



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



ANA MARIA CARRASCOSA DO AMARAL

Doutorado em Geociências e Meio Ambiente

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO RELACIONADA À OCORRÊNCIA
DE MOVIMENTOS DE MASSA EM CUBATÃO - SP**

Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis
Coorientador: Prof. Dr. Augusto José Pereira Filho

Rio Claro - SP
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

ANA MARIA CARRASCOSA DO AMARAL

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO RELACIONADA À OCORRÊNCIA
DE MOVIMENTOS DE MASSA EM CUBATÃO - SP**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Coorientador: Prof. Dr. Augusto José Pereira Filho

Rio Claro - SP

2018

A485a

Amaral, Ana Maria Carrascosa do
Análise Estatística da precipitação relacionada à
ocorrência de Movimentos de Massa em Cubatão,
SP / Ana Maria Carrascosa do Amaral. -- Rio Claro,
2018

105 p. : il., tabs. + 1 CD-ROM

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Rio Claro

Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Coorientador: Augusto José Pereira Filho

1. Sistema de Alerta Meteorológico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas
da Unesp.

Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Rio Claro.

Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ANA MARIA CARRASCOSA DO AMARAL

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO RELACIONADA À OCORRÊNCIA
DE MOVIMENTOS DE MASSA EM CUBATÃO - SP**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis - orientador
Departamento de Geologia Aplicada (DGA) – IGCE – Unesp Rio Claro, SP;

Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Departamento de Geologia Aplicada (DGA) – IGCE – Unesp Rio Claro, SP;

Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha
Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – DEPLAN - Unesp
Rio Claro, SP;

Prof. Dr. Gerson Araújo de Medeiros
UNESP Sorocaba, SP;

Prof. Dr. Eymar Silva Sampaio Lopes
DPI/INPE – Divisão de Processamento de Imagens/Instituto Nacional de Pesquisas
Espaciais.

Rio Claro (SP), 20 de setembro de 2018.

Resultado: Aprovada

*“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada.
Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.”*
Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço o pessoal da Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente de Rio Claro: Rosângela por me socorrer sempre que necessário, aos secretários e professores que estão sempre prontos pra ajudar.

Agradeço a minha família, meus pais João e Sandra, pelos ensinamentos, e meus irmãos Ligya e Henrique, pelo companheirismo e amizade. Pai e mãe, vocês me proporcionaram a oportunidade de estar onde estou, acompanharam meus passos e me levantaram nas horas difíceis. Agradeço muito vocês por me darem todas as ferramentas para crescer, tudo que necessitei para ter uma carreira. Obrigada por acreditarem em mim, amo vocês.

Agradeço aos meus amigos que me deram total apoio para que eu terminasse a pesquisa, sem os quais eu não conseguiria aguentar o tranco.

RESUMO

No Brasil e no mundo, estudos de correlação entre precipitação e movimentos de massa feitos nas últimas décadas estabeleceram os denominados Coeficientes de Alerta Meteorológicos, que têm se mostrado uma ferramenta bastante útil para aplicação das medidas preventivas do Plano Preventivo da Defesa Civil para áreas de risco, especificamente na região da Serra do Mar Paulista. Embora seja notável a influência de chuvas de alta intensidade num curto período de tempo para deflagração destes movimentos de massa, existem casos que não seguem este mecanismo, o que acende a discussão em relação ao tempo de chuva antecedente que deve ser utilizado para fazer tais correlações. Especificamente em Cubatão, SP, o coeficiente de precipitação crítica (CPC) que é utilizado para o Sistema de Alerta considera que acumulados de 4 dias possuem maior correlação com ocorrência de acidentes, assim como é monitorada a precipitação acumulada em 3 dias maior de 80 mm para ativação das ações do alerta. Neste contexto, o objetivo principal da pesquisa foi analisar a influência da precipitação acumulada de períodos superiores a 30 dias antecedentes à ocorrência de eventos de movimentos de massa registrados pela Defesa Civil no município de Cubatão, SP, por meio de dados de precipitação obtidos pela aplicação do método ANOBES e levantamento de registros de deslizamentos e corrida de massa no município, de 2000 a 2013. Foram feitos testes estatísticos paramétrico e não-paramétrico para os valores acumulados de precipitação de 3, 30, 90 e 180 dias anteriores aos registros. Verificou-se que os valores da média/mediana de precipitação acumulada de 90 e 180 dias anteriores ao evento são significativamente maiores do que os mesmos acumulados dos eventos em que não se teve registros de acidentes. Em contrapartida, para os acumulados de 3 dias e 30 dias, foi constatado que as médias das amostras podem ser consideradas as iguais, ou seja, não existe diferença significativa entre estes acumulados para casos de ocorrência de acidentes. Conclui-se que é necessário levar em consideração acumulados de 90 e 180 dias para um melhor refinamento de elaboração de coeficientes de correlação e, consequentemente, de Planos Preventivos.

Palavras-Chave: Movimentos de Massa; Precipitação antecedente; Cubatão; Plano Preventivo da Defesa Civil.

ABSTRACT

In Brazil and in the world, correlation studies between precipitation and mass movements made in the last decades established the so-called Meteorological Alert Coefficients, which have proved to be a very useful tool for the application of the preventive measures of the Civil Defense Preventive Plan for risk areas, specifically in the region of Serra do Mar in São Paulo state. Although the influence of high intensity rains in a short period of time to trigger these mass movements is notable, there are cases that do not follow this mechanism, which ignites the discussion regarding the antecedent rainfall time that should be used to make such correlations. Specifically in Cubatão, São Paulo state, the critical precipitation coefficient (CPC) that is used for the Alert System considers that accumulated 4 days have a higher correlation with the occurrence of accidents, as well as the cumulative precipitation in 3 days greater than 80 mm to activate alert actions. In this context, the main objective of the research was to analyze the influence of the cumulative precipitation of periods superior to 30 days antecedent to the occurrence of events of mass movements registered by the Civil Defense in the municipality of Cubatão, through precipitation data obtained by the application of the ANOBES method and survey of landslides and mass race in the municipality, from 2000 to 2013. Parametric and non-parametric statistical tests were performed for cumulative values of precipitation of 3, 30, 90 and 180 days prior to records. It was verified that the average / median values of accumulated precipitation of 90 and 180 days prior to the event are significantly higher than the same accumulated of the events in which there were no records of accidents. On the other hand, for the 3-day and 30-day accumulations, it was found that the means of the samples can be considered the same, that is, there is no significant difference between these accumulations in cases of accidents. It is concluded that it is necessary to take into account accumulations of 90 and 180 days for a better refinement of elaboration of correlation coefficients and, consequently, of Preventive Plans.

Keyword: Mass Movements; Precipitation antecedent; Cubatão; Civil Defense Preventive Plan

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Alerta Rio	Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro
ANA	Agência Nacional de Águas
ANOBES	Análise Objetiva Estatística
CCM	Coeficiente de Ciclo Móvel
CEMORPH	<i>CPC MORPHing technique</i>
COMDEC	Comissões Municipais de Defesa Civil
CPC	Coeficiente de Precipitação Crítica
CRED	Centro de Pesquisa de Epidemiologia em Desastres
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
<i>HidroWeb</i>	Sistema de Informações Hidrológicas
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
IG	Instituto Geológico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PPDC	Plano Preventivo da Defesa Civil
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de escorregamentos e seus esquemas de representação, modificado de Infati Jr. e Fornasari Filho (1998).	20
Figura 2. Imagens de escorregamentos e corridas de detritos ocorridos em 1967 em Caraguatatuba (SP).	22
Figura 3. Postos pluviométricos existentes no Brasil.	29
Figura 4. Radares na área de estudo: símbolo + indica a posição dos radares meteorológicos e o círculo no seu entorno representa sua área de estimativa de precipitação.	30
Figura 5. Relação de chuva x deslizamento em Hong Kong, segundo Lumb (1975).	34
Figura 6. Relação chuva máxima horária x deslizamentos, de 1963 a 1982, em Hong Kong.	35
Figura 7. Proposta de correlação de Guidicini e Iwasa (1976) para a serra do Mar, SP, específica para Caraguatatuba, SP e Rio de Janeiro, RJ.	38
Figura 8. Esquema de Envoltórias de escorregamentos para os setores de Cubatão (SP), elaborado por Tatizana et al. (1987a, b).	40
Figura 9. Setores definidos por Tatizana et al. (1987 a) para Cubatão.	41
Figura 10. Esquema da tabela de contingência para cálculo dos índices de desempenho.	55
Figura 11. Área de estudo com os dados de coleta de precipitação.	59
Figura 12. Número de ocorrência de acidentes geodinâmicos por ano em Cubatão (SP).	60
Figura 13. Frequência de ocorrência de acidentes por tipo para cada ano, em Cubatão (SP).	61
Figura 14. Porcentagem e número de acidentes segundo o tipo ocorridos de 1993 a 2003 em Cubatão (SP).	61
Figura 15. Relação entre ocorrência de acidentes geodinâmicos e de eventos extremos de precipitação, para cada ano, em Cubatão (SP).	62
Figura 16. Resultados dos índices de performance.	65
Figura 17. Gráficos box-plot para o acumulado anterior de precipitação.	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação dos movimentos gravitacionais de massa segundo Augusto Filho (1992).	19
Quadro 2. Agentes e causas dos movimentos de massa segundo Guidicini e Nieble (1984).	23
Quadro 3. Fatores de deflagração de movimentos de massa segundo Varnes (1978).	23
Quadro 4. Cálculo da Intensidade para cada setor da Serra de Cubatão.	42
Quadro 5. Níveis do PPDC e principais ações correspondentes (apostila PPDC).	48
Quadro 6. Fases, etapas e atividades da pesquisa.	50
Quadro 7. Interpretação dos índices de desempenho de acordo com os valores.	56
Quadro 8. Eventos de precipitação extrema com ocorrência de acidentes geológicos, em Cubatão, SP.	64
Quadro 9. Dados utilizados para a análise estatística para os valores de precipitação acumulada anterior.	66
Quadro 10. Médias e variâncias das amostras para análise estatística dos dados de precipitação acumulada anterior.	69
Quadro 11. Valores de Grau de Liberdade para cada variável.	70
Quadro 12. Valores dos parâmetros para o teste t student.	70
Quadro 13. Estatística não-paramétrica do teste U de Mann-Whitney-Wilcoxon.	71
Quadro 14. Critérios de classificação para a precipitação acumulada anterior.	72
Quadro 15. Classificação dos trabalhos sobre correlação de ocorrência de movimentos de massa e precipitação acumulada anterior.	73

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. PREMISSAS, OBJETIVOS E HIPÓTESES DA PESQUISA	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Movimentos de Massa: conceitos, causas e agentes	18
3.2. Movimentos de massa em Cubatão	27
3.3. Medição da precipitação no Brasil	28
3.3.1. <i>Postos Pluviométricos</i>	28
3.3.2. <i>Satélites e radares</i>	29
3.4. Relação entre Precipitação e Movimentos de Massa: histórico	31
3.4.1. <i>Exemplos internacionais</i>	31
3.4.1.1. <i>China</i>	31
3.4.1.2. <i>Estados Unidos da América</i>	32
3.4.1.3. <i>Hong Kong</i>	33
3.4.1.4. <i>Itália</i>	35
3.4.2. <i>Exemplos Brasileiros</i>	36
3.4.2.1. <i>Proposta de Guidicini e Iwasa (1976)</i>	36
3.4.2.2. <i>Proposta de Tatizana et al. (1987a, b)</i>	38
3.4.2.3. <i>Proposta de Cerri et al. (1990)</i>	42
3.4.2.4. <i>Proposta de Pedrosa (1994)</i>	43
3.4.2.5. <i>Proposta de Gusmão Filho (1997)</i>	44
3.4.2.6. <i>Proposta de Ide (2005)</i>	44
3.4.2.7. <i>Proposta de Tavares et al. (2005)</i>	44
3.5. Sistemas de Alerta Meteorológicos	45
3.5.1. <i>Plano Preventivo da Defesa Civil (PPDC)</i>	47
4. ETAPAS DA PESQUISA	50
4.1. Levantamento bibliográfico de referência	50
4.2. Levantamento dos registros de eventos	51
4.3. Levantamento dos dados de precipitação: Análise Objetiva Estatística (ANOBES) e CMORPH	52
4.4. Seleção dos eventos extremos	54
4.5. Cálculo de Índices de Desempenho	54
4.6. Análise da chuva acumulada antecedente	56
4.6.1. <i>Testes estatísticos paramétricos e não paramétricos</i>	56
4.7. Formulação das conclusões	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
5.1. Dados de precipitação e registros	58

5.2. Seleção dos eventos de precipitação extremos	63
5.3. Índices de desempenho	65
5.4. Análises estatísticas da precipitação acumulada anterior	66
5.5. Definição de limiares e coeficientes em Planos Preventivos	72
6. CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE 1 – Registros de acidentes ocorridos em Cubatão de 2000 e 2013 - IG (2017)	88
APÊNDICE 2 – Seleção dos eventos extremos e Cubatão (precipitação acumulada em, 72 horas superior a 80 mm)	99

1. INTRODUÇÃO

A contínua urbanização associada aos agentes do meio físico e ao ambiente de clima tropical, característica de países como o Brasil, têm proporcionado situações de risco em encostas ocupadas de forma inadequada, gerando prejuízos, tanto no âmbito social, quanto econômico e ambiental.

