e Defesa Civil. Florianópolis, 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. Palestra. II Seminário Internacional de Proteção e Defesa Civil. Florianópolis, 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. **Defesa Civil conclui Seminários Regionais em Santa Catarina.** 2017. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/ultimas-noticias/5009-defesa-civil-conclui-seminarios-regionais-em-santa-catarina.html>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. **Radar Sul entra em operação.** 2014. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/ultimas-noticias/6311-radar-sul-entra-em-operacao.html>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. **Imagens do Radar meteorológico serão disponibilizadas na internet.** 2014. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/ultimas-noticias/3196-imagens-do-radar-meteorologico-sera-disponibilizadas-na-internet.html>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. **Radar Meteorológico do Oeste será inaugurado na sexta-feira, em Chapecó.** 2017. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/ultimas-noticias/4973-radar-meteorologico-do-oeste-sera-inaugurado-na-sexta-feira-em-chapeco.html>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DA DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. **Radar meteorológico do Oeste é inaugurado em Chapecó.** 2017. Disponível em: <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/ultimas-noticias/4979-radar-meteorologico-do-oeste-e-inaugurado-em-chapeco.html>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

SENATORE, A.; MEDIONDO, G.; SMIA TEK, G.; KUNSTMANN, H. Regional climate change projections and hydrological impact analysis for a Mediterranean basin in Southern Italy. **Journal of Hydrology**, v. 399, p. 70-92, 2011.

SIDLE, R.C.; OCHIAI, H. **Landslides: processes, prediction and land use**. Water Resour. Monogr. Ser., AGU: Washington D.C. 312p. 2006

SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala. In: **Climanálise Especial: edição comemorativa de 10 anos**. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996. p. 173-182.

SILVA, Naiara de Lima. **Correlação entre pluviosidade e movimentos gravitacionais de massa no Alto Ribeirão do Carmo/MG**. 2014. 172p. Tese (Mestrado em Geotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

SOARES, Elenir Pereira. **Caracterização da precipitação na região de Angra dos Reis e a sua relação com a ocorrência de deslizamentos de encostas**. 2006. 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SOARES, Fábio Lopes; FILHO, Geraldo Moura Ramos. Correlações entre movimentos de massa e pluviosidade nas encostas de João Pessoa – PB. In: **Anais XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, 2014, Goiânia, GO.

TATIZANA, C.; OGURA, A.T.; CERRI, L.E.S; ROCHA, M.C.M. Análise de correlação entre chuvas e deslizamentos – Serra do Mar – Município de Cubatão. In: **Anais 5º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia**, 1987a, v. 2, p. 225-236, São Paulo, SP.

TATIZANA, C.; OGURA, A.T.; CERRI, L.E.S; ROCHA, M.C.M. Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e deslizamentos aplicados à Encosta Serra do Mar. In: **Anais 5º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia**, 1987a, v. 2, p. 237-248, São Paulo, SP.

TAVARES, R., SANT'ANNA NETO, J.L., TOMMASELLI, J.T.G., PRESSINOTTI, M.M.N., SANTORO, J.2004. Análise da variabilidade temporal e espacial das chuvas associadas aos movimentos de massa no litoral norte paulista. In **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais**, 1, 2004, Florianópolis. Anais ... Florianópolis: GEDN/UFSC, p.680-696. (CD-ROM).

TERZAGUI, K. Mechanism of landslides. In: **Application of Geology Engineering Practice**. Baltimore: Geological Society of America, 1950.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

UNISRD. **Terminology**. 2017. Disponível em: <<https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

UNISRD. **UNISDR in the UN System**. Disponível em: <<https://www.unisdr.org/who-we-are/unisdr-in-un>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

UOL. **Chuva deixa moradores ilhados em Florianópolis e provoca mortes**. 2018. Disponível em <<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2018/01/11/chuva-deixa-moradores-ilhados-em-florianopolis-e-provoca-mortes.htm>> Acesso em: 20 mai. 2018.

VANACKER, V.; VANDERSCHAEGHE, M.; GOVERS, G.; WILLEMS, E.; POESEN, J.; DECKERS, J.; BIEVRE, B. Linking hydrological, infinite slope stability and land-use change models through GIS for assessing the impact of deforestation on slope stability in high Andean watersheds. **Geomorphology**, v. 52, p. 299-315, 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2001.

VARGAS, E.; OLIVEIRA, A.R.B.; COSTA FILHO, L.M.; CAMPOS, L.E.P. A study of the relationship between the stability of slopes in residual soils and rain intensity. In: **International Symposium on Environmental Geotechnology**, Envo Publishing, Leigh, EUA, p. 491-500.

VEYRET, Y. **Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto. 1ª Edição, 1ª Reimpressão. 2007. 320 p.

VIEIRA, Bianca Carvalho. **Previsão de escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar (SP) a partir de modelos matemáticos em bases físicas**. 2007. 213p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Wikipédia. **Florianópolis**. 2018. Disponível em:  
<<https://pt.wikipedia.org/wiki/Florian%C3%B3polis>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

WU, T.H. Root reinforcement of soil: review of analytical models, test results and applications to design. **Can. Geotech. Journal**, v.50, p.259-274, 2013.

XAVIER, H. **Percepção geográfica dos deslizamentos de encostas em áreas de risco do município de Belo Horizonte, MG**. 1996. 222f. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

ZÊRERE, José Luiz; FERREIRA, Antônio de Brum; RODRIGUES, Maria Luisa. The role of conditioning and triggering factors in the occurrence of landslides: a case study in the area north of Lisbon (Portugal). **Geomorphology**, v. 30, p. 133-146, 1999.



## ANEXO 1 – EXEMPLOS DE EDIFICAÇÕES DE BAIXO PADRÃO CONSTRUTIVO E/OU EM LOCAL DE RISCO NA ÁREA DE ESTUDO

Figura 115 - Exemplo 1



Fonte: Arquivo da Defesa Civil (2018)



Figura 116 - Exemplo 2



Fonte: Arquivo da Defesa Civil (2018)

Figura 117 - Exemplo 3



Fonte: Arquivo da Defesa Civil (2018)



Figura 118 - Exemplo 4



Fonte: Arquivo da Defesa Civil (2018)

Figura 119 - Exemplo 5



Fonte: Arquivo da Defesa Civil (2018)



Figura 120 - Exemplo 6



Fonte: Arquivo da Defesa Civil (2018)

Figura 121 - Exemplo 7



Fonte: Arquivo da Defesa Civil (2018)



Figura 122 - Exemplo 8



Fonte: Arquivo da Defesa Civil (2018)