Dentre as situações de risco, encontram-se os movimentos de massa gravitacionais, como deslizamentos e corridas de massa. Tais movimentos são fenômenos naturais que, apesar de serem bastante estudados atualmente, a previsão de sua ocorrência é difícil, uma vez que possuem dinâmicas muito complexas e mecanismos de ruptura diversos. Estes fenômenos fazem parte da dinâmica externa da superfície terrestre que interage com outros fatores intempéricos e modelam a paisagem. Além disso, esses movimentos podem ocorrer tanto nas encostas florestadas como em encostas desmatadas e/ou antropizadas (FERNANDES e AMARAL, 1996).

Segundo Leopold et al. (1964), os trópicos úmidos são considerados como regiões onde as encostas estão mais sujeitas aos movimentos de massa gravitacionais. As grandes quantidades de chuva e a existência de espessos mantos de alteração são as condições ideais que promovem a ativação destes processos. (BIGARELLA e MEIS, 1965; MEIS e XAVIER DA SILVA, 1968; FERNANDES e AMARAL, 1996).

Segundo Takahashi (1991), os movimentos gravitacionais de massa são considerados como os fenômenos de maior perigo para a população de uma área de risco, uma vez que podem afetar vidas e propriedades, e por este motivo, existe a necessidade da adoção de métodos para identificar e monitorar áreas de risco, com o propósito de aprimorar os sistemas de alerta e o dimensionamento de obras de controle e proteção.

No mundo, existem registros de enormes movimentações de massa com diferentes características, como volume, velocidade, vazão, etc. deflagradas por fatores tanto externos quanto internos (GRAMANI, 2014). O fenômeno ocorre de maneira natural nas regiões serranas e, em cerca de 50 países, são muito observados (TAKAHASHI, 1991). Em áreas tropicais e costeiras são comuns os movimentos de massa na forma de rápidas corridas de detritos, causando enorme destruição na sua

trajetória, envolvendo diversos tipos de solos e de ambientes geológicos (COLLINS e ZNIDARCIC, 1997).

Mais recentemente, a utilização de modelos matemáticos em bases físicas ou em processos vem crescendo por permitir que hipóteses específicas sejam testadas (FERNANDES e AMARAL, 1996). No entanto, os processos controladores dos movimentos de massa são distribuídos de forma espacial. Então, para que os modelos preditivos sejam úteis, eles têm que se apresentar na forma de mapas, para que seja compreensiva a localização das áreas mais críticas à ocorrência de tais fenômenos. A disponibilização desses produtos possibilita a elaboração de planos de evacuação e a definição de zonas de risco que irão auxiliar no planejamento regional (FERNANDES et al, 2006).

Sendo a precipitação o principal fator de deflagração dos movimentos de massa, o conhecimento da dinâmica de precipitação na região afetada se torna imprescindível para estudos de previsão de movimentos de massa. No Brasil, vários pesquisadores se dedicaram a realizar correlações entre os movimentos de massa e os períodos chuvosos em que ocorreram, com a finalidade de identificar e estabelecer limites críticos de chuva acumulada para ocorrência de deslizamentos. Dentre esses trabalhos, destacam-se: Guidicini e Iwasa (1976), Tatizana et al. (1987a, b), Elbachá et al. (1992), Cerri (1993), Almeida et al. (1993), D'orsi et al. (1997), Salaroli (2003), Alheiros (2003), Ide (2005), dentre outros.

Alguns trabalhos internacionalmente reconhecidos e utilizados até hoje que estabeleceram curvas críticas de chuva são: Onodera et al. (1974), Lumb (1975), Caine (1980), Fukuoka (1980), Brand et al. (1984), Cannon e Ellen (1985), Wiekzorek (1987), Premchitt et al. (1992), Kay e Chen (1995), Corominas e Moya (1999), Pun et al. (2003), Kirschbaum et al. (2012), dentre outros (AHRENDT, 2005).

No Brasil, foi criado em 1997 o Plano Preventivo da Defesa Civil, PPDC, específico para deslizamentos nas encostas da Serra do Mar no Estado de São Paulo, abrangendo os municípios de Cubatão, Guarujá, Santos e Bertioga, localizados na Baixada Santista, e Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba, localizados no Litoral Norte. Foi criado um Sistema de Alerta Meteorológico para a região, o qual inclui como critério de alerta dois coeficientes meteorológicos, que são: o Coeficiente de Precipitação Crítica (CPC) para Cubatão, e Coeficiente de Ciclo Móvel (CCM), para Baixada Santista e Litoral Norte do Estado de São Paulo.

Nota-se que, apesar de existirem vários estudos que abordam a relação quantitativa da precipitação e ocorrência de movimentos de massa na região de Cubatão, além do Sistema de Alerta Meteorológico, ainda ocorrem tragédias que acarretam em grandes perdas humanas e destruições de grandes áreas. Portanto, torna-se necessário um estudo constante e aprofundado sobre a relação entre a dinâmica da precipitação (espacial, temporal e quantitativa) e a ocorrência de movimentos de massa, de modo a atualizar/refinar os planos de alerta existentes.

Para uma melhor acurácia dos índices e coeficientes obtidos pela relação entre movimentos de massa e precipitação, é necessário levar em consideração a sequência de eventos anteriores ao evento. Como exemplo, Petrucci e Pasqua (2009), em seus estudos, analisaram a influência de dias contínuos de chuva que predisõem o terreno à ocorrência de deslizamentos de terra. Os autores afirmam que deslizamentos mais profundos estão geralmente relacionados a longos períodos de precipitação, e que negligenciar esse aspecto pode levar à subestimação da chuva como fator deflagrador destes fenômenos.

Tendo tais considerações em vista, a presente pesquisa se insere de forma complementar e imprescindível no contexto de previsão e prevenção de ocorrência de movimentos de massa na região da Serra do Mar do Estado de São Paulo.

2. PREMISSAS, OBJETIVOS E HIPÓTESES DA PESQUISA

A presente pesquisa adota como premissas as seguintes afirmações:

1. Os estudos que fundamentaram o Plano Preventivo de Defesa Civil aplicado na Serra do Mar no Estado de São Paulo indicaram que existe uma diferença entre aspectos fisiográficos e de precipitação para as regiões de Cubatão e Baixada Santista e dos municípios do Litoral Norte, sendo que foram definidos dois valores específicos diferentes para emissão de alerta à ocorrência de deslizamentos e corridas de massa para essas regiões. (CERRI et al, 1990; CERRI, 1993).
2. Eventos pluviométricos excepcionais (alta intensidade e/ou grande duração) ocorridos em Cubatão não geraram acidentes de grandes proporções, devendo-se rever a utilização de 4 dias antecedentes como único critério de correlação, como utilizado no CPC (TATIZANA et al., 1987a, b).
3. A sequência anterior de precipitação é fator preponderante para definição ou revisão de coeficientes de alerta meteorológicos (SORRE, 1951; MONTEIRO, 1962);

A hipótese de trabalho é: existe uma correlação entre a precipitação acumulada em períodos de 30, 90 e 180 dias e a ocorrência de movimentos de massa e, portanto a metodologia adotada pela Defesa Civil (TATIZANA et al., 1987 e CERRI et al., 1990) necessita ser revisada/atualizada para melhor funcionamento do Sistema de Alerta Meteorológico existente na região de Cubatão (SP).

O objetivo principal da pesquisa é analisar a influência da precipitação acumulada dos períodos de 30, 90 e 180 dias antecedentes em relação à ocorrência de eventos de movimentos de massa registrados pela Defesa Civil no município de Cubatão, SP.

Os objetivos secundários são os seguintes:

- Analisar a ocorrência de acidentes relacionados à movimentos de massa na área de estudo, em relação à frequência e tipo de acidente;

- Analisar a relação entre o limiar adotado pela Defesa Civil de 80 mm em relação aos registros de ocorrência de deslizamentos, através de cálculo de índices de desempenho;
- Avaliar se há necessidade de proposição de alterações nos critérios estabelecidos pela Defesa Civil para ocorrência de deslizamentos na região de Cubatão (SP).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Movimentos de Massa: conceitos, causas e agentes

A dinâmica superficial é responsável pela modelagem da superfície terrestre, o que resulta na paisagem. Segundo Embleton e Thornes (1979), o termo “processo”, em Geomorfologia, define as ações dinâmicas ou os eventos que envolvem aplicação de força que atuam sob determinados gradientes (INFANTI JÚNIOR e FORNASARI FILHO, 1998). Quando essas forças excedem a capacidade de resistência do sistema natural, ocorre modificação por deformação do terreno, mudança da posição ou então mudança nas estruturas químicas constituintes daquele sistema.

As paisagens compreendem vertentes ou encostas que possuem forma e declividades muito variadas. Segundo Bloom (1998), as encostas estão em processo de mudança constantemente, tendendo a um estado central de equilíbrio, para manter a configuração mais eficiente possível. Essas mudanças de forma estão relacionadas aos processos dominantes de intemperismo, erosão e movimentos de massa (op. cit.).

Para Fernandes et. al (2001), algumas especificidades podem prejudicar a aplicação das classificações existentes, como, por exemplo, aquelas derivadas de atividades antrópicas e das rápidas transformações que ocorrem nas cicatrizes de deslizamento, no qual coexistem vários problemas associados à própria complexidade dos fenômenos, de modo que muitos movimentos são classificados como deslizamentos translacionais e se transformam, gradativamente, em corridas de massa devido ao excesso de água.

Segundo dados do Centro de Pesquisa de Epidemiologia em Desastres (CRED) da Organização Mundial da Saúde (OMS), o Brasil está entre os dez países mais afetados por desastres no mundo (EM-DAT, 2008). Neste contexto, Augusto Filho (1992) e Gramani (2001) elaboraram o levantamento dos acidentes mais importantes envolvendo movimentos de massa no Brasil. As áreas mais susceptíveis a ocorrência desses processos no país são as áreas no sopé da Serra do Mar, da Serra da Mantiqueira e Serra Geral, estendendo-se desde a região Sul até a região Norte.

Existem diversos trabalhos que propõem uma classificação entre os tipos de movimentos de massa, sendo mais usuais as classificações propostas por Varnes (1978), Guidicini e Nieble (1984) e Augusto Filho (1992), sendo este último o mais utilizado devido à sua maior simplicidade (CASTRO, 2006). Outros trabalhos

brasileiros que se destacam: Vargas e Pichler (1957) e Freire (1965). Dentre os trabalhos internacionais se destacam: Sharpe (1938), Terzaghi (1950), Varnes (1958), Hasegawa (1985), Sassa (1985) (AHRENDT, 2005). As classificações propostas por Varnes (1958, 1978) foram posteriormente revisadas por Cruden e Varnes (1996).

Augusto Filho (1992) propôs a classificação que é mais utilizada em trabalhos acadêmicos e em trabalhos de defesa civil, segundo Ahrendt (2005). O autor descreve os tipos de movimentos de massa no âmbito da dinâmica ambiental brasileira, distinguindo quatro tipos, segundo suas características de material e geometria. Esse autor fundamentou sua classificação em estudos realizados na Serra do Mar, especificamente na região de Ubatuba. Os tipos definidos foram: rastejo (*"creep"*), deslizamentos (*"slides"*), quedas (*"falls"*) e corridas (*"flows"*) (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação dos movimentos gravitacionais de massa segundo Augusto Filho (1992).

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO
Rastejo (<i>"creep"</i>)	✓ Vários planos de deslocamento (internos) ✓ Velocidades muito baixas a baixas e decrescentes com a profundidade ✓ Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes ✓ Material constituinte: solo, depósitos, rocha alterada ou fraturada ✓ Geometria indefinida
Deslizamento (<i>"slides"</i>)	✓ Poucos planos de deslocamento (externos) ✓ Velocidades médias a altas ✓ Pequenos a grandes volumes de material ✓ Geometria e material variável ✓ Tipos: planares, circulares ou em cunha
Quedas (<i>"falls"</i>)	✓ Sem planos de deslocamento ✓ Movimentos do tipo queda livre ou em plano inclinado ✓ Velocidades muito altas ✓ Material rochoso ✓ Pequenos a médios volumes ✓ Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. ✓ Rolamento de matacão e tombamento
Corridas (<i>"flows"</i>)	✓ Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) ✓ Movimento semelhante ao de um líquido viscoso ✓ Velocidades médias a altas ✓ Mobilização de solo, rochas, detritos e água ✓ Grandes volumes de material ✓ Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Wolle e Carvalho (1994), em seu trabalho, relatam que, para a Serra do Mar, ocorrem três tipos de movimentos para o rastejo, que estão associados a mecanismos diversos, tais como: movimentos contínuos, que apresentam maiores velocidades em épocas chuvosas, contudo bastante reduzida devido à ação isolada da gravidade; movimentos pulsantes, causados pelos ciclos de alterações sazonais de temperatura

e umidade do solo ou por força de percolação em épocas chuvosas; e movimentos bruscos, causados pelas pressões hidrostáticas nas fendas dos materiais, pela perda de resistência do solo por saturação e efeitos externos (deslocamento e queda de árvores e blocos).

Os deslizamentos (“slides”) são movimentos gravitacionais de massa, nos quais ocorre uma movimentação rápida de solo ou rocha, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude, que pode ser natural, de aterro ou de corte. São classificados com base na forma do plano de ruptura, na sua geometria e no tipo de material movimentado: deslizamentos circulares ou rotacionais, deslizamentos translacionais ou planares e deslizamentos em cunha. (FERNANDES e AMARAL, 1996; INFANTI JÚNIOR e FORNASARI FILHO, 1998). Na Figura 1 estão apresentados os tipos.

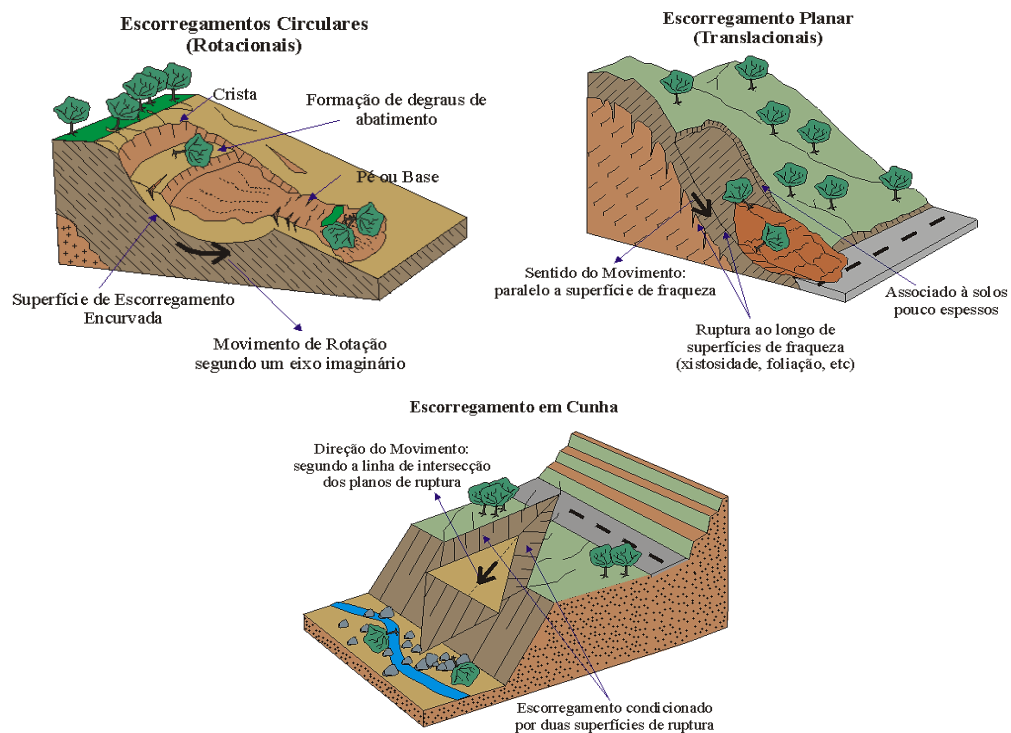


Figura 1. Tipos de esco­rrega­mentos e seus esquemas de representação, modificado de Infati Jr. e Fornasari Filho (1998).

Os deslizamentos circulares ou rotacionais (*slumps*) envolvem pouca deformação do material em movimento, e, em geral, apenas uma ou poucas unidades litológicas, gerando, após a movimentação, uma superfície curva com a concavidade voltada para cima, com fissuras concêntricas em planta e côncavas na direção do movimento

(AHRENDT, 2005). Com relação aos mecanismos de ruptura desse tipo de deslizamento, a infiltração da água da chuva é o principal fator.

Em seu estudo, Murk et al. (1996) afirma que esse tipo de processo é comum em estradas e rodovias devido à construção de taludes artificiais, ainda mais em épocas chuvosas, pois a saturação de água no solo é grande, diminuindo sua resistência.

Os deslizamentos em cunha são condicionados pela união de duas estruturas de rompimento planar, formando assim o deslocamento de um prisma onde as duas linhas se encontram. São comumente encontrados em encostas que foram cortadas ou que sofreram algum tipo de escavação, perfuração, etc (TOMINAGA, 2009).

Os deslizamentos translacionais ou planares (*shallow*) envolvem grande deformação do material movimentado, abrangendo várias unidades semi-independentes, e é comumente controlado por estruturas como superfícies de fraquezas geradas por falhas e/ou fraturas, planos de acamamento, ou ainda pelo contato entre o substrato rochoso e a camada superficial de solo. A massa se rompe por cisalhamento, progredindo por uma superfície plana. Selby (1993) afirma que essas superfícies geralmente se desenvolvem ao longo de um limite entre solos com diferentes permeabilidades e densidades (NERY, 2011). Segundo Guidicini e Nieble (1984):

“(...) a superfície de movimentação é geralmente um reflexo da estrutura geológica do terreno e pode consistir em planos de estratificação, xistosidade, gnaissificação, acamamento, diaclasamento, falha, juntas de alívio de tensões, fendas preenchidas por materiais de alteração, contatos entre camadas” (Guidicini e Nieble, 1984, p. 19-20).

As corridas de massa (Figura 2) são consideradas como um estágio intermediário entre o deslizamento e processos de enxurrada, com características mecânicas e hidráulicas diferentes dos demais movimentos de massa (NI e WANG, 1990). Durante o escoamento do material são comumente verificadas consideráveis alterações volumétricas em função de incorporação ou deposição de materiais na fase sólida e/ou líquida no percurso (GRAMANI, 2014).



**Figura 2. Imagens de escorregamentos e corridas de detritos ocorridos em 1967 em Caraguatatuba (SP).
Fonte: Arquivo público de Caraguatatuba, Dias et al. (2016)**

São movimentos rápidos nos quais os materiais se comportam como fluidos com alta viscosidade (NERY, 2011). As corridas são constituídas de escoamentos rápidos de água e desenvolvem-se ao longo de drenagens, podendo ser compostas de material sólido de diferentes tamanhos (detritos grossos, grãos finos ou argila). Apresentam um raio de alcance extenso mesmo em áreas planas e em condições excepcionais (SELBY, 1993; WOLLE e CARVALHO, 1994; FERNANDES e AMARAL, 1996; AUGUSTO FILHO, 2001, entre outros).

Dependendo do tipo de material imobilizado e da velocidade de deslocamento, as corridas recebem diferentes denominações. Tanto na literatura nacional quanto internacional, são utilizados os seguintes termos: corridas de lama – solo com alto teor de água (“*mud flow*”), de terra – solo e teor menor que água (“*earth flow*”) e de detritos – material grosseiro, com maior poder destrutivo (“*debris flow*”). Varnes (1958) diferencia “*mud flow*” de “*debris flow*” com base na porcentagem de partículas constituintes, sendo “*debris*” quando o material contém mais que 50 % de partículas grosseiras, e “*mud*” quando possui porcentagens inferiores a 50 %. Na presente pesquisa, optou-se por utilizar o termo corrida de massa, que pode englobar as três diferentes denominações apresentadas anteriormente.

Os fatores condicionantes dos movimentos de massa são aqueles que contribuem para o desencadeamento do processo, sendo parte da própria dinâmica dos processos naturais, e correspondem aos elementos do meio físico e, em menor escala, no meio biótico (WOLLE, 1988; WOLLE e CARVALHO, 1989; SELBY, 1993; FERNANDES e AMARAL, 1996; ARAÚJO, 2004).

Augusto Filho e Virgili (1998) afirmam que:

“(...) a deflagração das instabilizações de taludes e encostas é controlada por uma cadeia de eventos, muitas vezes de caráter cíclico, que tem sua origem com a formação da própria rocha e toda sua

história geológica e geomorfológica subsequente, como movimentos tectônicos, intemperismo, erosão, ação antrópica etc.” (op cit., p. 245).

Baseando-se na sistemática de classificação de Freire (1965) e na discriminação das causas de movimentos de massa, Guidicini e Nieble (1984) definiram os fatores condicionantes dos processos de movimentos de massa como causas (interna, externa e intermediárias) e agentes (predisponentes e efetivos preparatórios e efetivos imediatos) (Quadro 2).

Quadro 2. Agentes e causas dos movimentos de massa segundo Guidicini e Nieble (1984).

AGENTES	Predisponentes	Complexo geológico, complexo morfológico, complexo climático-hidrológico, gravidade, calor solar, tipo de vegetação original	
	Efetivos	<u>Preparatórios</u>	Pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação de temperatura, dissolução química, ação de fontes e mananciais, oscilação de nível de lagos e marés e do lençol freático, ação de animais e humanos, desmatamentos
		<u>Imediatos</u>	Chuvas intensas, fusão do gelo e neve, erosão, terremotos, ondas, ventos, ação antrópica
CAUSAS	Internas	Efeitos das oscilações térmicas, redução dos parâmetros de resistência por intemperismo	
	Externas	Mudanças na geometria do sistema, efeitos de vibração, mudanças naturais na inclinação das camadas	
	Intermediárias	Elevação do nível piezométrico em massas “homogêneas”, elevação da coluna de água em descontinuidades, rebaixamento rápido do lençol freático, erosão subterrânea retrogressiva (piping), diminuição do efeito de coesão aparente	

Fonte: Modificado de Tominaga (2007)

Varnes (1978) considera os principais condicionantes de deslizamentos aqueles que aumentam as solicitações e os que diminuem a resistência dos terrenos, com os respectivos fenômenos naturais e antrópicos associados (Quadro 3).

Quadro 3. Fatores de deflagração de movimentos de massa segundo Varnes (1978).

AUMENTO DA SOLICITAÇÃO	Remoção de massa (lateral ou da base)		Erosão, deslizamentos; Cortes; Peso da água da chuva, neve, granizo, etc; Acúmulo natural de material (depósitos)
	Sobrecarga		Peso da vegetação; Construção de estruturas, aterros, etc; Terremotos, ondas, vulcões, etc
	Solicitações dinâmicas		Explosões, tráfego, sismos induzidos
	Pressões laterais		Água em trincas, congelamento, material expansivo, etc
REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA	Características inerentes ao material	Textura, estrutura, geometria, etc	Características geomecânicas do material, estado de tensões iniciais
	Mudanças ou fatores variáveis	Mudanças nas características do material	Intemperismo, redução da coesão, ângulo de atrito
	Outras causas		Elevação do nível d'água; Enfraquecimento devido ao rastejo progressivo; Ação das raízes de árvores e buracos de animais

Fonte: Silva (2014).

Wolle e Carvalho (1994) elaboram uma análise da dinâmica dos deslizamentos por meio de observações dos que ocorreram nas escarpas da Serra do Mar. Como resultado, os autores afirmam que a ruptura desses deslizamentos translacionais está relacionada a mais de um mecanismo e às suas condições geológicas e geotécnicas locais (NERY, 2011).

De acordo com Fernandes et. al (2001), os movimentos de massa são condicionados por uma complexa relação entre os fatores geomorfológicos - morfologia e a morfometria da encosta; fatores geológico-geotécnicos - características litoestruturais, fraturas subverticais e falhamentos tectônicos; fatores hidrológico-climáticos - poro-pressões positivas e umidade do solo; fatores pedológicos - propriedades físicas, morfológicas e hidrológicas do solo (condutividade hidráulica) e o elemento humano, que também pode ser enquadrado como um agente deflagrador destes processos, devido à quebra do equilíbrio dinâmico entre os diferentes condicionantes, acelerando a dinâmica destes eventos.

Carvalho e Galvão (2006) relatam que nas cidades brasileiras, que são marcadas pela exclusão socioespacial, os fatores que desencadeiam os processos de deslizamentos são as ocupações de encostas por assentamentos precários, favelas, vilas e loteamentos irregulares, remoção da vegetação, cortes e aterros instáveis para vias e moradia, deposição de lixo em encostas, ausência de sistemas de drenagens de águas pluviais e coleta adequada do esgoto, elevada densidade populacional, etc.

Outro fator também importante para a instabilização de encostas e deflagração de movimentos de massa é a vegetação, e alterações em sua cobertura podem inicialmente retardar o movimento de massa ou até mesmo acelerar. Tal fator tem importância uma vez que controla o escoamento superficial e a infiltração de água no solo, diminuindo a presença de água no subsolo (TATIZANA et al., 1987; SELBY, 1993). Greenway (1987) ressalta que a vegetação, quando associada a mantos rasos de solo, pode deflagrar mecanismos de ruptura sem ter ocorrido alterações nessas coberturas.

A evapotranspiração exerce um papel importante sobre a hidrologia, diminuindo a saturação do solo, o que proporciona melhor condição de estabilidade. Além disso, as raízes aumentam o coeficiente de coesão do solo, principalmente quando estão entrelaçadas, podendo superar os efeitos de instabilização pelo peso da vegetação e

pelo efeito alavanca (GREENWAY, 1987; TATIZANA et al., 1987; KURIAKOSE, 2006).

Diversos autores têm observado o efeito da precipitação no solo que levam à ocorrência de movimentos de massa (LUMB, 1975; RAHARDJO e FREDLUND, 1993; NG e SI, 1998; FOURIE et al., 1999). Conforme IPT (1988a), a concentração de água decorrente de fortes eventos de chuva e tempestades acarreta a instabilização dos taludes gerando deslizamentos e a mobilização dos materiais no leito de drenagens, frequentemente seguidas de erosão intensa das encostas adjacentes ao fluxo principal.

Petrucci e Pasqua (2009) afirmam que eventos cumulativos de precipitação devem ser sistematicamente analisados para explicação dos efeitos de dias contínuos de chuva, que aumentam a umidade do terreno e predispõe à ocorrência de deslizamentos. Este aspecto aparenta não ter relevância para fenômenos que mostram ter uma resposta imediata para chuvas intensas (enxurradas e deslizamentos superficiais), mas tem relevância para deslizamentos profundos (geralmente relacionados a períodos prolongados de chuva).

Para Tatizana et al. (1987a):

“a distribuição de chuva é uma importante variável no ciclo hidrológico, com influências na taxa de saturação do solo e no desenvolvimento de fenômenos instantâneos, como desenvolvimento de linhas de fluxo, subpressão e erosão”. (op. cit.)

Segundo IPT (1988a), a chuva não se constitui propriamente em um condicionante do processo de deslizamento, mas sim, no seu principal agente deflagrador imediato. Segundo este trabalho, precipitações intensas podem interferir de três maneiras no Fator de Segurança (FS) ou coeficiente de segurança interno:

- Diminuição da coesão e ângulo de atrito;
- Aumento do peso específico do solo;
- Formação de um nível d'água (N.A.).

No caso da Serra do Mar, na Baixada Santista, Wolle (1988) e IPT (1988b) descrevem que não há formação de nível d'água (N.A) rasos o suficiente para interferir no processo de deflagração dos deslizamentos translacionais. No entanto, na encosta,

localmente pode ocorrer um meio mais permeável por cima de um meio menos permeável, criando condições para formação de um N.A, mesmo que de curta duração. Neste caso, poderá haver o estabelecimento de linhas de fluxos paralelos à encosta, com o mesmo sentido da tensão cisalhante, além da tensão normal ser diminuída pela atuação da pressão neutra.

Em seu estudo, Wolle e Carvalho (1989) mostram que a ação combinada da chuva precedente e da chuva intensa de curta duração é responsável pela ocorrência de movimentos de massa, pois, deste modo, a saturação da superfície ocorre de forma mais rápida, com maior velocidade de avanço da frente de saturação.

Segundo Delmonaco et al. (1995), de forma geral, os movimentos de massa profundos estão relacionados com chuvas antecedentes acumuladas de vários dias, enquanto que movimentos de massa superficiais dependem mais da intensidade e da duração da chuva em períodos mais curtos. Para os mesmos autores, as ações das precipitações nas encostas são as seguintes:

- Diminuição da coesão aparente, eliminação das tensões capilares (ou poropressões negativas), dissolução da cimentação;
- Aumento do peso específico dos materiais que formam a encosta;
- Avanço da frente de saturação no maciço, provocando o desenvolvimento de poropressões positivas nos solos, subpressões nas descontinuidades rochosas e forças de percolação;
- Alteração do perfil da encosta por erosão dos materiais.

Para Brand (1992), para solos com permeabilidade relativamente alta, o valor acumulado de chuva antecedente ao desencadeamento do processo de deslizamento não é tão importante quanto às chuvas de curta duração e grande intensidade. Para solos com baixa permeabilidade, a chuva antecedente acumulada apresenta grande importância (BONUCELLI, 1999).

Outro fator que têm sido apontado em alguns estudos como fator importante na deflagração dos movimentos de massa é o aspecto, pois pode refletir na distribuição da precipitação, na cobertura vegetal, na espessura do solo e na radiação solar, o que influencia a umidade do solo e assim contribui para a sua instabilização de forma direta ou indireta (MOORE et al., 1991; GAO, 1993). Selby (1993), em sua pesquisa,

aponta que a possível causa desta relação entre aspecto e deslizamento está relacionada à insolação que controla o ciclo úmido e seco do solo, promovendo o faturamento do material, o que desenvolve mais macroporos, aumentando a capacidade de infiltração e com isso elevando a poro-pressão da água.

3.2. Movimentos de massa em Cubatão

A região da Serra do Mar no estado de São Paulo possui escarpas florestadas que são fontes valiosas de recursos naturais, protegidas pelo Decreto Federal n. 43.273: “ (...) as florestas da Serra do Mar, tanto de domínio público como de propriedade privada, situadas no município de Cubatão, Comarca de Santos (...)” (CAVALCANTE, 1978). No entanto, com a implantação do Polo Petroquímico, com a instalação da Refinaria Presidente Bernardes em 1955 e da Companhia Siderúrgica Paulista em 1959, o aumento da poluição atmosférica e degradação da cobertura vegetal natural e do solo, fenômenos como deslizamentos tornaram-se mais frequentes e de maior proporção, comprometendo a capacidade de reorganização natural do ecossistema na região.

Segundo Wolle (1988), os deslizamentos translacionais são os mais frequentes na região da Serra do Mar, incluindo em Cubatão, estando fortemente associado à saturação do solo devido à infiltração das águas da chuva, com ocorrência natural nas médias e altas encostas, mesmo naquelas isentas de qualquer intervenção antrópica.

Em suas pesquisas, Domingues et al. (1992) caracterizaram grande diversificação de depósitos heterogêneos na área de Cubatão, dinamizados por deslizamentos de encosta simultâneos, indicando patamares formados por influência morfoestrutural ou por deposição de detritos com alta fragilidade hidromorfológica. Domingues et al. (1987) e Domingues e Silva (1988) apontaram domínio de cicatrizes erosivas em bacias de captação de escarpas altas, expondo paredes rochosas e feições longitudinais, que obedecem o curso da drenagem (DOMINGUES, 2001).

Alguns trabalhos feitos na região da Serra de Cubatão apontaram uma instabilização dos solos pela dinâmica essencialmente vertical da água superficial, associada com sistemas de falhas geológicas, fraturas, diaclases e catáclases (IPT, 1986; WOLLE, 1988; CARVALHO, 2003). Os autores definiram que os deslizamentos mais frequentes na região de Cubatão envolvem porções de solo pouco espessos, cujos limites estão associados à variação da permeabilidade do solo.

3.3. Medição da precipitação no Brasil

No Brasil, nas últimas três décadas foram efetuados avanços consideráveis nas técnicas de sensoriamento remoto da chuva, através de satélites ambientais, o que têm aumentado a disponibilidade e qualidade das estimativas de precipitação que possam ser utilizadas em temas de pesquisa assim como produto operacional, no caso de entidades de hidrologia e meteorologia (ARAÚJO, 2004).

A baixa densidade de postos de medição pluviométrica existente no Brasil é fator determinante para a existência de incertezas nos resultados de diversos modelos hidrológicos que são aplicados no país. Portanto, o uso de técnicas resultantes do sensoriamento remoto da chuva, conjuntamente com produtos de valores pontuais no solo, como é o caso de pluviômetros, fornecem uma ferramenta muito útil para estudos e aplicações relacionados a este tema.

A seguir, são apresentadas informações sobre as técnicas utilizadas para medição de chuva no Brasil, e as técnicas que foram utilizadas para elaboração do banco de dados da presente pesquisa.

3.3.1. Postos Pluviométricos

A rede pluviométrica do DAEE possui um registro diário de índices de chuvas e nível dos principais rios do estado desde a década de 1950. A rede possui atualmente 830 postos de monitoramento em todo o estado de São Paulo, incluindo 600 postos de monitoramento pluviométricos, que são disponibilizados gratuitamente no banco de dados *online* (*Hidroweb*).

A Agência Nacional das Águas (ANA) realiza o monitoramento hidrometeorológico em todo o território brasileiro, com cerca de 4540 estações de monitoramento em operação, totalizando 27% das 14822 existentes em todo o país (ANA, 2017). As estações são operadas por entidades parceiras e contratadas pela ANA, e são estrategicamente localizadas em várias bacias hidrográficas brasileiras. No mapa da Figura 3 estão apresentados os postos pluviométricos dos seguintes órgãos: INMET, ANA, DAEE e Alerta Rio (PEREIRA FILHO et al, 2018).

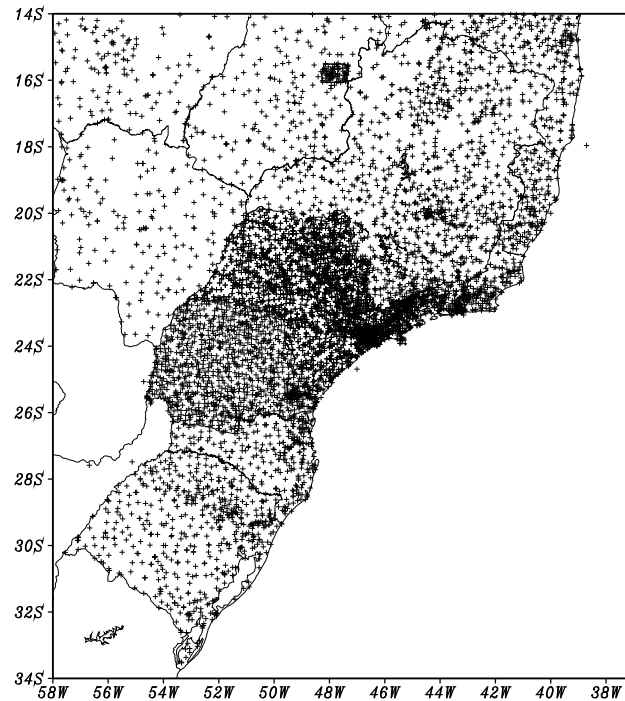


Figura 3. Postos pluviométricos existentes no Brasil.

Fonte: Pereira Filho et al, 2018.

O objetivo de um posto pluviométrico é produzir uma série ininterrupta da precipitação em determinado local ao longo dos anos (BERTONI e TUCCI, 2001). Porém, existem algumas falhas nesses dados que devem ser levadas em conta para a utilização destes. Como exemplo, falhas na observação, que pode ser causada tanto por erro técnico da pessoa responsável (ou ausência do mesmo) quanto pela falha do próprio aparelho de registro. Portanto, é necessário executar uma análise preliminar do dado coletado antes de ser utilizado para estudos, com o objetivo de detecção de erros grosseiros e posterior preenchimento destas falhas detectadas (BARBOSA, 2013).

3.3.2. Satélites e radares

A estimativa de precipitação por satélite vem se firmando na atualidade como um grande benefício para a meteorologia, visto que a rede pluviométrica brasileira apresenta deficiências consideráveis (VIANELLO e ALVES, 1991). Para estimar a precipitação utilizando os diversos canais espectrais dos satélites, podem ser utilizados algoritmos computacionais, de natureza empírica (CALBETE et al., 2003). A utilização deste tipo de medição teve início na década de 1970 no Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, em São José dos Campos, SP.

Devido à baixa densidade de estações meteorológicas existentes no território brasileiro, em 1993 foi lançado o Satélite de Coleta de Dados (SCD), o pioneiro em dados meteorológicos. Embora o Brasil não disponha de satélites meteorológicos próprios, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) possui uma variedade de produtos operacionais que foram desenvolvidos ou adaptados no Brasil, como por exemplo o GOES-16, que transmite informações a cada 15 minutos. O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do INPE, é o responsável por desenvolver produtos e aplicações de satélites, sendo considerado o mais importante Centro de Meteorologia operacional da América do Sul (PORTAL BRASIL, 2017).

Os radares meteorológicos, também chamado radar de vigilância do tempo (RVT) e radar meteorológico Doppler, diferentemente dos satélites, são instalados na superfície terrestre, funcionando como uma antena. Dados de refletividade, velocidade e largura espectral são extraídos dos sinais refletidos pelos radares pela dispersão em alvos meteorológicos, em tempo real, por um processador digital. Estes dados são processados em computadores para que se possa obter os dados meteorológicos de interesse. Na figura 4 abaixo estão representados os radares existentes no país, representados por circunferências.

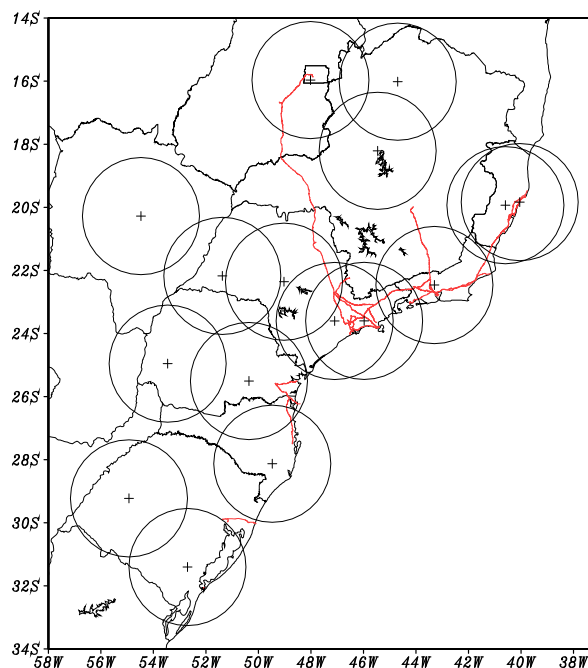


Figura 4. Radares na área de estudo: símbolo + indica a posição dos radares meteorológicos e o círculo no seu entorno representa sua área de estimativa de precipitação.

Fonte: Pereira Filho et al, 2018.

3.4. Relação entre Precipitação e Movimentos de Massa: histórico

O entendimento de que a precipitação é o principal fator gerador de deslizamentos e corridas fez com que vários estudiosos seguissem em estabelecer um coeficiente de precipitação - um valor de precipitação que, quando ultrapassado, resultará em movimento de encosta. A natureza complexa do processo de movimento de massa e a dependência das condições locais (climáticas e fisiográficas) sugerem que esse coeficiente não pode ser estabelecido de forma universal, ou seja, para todas as áreas da Terra, e, portanto, a maioria das pesquisas se concentrou em análises baseadas em áreas específicas (GARLAND e OLIVIER, 1993).

A seguir, serão apresentados, de forma resumida, alguns modelos de relação entre chuvas e deslizamentos presentes na literatura, tanto internacional, quanto nacional.

3.4.1. Exemplos internacionais

3.4.1.1. China

Zhuang et al (2015), em sua pesquisa, fazem uma análise dos parâmetros de precipitação (intensidade/duração) de 47 eventos de corridas de detritos que ocorreram na região da encosta de Jiangjia, Província de Yunnan, na China. Os autores utilizaram dados de eventos ocorridos em 1993, 1994, 1998 a 2001, 2004 e 2006, nos quais a precipitação durou de 3 a 6 horas, com apenas 3 eventos de duração menor que 1 hora.

Zhuang et al (2015) consideraram as seguintes definições:

- Intensidade: precipitação total do evento dividida pela duração;
- Evento de precipitação: a precipitação medida desde o início de uma tempestade até a ocorrência de um fluxo de detritos, sendo o começo de uma tempestade a ocorrência de precipitação não superior a 0,1 mm durante 3 h (ou mais);
- Duração do evento de precipitação: definida como o tempo que decorre desde o início de uma tempestade até a ocorrência de uma corrida de detritos;

- Precipitação efetiva antecedente: efeito real da chuva no teor de água do solo antes de um evento de chuva que desencadeou uma corrida de detritos.

Os autores construíram gráficos de probabilidade de ocorrência (90%, 70% e 50%) de corridas de detritos, correlacionando intensidade com duração do evento de precipitação, e evento de precipitação com duração do evento para a área de estudo. Zhuang et al (2015) concluíram que a precipitação antecedente não é fator significativo de desencadeamento de corridas de detritos na região de estudo, enquanto que a precipitação do evento se mostrou mais significativa.

De forma análoga, Ma et al (2015) estabeleceram limiares de intensidade/duração de precipitação para deslizamentos de terra na região da Província de Zhejiang, região costeira sudeste da China. Foram analisados 1569 casos de deslizamentos superficiais ocorridos de 1990 a 2013, com dados de 2457 pluviômetros instalados na região.

Como resultados, Ma et al (2015) afirmam que o limiar varia espacialmente na região e é principalmente afetado pelo material que forma a encosta e gradientes de inclinação. Segundo os autores, diferentes tipos de solo possuem diferentes limiares: rocha intemperizada possuem limiares geralmente mais altos do que lâminas de solo, enquanto que, em locais de solo-rocha intemperizada, o gradiente de inclinação não possui influencia obvia no limiar quando o ângulo é menor que 30°, e quando é maior que 40° o limiar de precipitação diminui rapidamente.

3.4.1.2. Estados Unidos da América

Campbell (1975) fez um estudo na área montanhosa de Santa Mônica (Califórnia, EUA), analisando casos de deslizamentos ocorridos de 1962 a 1971. Como resultado, o autor observou que, quando a hora de ocorrência do deslizamento pôde ser documentados ou inferida de forma confiável, a intensidade da chuva em medidores de gravação próximos excedia 5 mm em 1 hora, e quase todos ultrapassavam 6,35 mm em 1 hora. Além disso, Campbell (1975) observou que nos poucos casos de corridas de detritos ocorridos na região (que foram interpretados como originados por deslizamentos de solo), a precipitação anterior ao evento foi de 254 mm.

Nilsen et al. (1976), juntamente com Nielsen e Brabb (1977), encontraram um limiar crítico na região da Baía de São Francisco, Santa Cruz e Los Angeles, na Califórnia (EUA). Estabeleceram um limiar de 150 a 200 mm, sucedendo período chuvosos na faixa de 250 a 380 mm. Segundo os autores tais limiares são suficientes para deflagrar ocorrências generalizadas nas encostas daquelas regiões. O estudo, entretanto, não definiu a duração das chuvas (intensidades horária ou diária), o que dificultou a implantação de sistemas de alerta de deslizamentos decorrentes de chuvas intensas naquela época (D'ORSI, 2011).

Wieczorek (1987) propôs um limiar para a região montanhosa de Santa Cruz, na Califórnia. O autor analisou a implicação da intensidade e duração da precipitação em eventos de deslizamentos (registros de 1975 a 1984), concluindo que tais informações possuem influência sobre a deflagração de corridas de detritos vinculadas à precipitação antecedente crítica em períodos de 7 a 30 dias, com um valor mínimo de 280 mm de chuva.

3.4.1.3. Hong Kong

Lumb (1975) fez uma análise de chuva e deslizamentos para Hong Kong, no período de 1950 a 1973. Em seu estudo, o autor levou em consideração aspectos fisiográficos como inclinação do talude e tipo de solo, e as chuvas características da cidade devido à localização geográfica. O autor definiu o critério para classificação dos deslizamentos segundo acumulados ao longo do dia do evento (24 horas) e acumulados de 15 dias anteriores ao evento.

Na Figura 5, é mostrado o gráfico da relação de Lumb (1975) e as categorias de deslizamentos definidas em seu estudo. Por exemplo, um evento severo seria esperado se a chuva acumulada em 1 dia fosse aproximadamente de 100 mm, e a chuva acumulado nos 15 dias anteriores fosse cerca de 200 mm.

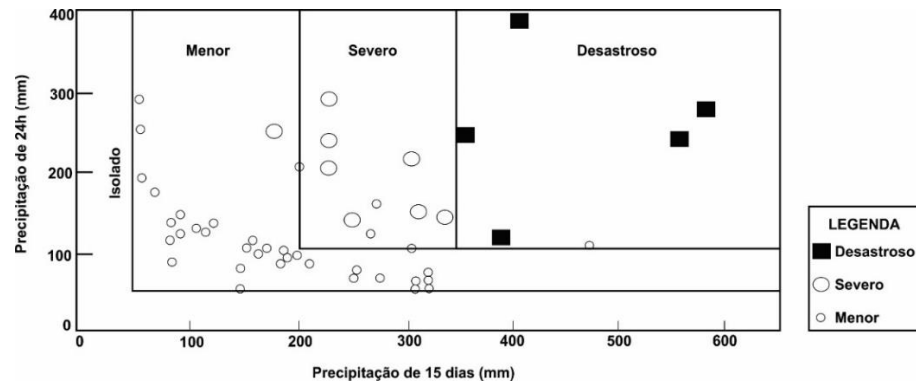


Figura 5. Relação de chuva x deslizamento em Hong Kong, segundo Lumb (1975).

Premchitt et al. (1992), Kay e Chen (1995) e Pun et al. (2003) revisaram as correlações e os critérios de alerta de deflagração de movimentos de massa propostos por Lumb (1975), em Hong Kong, utilizando dados posteriores a 1973 em suas pesquisas.

Na década de 1980, Brand et al. (1984) também fizeram uma análise de relação em Hong Kong, em comparação com a proposta de Lumb (1975), demonstrando que somente a chuva de 24 horas está relacionada, de fato, à ocorrência de deslizamentos, e, portanto, chuvas antecedentes de 15 dias não seriam fatores principais, exceto em alguns casos excepcionais. Na pesquisa, os autores concluíram que a maior parte das rupturas de talude relacionadas a deslizamentos foi ocasionada por chuvas localizadas de curta duração e alta intensidade. Outra conclusão foi que chuvas inferiores a 100 mm/ 24 horas provavelmente não acarretariam ocorrência de deslizamentos com vítimas. A relação realizada pelos autores encontra-se na Figura 6.

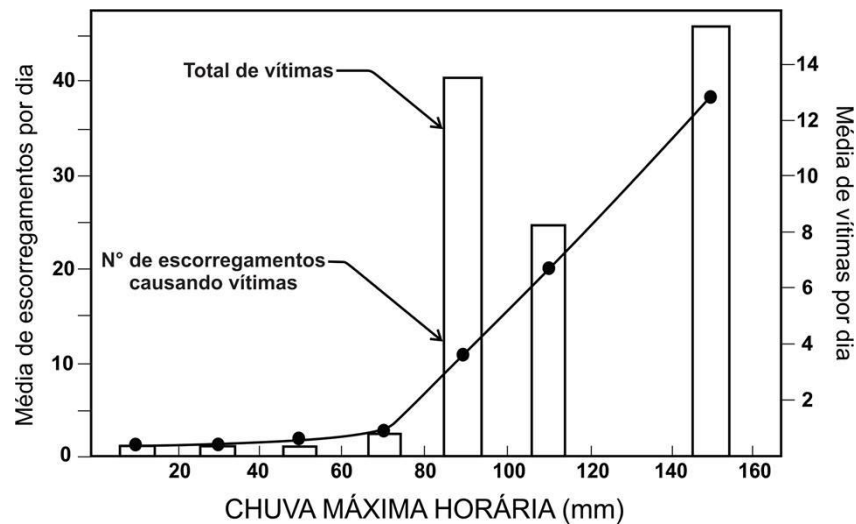


Figura 6. Relação chuva máxima horária x deslizamentos, de 1963 a 1982, em Hong Kong.
Fonte: modificado de Brand et al. (1984).

Au (1993) deu continuidade à análise de relação entre chuvas e deslizamentos em Hong Kong, utilizando dados provenientes de 24 eventos de chuva e registros de movimentos de massa do período de 1982 a 1989. Como resultado, o autor observou que chuvas diárias superiores a 70 mm provocavam rupturas de talude (alta probabilidade de ocorrência de deslizamentos), e algumas vezes até com precipitação inferior a 50 mm (baixa probabilidade de deslizamentos).

Em sua pesquisa, Kirschbaum et al. (2012) sugerem que a coocorrência de precipitação e deslizamentos pode servir como um indicador valioso para caracterização espaço-temporal da distribuição de áreas sujeitas a deslizamentos. Em vez de informações detalhadas da superfície, os autores basearam-se em comparações estatísticas ou empíricas de eventos de chuvas e deslizamento de terras em áreas para caracterizar suas distribuições espaciais e temporais, em escalas locais ou regionais, tendo como base eventos de deslizamentos de terra históricos e valores medidos de precipitação (CAINE, 1980; LARSEN e TORRES, 1993; GUZZETTI et al., 2008; LEPORE et al., 2012). Os autores estudaram áreas da América Central, Himalaia e China.

3.4.1.4. Itália

Giannecchini et al (2016) estabeleceram limiares de precipitação para deflagração de corridas de detritos na região de Carrara, Alpes Apuanos, na Itália, uma das áreas mais chuvosas no país. Foram definidos três limiares segundo a intensidade de precipitação/duração do evento de precipitação, acumulado de

precipitação/duração e acumulado normalizado (pela média anual da região)/intensidade da precipitação. Os autores utilizaram dados de três pluviômetros do período de 1950 a 2005, e foram separados os eventos que geraram corridas de detritos e os que não geraram.

Giannecchini et al (2016) utilizou regressão logística para elaboração das curvas de probabilidade de ocorrência de corridas de massa (de 10% a 90% de probabilidade). Cada pluviômetro possui distintas elevações e períodos de operação; consequentemente, os limiares foram definidos para cada pluviômetro e para toda a área. O melhor ajuste foi definido para 40% de probabilidade de ocorrência (para os três pluviômetros e para os três limiares), segundo o método estatístico utilizado pelos autores.

Em sua pesquisa, Destro et al (2017) examinou a distribuição espacial da profundidade das chuvas em áreas de até 10 quilômetros dos pontos de início de corrida de detritos em função do período de retorno, e essas informações foram utilizadas para analisar os erros esperados na estimativa da corrida desencadeadas pela chuva quando dados de pluviômetros são utilizados.

Em seu trabalho, Destro et al (2017) também analisou as consequências na estimativa de corrida de detritos baseada em estações pluviométricas quando diferentes métodos de interpolação (vizinho mais próximo, ponderação de distância inversa e krigagem comum) e diferentes densidades de estações são usados para estimar a precipitação que causa corridas de detritos.

3.4.2. *Exemplos Brasileiros*

3.4.2.1. Proposta de Guidicini e Iwasa (1976)

Guidicini e Iwasa (1976) foram responsáveis pelo primeiro trabalho brasileiro relevante sobre o tema precipitação *versus* deslizamentos. O trabalho objetivou elaboração de cartas de periculosidade à ocorrência de deslizamentos em diferentes regiões. De seus estudos em diferentes áreas, a maioria delas na região Sudeste (Caraguatatuba, Baixada Santista, Rodovia dos Imigrantes, Rodovia Anchieta, Serra das Araras - RJ e Sul de Minas Gerais), uma no Sul (Vale do Tubarão - SC) e uma no Nordeste (Serra de Maranguape, Ceará), os autores concluíram que valores diários

acima de 20% da média anual são favoráveis à deflagração de grandes eventos de deslizamentos (SOARES, 2006).

Ainda sobre sua pesquisa, Guidicini e Iwasa (1976) afirmam que “episódios de chuva intensa superiores a aproximadamente 12% da pluviosidade média anual tendem a provocar deslizamentos. Para que tais episódios atinjam o caráter de catástrofe, é preciso que superem a 20% da pluviosidade média anual” (op. cit., p.18). Os autores ainda procuraram avaliar a importância dos últimos 3, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias anteriores de precipitação na ocorrência dos episódios de deslizamentos.

Os autores introduzem a noção de coeficientes, que são:

- Coeficiente de Ciclo (Cc): representa a porcentagem de precipitação acumulada até a data da ocorrência do deslizamento em relação à média pluviométrica anual e o coeficiente de episódio (relação entre a precipitação do episódio e a média anual). Esse coeficiente tem como função avaliar a precipitação de um período mais longo de tempo, o que possibilita prever com certa antecedência condições que poderão desencadear deslizamentos;
- Coeficiente do Episódio (Ce): calculado dividindo-se o registro pluviométrico do episódio pela média anual de pluviosidade;
- Coeficiente Final (Cf): soma dos dois coeficientes anteriores.

Foram elaboradas cartas de periculosidade para cada área estudada pelos autores, e cada carta apresenta a curva de precipitação acumulada média mensal associada a cada faixa de risco definida. As zonas definidas no gráfico representam as condições de ocorrência de deslizamentos, sendo a “Zona A” a mais crítica, em que 100% dos eventos pluviométricos causam ruptura, “Zona B” 67% de risco, “Zona C” 31% e a “Zona D” com risco nulo.

Abaixo seguem as curvas elaboradas especificamente para Caraguatatuba (SP) e Rio de Janeiro (RJ).

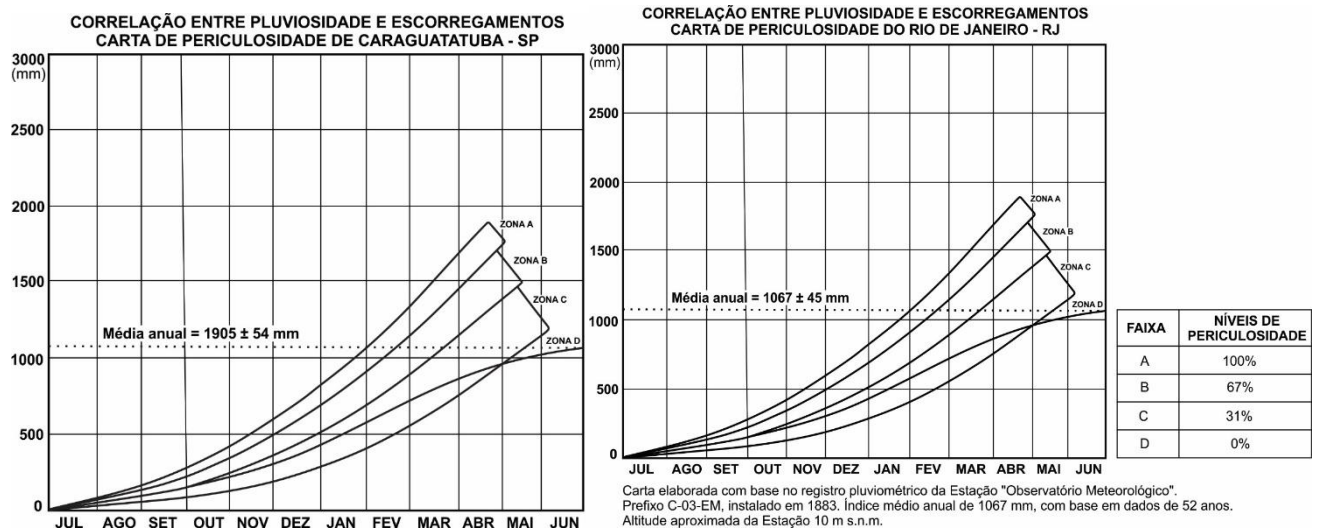


Figura 7. Proposta de correlação de Guidicini e Iwasa (1976) para a serra do Mar, SP, específica para Caraguatatuba, SP e Rio de Janeiro, RJ.

Fonte: Guidicini e Iwasa (1977).

Guidicini e Iwasa (1976) realizaram o primeiro trabalho que se trata desta temática. No entanto, algumas limitações que foram observadas puderam ser levadas em consideração nos trabalhos subsequentes, tais como a duração do evento chuvoso selecionado (limiar) e as diferentes características fisiográficas de cada área analisada (BONUCELLI, 1999).

3.4.2.2. Proposta de Tatizana et al. (1987a, b)

Diferentemente de Guidicini e Iwasa (1976), Tatizana et al. (1987a, b) consideram a chuva acumulada de 4 dias como determinante para o processo de deslizamento, com base em seus estudos de deslizamentos realizados durante 30 anos na Serra do Mar, região de Cubatão (SP).

Os estudos de Tatizana et al. (1987a, b) consideraram os eventos de chuva de 1956 a 1986 (30 anos), cujos valores de precipitação ultrapassasse 100 mm em 24 horas, 150 mm em 48 horas e 200 mm em 72 horas. Foram selecionados 35 eventos no total, onde 17 não possuíam registros de ocorrência de deslizamentos. Foram coletados dados horários de chuva para um período de sete dias anteriores a cada evento e também do dia posterior de cada evento.

Como resultado, os autores chegaram a conclusão de que a chuva acumulada de 4 dias apresenta menor dispersão dos dados em relação a chuva acumulada de 2 e 8 dias, ou seja, Tatizana et al. (1987a, b) concluíram que existe uma maior correlação entre chuva acumulada de 4 dias e ocorrência de deslizamentos. No

entanto, essa correlação não explica alguns fatos, como deslizamentos ocorridos em 1981 com valores superiores a 300 mm de precipitação acumulada em 4 dias sem ocorrência de deslizamentos, explanado pelos próprios autores na pesquisa (BONUCCELLI, 1999).

Tatizana et al. (1987a, b) estabelecem o Coeficiente de Precipitação Crítica (CPC), que mede a suscetibilidade de deslizamentos com a evolução da precipitação, sendo um índice adimensional. Para valores do CPC acima de 1,0 os deslizamentos ocorrem, ou seja, quando ultrapassam a envoltória dos deslizamentos, sendo a intensidade proporcional ao aumento do CPC.

$$CPC = \frac{I_i}{IAci}, \text{ onde:}$$

I_i = intensidade horária (mm/h) registradas na hora i ;

$IAci$ = intensidade horária crítica para a ocorrência de deslizamentos (mm/h);

$IAci = K \times Aci^{(-b)}$.

No cálculo do CPC, para os 17 eventos sem registros de deslizamentos, Tatizana et al. (1987) adotaram I_i mínima de 10 mm/h, uma vez que não existindo deslizamento não havia ponto referencial horário para estabelecimento da intensidade de chuvas acumuladas.

A equação que representa a curva da envoltória de deslizamento ($IAci$) é utilizada para se obter o CPC, cujos valores são a base para tomada de decisões no PPDC de Cubatão, conforme apresentado na Figura 8. O cálculo desta equação é explicado a seguir.

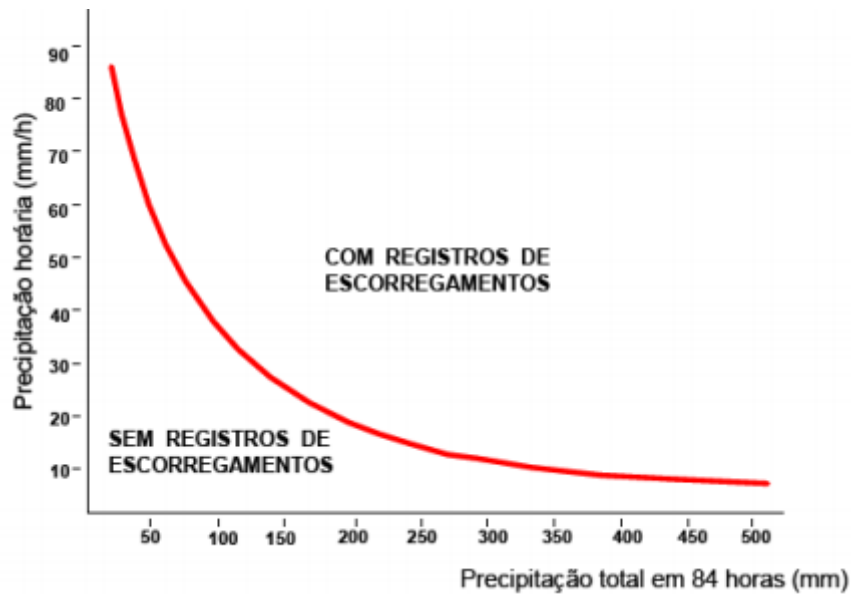


Figura 8. Esquema de Envoltórias de escoamentos para os setores de Cubatão (SP), elaborado por Tatizana et al. (1987a, b).

Cálculo das Envoltórias de deslizamentos (TATIZANA et al., 1987a,b)

Como resultado da pesquisa, os autores estabeleceram a seguinte relação numérica para Cubatão, com base nas condições geotécnicas e climáticas locais:

$$I_{Aci} = K \times Aci^{(-b)}, \text{ onde:}$$

I_{Aci} = intensidade horária crítica para a ocorrência de deslizamentos (mm/h);

K e b = constantes de relação geométrica;

Aci = valor de precipitação acumulada nos 4 dias anteriores ao evento (mm).

Os valores das constantes “K” variam de acordo com cada setor que foi definido para a região das encostas da Serra em Cubatão. Os setores foram definidos segundo a localização das instalações industriais presentes na área, englobando as bacias de drenagem que alcançam as instalações e considerando suas respectivas características geológico-geotécnicas frente a ocorrência de processos geológicos exógenos, representados na Figura 9.

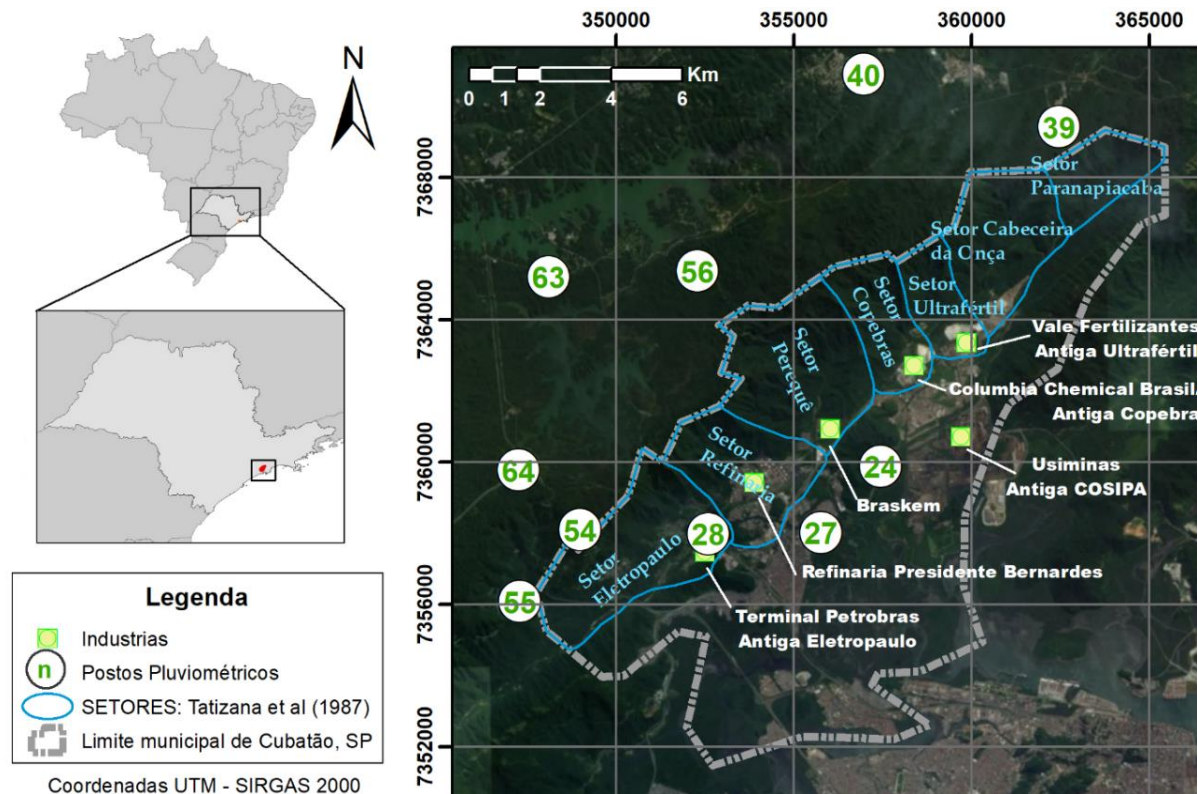


Figura 9. Setores definidos por Tatizana et al. (1987 a) para Cubatão.

As envoltórias de escorregamentos foram definidas para diferentes tipos de escorregamentos, que são:

- Induzidos: ocorrem por fatores principalmente antrópicos (por exemplo: lançamentos concentrados de águas pluviais; vazamento de redes de abastecimento de água; infiltração de águas de fossas sanitárias; cortes realizados com declive e alturas excessivas; aterros construídos de forma inadequada; descarte inadequado de lixo; remoção da cobertura vegetal);
- Esparsos: isolados no tempo e no espaço;
- Generalizados: vários ocorrendo ao mesmo tempo e em vários lugares;
- Corridas de lama.

Os critérios que os autores utilizaram para cálculo de “K” e “b” se basearam no estudo do evento que ocorreu em janeiro de 1985 em quase todos os setores da serra do município de Cubatão, caracterizando um escorregamento generalizado. Foi calculada a densidade de escorregamentos em cada setor, por meio da distribuição das cicatrizes. Constatou-se que a maioria das cicatrizes se encontra nos setores

Copebras e Ultrafértil, diminuindo a frequência em direção ao sub-setor Paranapiacaba e Eletropaulo. Segundo Tatizana et al. (1987a, b), essas diferenças constatadas se devem a fatores tanto físicos - declividade, forma da encosta, grau de degradação da encosta, litologia -, como também a fatores externos, como variação na taxa de precipitação.

Como produto da pesquisa, foram realizados gráficos com as curvas de relação resultantes, pelo método do mínimo quadrado, para cada setor. Resumindo o produto final da pesquisa de Tatizana et al. (1987 b), foram estabelecidas as seguintes equações para cada setor e cada tipo de evento:

Quadro 4. Cálculo da Intensidade para cada setor da Serra de Cubatão.

Setor	Escorregamentos induzidos	Escorregamentos esparsos	Escorregamentos generalizados	Corridas de lama
Setor Eletropaulo	$I_{Ac}=3467 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=4767 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=7260 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=14180 \times A_{ci}^{(-0,933)}$
Refinaria + Cabeceira da Onça	$I_{Ac}=2603 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=3579 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=5466 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=10646 \times A_{ci}^{(-0,933)}$
Perequê	$I_{Ac}=2357 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=3240 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=4949 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=9640 \times A_{ci}^{(-0,933)}$
Copebras + Ultrafértil	$I_{Ac}=2033 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=2795 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=4269 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=8314 \times A_{ci}^{(-0,933)}$
Paranapiacaba + Ultrafértil	$I_{Ac}=3945 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=5424 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=8284 \times A_{ci}^{(-0,933)}$	$I_{Ac}=16133 \times A_{ci}^{(-0,933)}$

3.4.2.3. Proposta de Cerri et al. (1990)

Cerri et al. (1990), com base nas propostas de Tatizana et al. (1987) e IPT (1989), elaboram uma adaptação do coeficiente de ciclo (Cc), chamado Coeficiente de Ciclo Móvel (CCM), calculado a partir da relação entre a chuva acumulado de junho até a data do evento e a chuva acumulada média nesse mesmo período:

$$CCM = \frac{Ac \text{ (Junho-}i\text{)}}{Ac \text{ normal (Junho-}i\text{)}}, \text{ onde,}$$

*Ac (Junho-*i*)* = valor de precipitação acumulada de junho até o dia *i* do evento (mm);

*Ac normal (Junho-*i*)* = soma da precipitação normal dos meses de junho até o mês do dia *i* que ocorreu o evento;

Precipitação normal = divisão entre precipitação média mensal pelo número de dias do mês correspondente ao evento ocorrido no dia *i*.

A finalidade da pesquisa de Cerri et al. (1990) foi de implantar um Plano Preventivo da Defesa Civil nos municípios da Baixada Santista e Litoral Norte do

estado de São Paulo, para minimizar os problemas causados por deslizamentos de encostas (SILVA JÚNIOR, 2016).

Cerri (1993) apresenta um método para Planos Preventivos em que o CCM é tomado como parâmetro que pode indicar ocorrência de deslizamentos. O autor analisou os valores de CCM para acidentes geológicos graves ocorridos em Caraguatatuba, em 1967, e Petrópolis, em 1988. Cerri (1993) concluiu que nos meses anteriores aos eventos, os valores de CCM eram bastante superiores ao normal ($CCM > 1$), provando, assim, a eficácia do uso deste coeficiente para o desencadeamento de medidas preventivas para o PPDC. Contudo, o autor ressalta que valores elevados de CCM não garantem com absoluta certeza que acidentes geológicos ocorram, mas levam a uma indicação precisa para a prevenção que consta no PPDC.

O CCM pode ser adotado, segundo Cerri (1993), tanto para áreas da Baixada Santista como para o Litoral Norte, fixando um limite de $CCM \geq 1,2$ como alta probabilidade de ocorrência de catástrofes.

3.4.2.4. Proposta de Pedrosa (1994)

Em sua pesquisa, Pedrosa (1994) ressalta que, mesmo diante de índices pluviométricos baixos, a ocorrência de eventos catastróficos pode ser desencadeada em taludes pela infiltração, que ocorre em virtude das condições internas do maciço, como grau de saturação, teor de umidade, índice de vazios, topografia geomorfologia e litologia (AZEVEDO, 2011).

Pedrosa (1994) analisou a relação entre chuva e deslizamentos no Rio de Janeiro (RJ), objetivando a proposta de um Sistema de Alerta para a cidade. A autora se baseou em trabalhos feitos para Hong Kong, que apresentam características semelhantes ao Rio de Janeiro. Pedrosa (1994) selecionou 543 eventos registrados de deslizamentos no período de 1982 a 1989. Tendo estes dados, a autora analisou as propostas de Lumb (1975), Brand et al. (1984), Tatizana et al. (1987) e Guidicini e Iwasa (1976). A autora fez uma análise dos coeficientes propostos por Guidicini e Iwasa (1976) e redefiniu o Coeficiente de Ciclo, propondo um Sistema de Alerta baseando-se nesses índices.

3.4.2.5. Proposta de Gusmão Filho (1997)

Gusmão Filho (1997) fez seu estudo nos morros de Olinda (PE), a partir de monitoramento de níveis piezométricos, correlacionando com a estabilidade das encostas. O autor concluiu que a instabilidade da encosta resulta na ação combinada entre a intensidade de precipitação acumulada (de janeiro até a data), com a ocorrência de uma precipitação diária com intensidade mínima na data do evento. Com isso, o autor definiu o parâmetro R, que consiste no produto da chuva de 24 horas pela chuva acumulada até a data do evento. Definiu-se o valor de $R=60000 \text{ mm}^2$ como sendo representativo de movimento iminente, sendo que, a partir desse valor de R, o nível d'água permanece em seu valor máximo.

$R = Pac \times I$, onde:

Pac = intensidade de precipitação acumulada (de janeiro até a datado evento);

I = precipitação diária com intensidade mínima na data do evento.

Por exemplo, se o valor da chuva acumulada é de 600 mm, bastaria uma chuva de 100 mm para que o maciço seja instabilizado, podendo ocorrer uma catástrofe.

3.4.2.6. Proposta de Ide (2005)

Ide (2005) realizou um estudo de relação entre deslizamento, meteorologia e precipitação no município de Campinas (SP). Em seu trabalho, propôs-se uma metodologia para investigações dos aspectos de meteorologia mais favoráveis para a deflagração dos movimentos de massa e da relação entre chuva e deslizamento. A autora aplicou a metodologia em Campinas com dados de 1997 a 2004, tendo como resultado o valor de chuva antecedente de 50 mm em 7 dias. Porém, a própria autora achou o resultado insatisfatório. Então, os dados foram separados segundo a litologia local, apresentando resultados mais satisfatórios. O melhor resultado foi para 7 dias de chuva acumulada com 78 mm de precipitação.

3.4.2.7. Proposta de Tavares et al. (2005)

Tavares et al. (2005) elaborou um estudo que objetivou analisar os totais de chuvas de 131 ocorrências de movimentos de massa, associando uma análise

pluviométrica da área ao longo de 14 anos, de 1991 a 2004. A área do estudo abrangeu os municípios de São Vicente, Santos, Cubatão e Guarujá.

Como resultado do trabalho, os autores tiveram como objetivo obter dados para subsidiar a Defesa Civil Estadual e prefeituras municipais. Tavares et al. (2005) constataram que o índice deflagrador das ações previstas no PPDC, representado pela chuva acumulada de 100 mm em 72 horas, para os municípios da Baixada Santista, era satisfatório. Vale ressaltar que em 2016 esse limiar foi modificado para 80 mm.

3.5. Sistemas de Alerta Meteorológicos

Um Sistema de Alerta Prévio para deslizamentos de terra inclui, além de monitoramento em tempo real das condições locais, conhecimentos como condições geológicas, identificação dos elementos de risco, análise do mecanismo de movimentação da encosta, considerações sociais e conhecimentos de especialistas (JU et al, 2015).

De modo geral, um Sistema de Alerta pode ser definido como:

“um conjunto de capacidades necessárias para gerar e disseminar, com tempo e de forma compreensível, informações que possibilitem que indivíduos, comunidades e organizações vulneráveis a desastres possam se preparar e agir, de forma apropriada e em tempo suficiente, para reduzir sua possibilidade de sofrer danos e/ou perdas” (UNISDR, 2018).

Ao trabalhar em grandes áreas (por exemplo, milhares de quilômetros quadrados), a carga computacional necessária e a dificuldade em avaliar a organização espacial de parâmetros geotécnicos impedem a aplicação de modelos baseados fisicamente (SEGONI et al, 2014a, b).

Em seu estudo, Ju et al (2015) estabelece um Sistema de Alerta prévio para o Sudoeste da China, assim como monitoramento em tempo real do deslizamento. O Sistema de monitoramento é composto por vários sensores instalados no local de risco, que são interconectados e os dados são encaminhados para um centro de monitoramento via wireless. Dentre os sensores instalados, estão os extensômetros, sensores de deslocamento do solo, sensores hidráulicos, inclinômetro e posto pluviométrico. Segundo os autores, é necessário um entendimento e adesão completos à cadeia de informação pois qualquer erro pode perturbar

significativamente o resultado do aviso prévio e a emissão de um falso alarme pode prejudicar a confiabilidade do sistema.

O sistema estabelecido por Ju et al (2015) foi aplicado em um estudo de caso, em Kaiyang, província de Guizhou, China. Como resultado, os autores ressaltam que o sistema foi projetado para ser flexível, de modo que, se necessário, os limiares de deflagração de escorregamento podem ser alterados de acordo com a situação prática. Segundo Ju et al (2015), o problema mais complexo é o alerta para o público, pois a mensagem de alerta de risco é considerada apenas como um potencial perigo, não um perigo iminente. Então, se alguma ação precisa ser feita imediatamente, ou após um período de tempo da emissão do aviso, essas questões tornam a determinação final do risco muito mais difícil na operação prática. Por este motivo, torna-se imprescindível um Plano Preventivo para que a população seja evacuada no momento certo para que se evite grandes tragédias.

Segundo Baum e Godt (2010), os limiares de precipitação para ocorrência de deslizamentos são úteis na restrição quando é provável que ocorram deslizamentos de terra; no entanto, eles não são espacialmente explícitos. Para responder de forma eficaz, os gestores de emergência e o público precisam saber quais áreas estão incluídas no alerta; caso contrário, eles podem não reagir de forma eficaz.

Embora a previsão dos locais exatos dos deslizamentos de terra de uma determinada precipitação extrema não seja possível, os mapas de suscetibilidade ou de probabilidade do deslizamento podem identificar as áreas em que os escorregamentos podem ser esperados, considerando-se o limiar de precipitação excedente (BAUM e GODT, 2010).

Vários tipos de informação, juntamente com uma infraestrutura operacional para monitoramento, previsão e verificação devem estar em vigor antes que uma agência possa emitir alertas de escorregamentos que contenham detalhes suficientes sobre o tempo, a localização e a magnitude dos escorregamentos em potencial para serem úteis aos tomadores de decisão e ao público em geral (BAUM e GODT, 2010).

Trabalhos sobre o tema podem ser achados na literatura, como Terzis et al. (2006), Yin et al. (2010), Rosi et al. (2011), Kotta et al. (2011), Intrieri et al. (2012) e Ramesh (2014).

3.5.1. Plano Preventivo da Defesa Civil (PPDC)

A preocupação com os danos decorrentes dos movimentos de massa ocorridos no Brasil e no mundo fez com que, a partir da década de 1990, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabelecesse um programa que visa à transferência de tecnologia e informação para a mitigação de tragédias ocasionadas por este fenômeno.

Segundo dados do Centro de Pesquisa de Epidemiologia em Desastres (CRED) da Organização Mundial da Saúde (OMS), o Brasil está entre os dez países mais afetados por desastres no mundo (EM-DAT, 2008). Neste contexto, Augusto Filho (1992) e Gramani (2001) elaboraram o levantamento dos acidentes mais importantes envolvendo movimentos de massa no Brasil. As áreas mais susceptíveis a ocorrência desses processos no país são as áreas no sopé da Serra do Mar, da Serra da Mantiqueira e Serra Geral, estendendo-se desde a região Sul até a região Norte.

A partir dos desastres que ocorreram na região da Serra do Mar no verão de 1987 e 1988, resultando em várias mortes e danos materiais, o Estado tomou a iniciativa da criação dos Planos Preventivos da Defesa Civil (PPDC), que são um conjunto de medidas não estruturais que objetivam minimizar/evitar os danos causados por deslizamentos ou corridas de massa, por meio da retirada preventiva ou temporária da população de áreas de risco.

O PPDC foi implantado em 5 regiões do estado de São Paulo, que monitora 66 municípios atualmente. Dos municípios, 8 são do Litoral (Baixada Santista e Litoral Norte), 7 da região do ABCD Paulista, 11 da região de Sorocaba, 1 da região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira e 21 da região do município de Campinas.

Cerri (1993), em seus estudos, preparou os Planos Preventivos da Defesa Civil, baseando-se na definição dos coeficientes de alerta, o que conduziu a inserção de bases normativas técnicas de entrada e saída para Sistemas de Alerta, estabelecendo os níveis denominados observação, atenção, alerta e alerta máximo para as regiões estudadas, descritos no quadro 5.

Quadro 5. Níveis do PPDC e principais ações correspondentes (apostila PPDC).

NÍVEL	CRITÉRIOS DE ENTRADA	PRINCIPAIS AÇÕES
OBSERVAÇÃO	Início da vigência do PPDC	Acompanhamento dos índices pluviométricos
ATENÇÃO	Acum. 3 dias e previsão meteorológica	Vistoria de campo nas áreas de risco anteriormente identificadas
ALERTA	Registro de feições de instabilidade durante vistoria	Remoção preventiva da população das áreas de risco iminente indicadas pelas vistorias
ALERTA MÁXIMO	Registro de deslizamentos na área de risco ou suas proximidades e previsão meteorológica	Remoção de toda a população que habita áreas de risco

O Decreto Estadual nº 42.565, de 1º de dezembro de 1997, redefine o Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), específico para deslizamentos nas encostas da Serra do Mar no Estado de São Paulo. O Plano Preventivo abrange os municípios de Cubatão, Guarujá, Santos e Bertioga, localizados na Baixada Santista, e Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba, localizados no Litoral Norte.

O PPDC entra em operação anualmente, com a participação do Instituto Geológico (IG), a Defesa Civil Estadual e o IPT, e envolve o monitoramento dos índices pluviométricos e previsão meteorológica, vistorias de campo e atendimentos de emergência. O principal objetivo do PPDC é evitar a ocorrência de mortes, com a remoção preventiva e temporária da população em risco.

A previsibilidade de condições de chuvas potenciais à ocorrência de deslizamentos está incorporada aos seguintes critérios:

- *Valor Acumulado de Chuvas – VAC*: a partir desta constatação foram definidos valores acumulados de chuvas de 3 (três) dias, diferenciados para cada município, com base na condição pluviométrica que desencadeou os deslizamentos verificados no início de 1988 e em anos anteriores. Desta forma, para os Municípios de Cubatão, Santos, São Vicente e Guarujá adotou-se um acumulado de 80 mm, enquanto que para Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba adotou-se um acumulado de 100 mm (Resolução Cedec, 2016).
- *Coeficiente de Ciclo Móvel – CCM*: indicador da anormalidade do período chuvoso. Para a definição do valor normal foi analisado o registro histórico de cada posto pluviométrico de referência e considerado para fins de monitoramento o valor de 1 (um). Assim, índices de CCM acima de 1,0 são considerados eventos mais chuvosos que o normal. Estudos de relação do

CCM para alguns casos de deslizamentos que já ocorreram na Região da Serra do Mar possibilitaram a determinação do valor do CCM maior ou igual a 1,2 como condição potencial à ocorrência de deslizamentos.

- *Coeficiente de Precipitação Crítica – CPC* (válido somente para Cubatão): índice pluviométrico que mede a suscetibilidade a deslizamentos frente a eventos chuvosos, e que incorpora o papel das chuvas tanto como agente preparatório (chuvas acumuladas) quanto como agente de ação instantânea (chuvas horárias intensas). Para a definição dos valores do CPC foram tomados como referência, estudos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT, que reconheceram a importância de picos intensos de chuva precedidos por um acumulado pluviométrico. Assim, adotaram-se os valores de CPC 0,5, 1,0 e 1,4, para a deflagração dos diferentes níveis do Plano.

4. ETAPAS DA PESQUISA

No Quadro 6 estão especificadas as fases, etapas e as atividades que foram desenvolvidas em cada etapa da pesquisa.

Quadro 6. Fases, etapas e atividades da pesquisa.

FASES	ETAPAS	ATIVIDADES
COLETA E REGISTRO DOS DADOS	Levantamento bibliográfico e de referência	Definição de palavras-chave
		Pesquisa de artigos, teses e trabalhos sobre o tema
		Elaboração do capítulo de Revisão Bibliográfica
	Levantamento dos registros	Levantamento de registros de deslizamentos e corridas de massa nas áreas de interesse (Cubatão, SP)
	Levantamento dos dados de precipitação	Escolha de pontos de interesse para coleta dos dados ANOBES – 2000 a 2015.
ORGANIZAÇÃO, TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	Seleção dos eventos extremos	Seleção dos eventos extremos: precipitação >80 mm / 72 h
		Cruzamento dos dados de ANOBES com os registros: seleção das datas em que existem registros de acidentes e precipitação acumulado em 72 h > 80 mm
	Cálculo dos índices de desempenho	Cálculo dos seguintes índices considerando o banco de eventos extremos: Probabilidade de Detecção (POD) Taxa de Falso Alarme (FAR) Índice de Sucesso Crítico (CSI)
	Análise estatística	Análise estatística da chuva acumulada de até 6 meses para os eventos extremos aplicando testes estatísticos
FORMULAÇÃO DAS CONCLUSÕES		

As fases da pesquisa foram definidas de acordo com Cerri (2013). O autor afirma que a pesquisa científica possui, no mínimo, três grandes fases: coleta e registro dos dados; organização, tratamento e interpretação dos dados; e formulação das conclusões.

A seguir, são apresentadas detalhadamente todas as etapas da pesquisa e as atividades pertinentes.

4.1. Levantamento bibliográfico de referência

A primeira etapa consistiu no levantamento das principais publicações acerca do tema da pesquisa. Foram definidas palavras-chave, em inglês e português, para a

execução do levantamento bibliográfico em bases de dados online. Também foram pesquisados artigos nacionais e internacionais, assim como teses e dissertações.

4.2. Levantamento dos registros de eventos

Nesta etapa, elaborou-se um levantamento sobre os eventos de deslizamentos e corridas de massa mais conhecidos na área de estudo, considerando artigos científicos, relatórios técnicos elaborados por órgãos e instituições públicos e dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Foi utilizado o cadastro de Eventos Geodinâmicos, Acidentes e Desastres de 50 Municípios da região metropolitana de São Paulo, Baixada Santista e Litoral Norte (IG, 2017) - período de 1993 a 2013. Este cadastro é um dos produtos do Projeto de Transporte Sustentável de São Paulo, Componente 3 – Gestão de Riscos de Desastres, e foi desenvolvido pelo Instituto Geológico, com o objetivo de incorporação de parâmetros e atributos da gestão de risco de desastres a eventos geodinâmicos nos planos estratégicos, gerenciais e operacionais do Setor de Logística e Transporte, assim como promover a eficiente implementação do Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e Redução de Riscos Geológicos do Estado de São Paulo (Decreto 57.512/2011).

As notícias de jornal, boletins de ocorrência e demais dados das Instituições Públicas e Privadas selecionados para cadastro e registro no Banco de Dados possuem, necessariamente, descrição que possibilita aferir o tipo de evento ocorrido e avaliar o grau de precisão de sua localização. Porém, em alguns casos, a descrição do momento exato de ocorrência do evento geodinâmico não permite a associação imediata de uma data em função da forma como foi descrito, com a utilização de termos como “últimos dias”, “últimas semanas”, etc. Para padronização e aproximação da descrição dos eventos com o fato ocorrido, foram adotadas as seguintes convenções:

- Últimos dias: Dia da publicação - 1 dia;
- Últimas semanas: Dia da publicação - 7 dias;
- Últimos meses: Dia da publicação - 30 dias;
- Último mês: Dia da publicação - 30 dias;
- Últimas chuvas: Dia da publicação - 1 dia;

Para uma melhor acurácia dos dados dos registros, foram escolhidos apenas os registros geológicos de deslizamentos de solo e corridas de massa, em Cubatão, com grau de confiabilidade 3 e 4. Os registros com baixo grau de confiabilidade foram descartados de modo a refinar a pesquisa. Foram coletados apenas os dados de 2000 a 2013, pois estes foram analisados juntos com os dados ANOBES.

4.3. Levantamento dos dados de precipitação: Análise Objetiva Estatística (ANOBES) e CMORPH

O método ANOBES foi desenvolvido inicialmente por Gandin (1963), porém, devido às limitações do processamento computacional da época, o método só foi utilizado significativamente décadas depois, a partir da década de 1970, junto com os avanços computacionais (CRAWFORD, 1979; CREUTIN e OBLED, 1982). A Análise Objetiva Estatística (ANOBES) é um método estatístico de interpolação de dados advindos de diferentes fontes, geralmente dados remotos com boa cobertura espacial e rede telemétrica (PEREIRA FILHO e CRAWFORD, 1995).

Segundo Pereira Filho e Barros (1998) as principais vantagens ao aplicar o método ANOBES são o conhecimento prévio da variância do erro da análise e o uso de propriedades estatísticas dos sistemas precipitantes. Para a interpolação, apenas pontos próximos ao ponto de interesse são utilizados, gerando uma grade de informações de estimativas de chuva. Como uma desvantagem, a baixa densidade de postos pluviométricos pode influenciar negativamente os resultados obtidos por esse método (BENETI et al., 2002).

O método ANOBES é comumente utilizado para integração de dados obtidos remotamente com observações de estações pluviométricas *in situ*. Em estudos com integração entre dados de radar e pluviômetro para região metropolitana de São Paulo (PEREIRA FILHO et. al., 2005) e Curitiba (BENETI et. al., 2002), constatou-se que a precipitação estimada por radar geralmente não concorda com a precipitação medida em pluviômetros. Como conclusão destes estudos, ressalta-se a eficiência do método ANOBES em termos de correção da precipitação estimada na direção do observado, o que auxilia no monitoramento e previsão de curto prazo para órgãos de defesa civil como também para companhias de energia elétrica.

Pereira Filho (2004) aplicou o método ANOBES para integração dos dados de radar e satélite para a cidade de São Paulo, SP, obtendo uma melhora significativa

em ambos os campos de análise. Em seguida, com intuito de obter resultados ainda melhores, o autor aplicou outras técnicas estatísticas para os dados de satélite e radar e depois integrou estes resultados com os dados de pluviômetros. O resultado final obtido superou em qualidade todos os métodos citados individualmente.

Para os dados de satélite, foi utilizado o método chamado CMORPH (*CPC MORPHing technique*), que tem como objetivo estimar, por meio de vários sensores de satélite, a precipitação acumulada numa dada área de interesse num intervalo de 24 horas. Com o uso dessas estimativas, e dada as devidas correções e métodos de uso, a mesma pode ser utilizada com maior ou menor confiabilidade em cada região. A técnica é bastante utilizada em estudos climatológicos em áreas que não possuem dados pluviométricos (SILVA SANTOS et al., 2016).

As estimativas de satélite são derivadas do sensor de micro-ondas passivo a bordo do DMSP 13, 14 e 15 (SSM/I), o NOAA-15, 16, 17 e 18 (AMSU-B) e AMSR-E e o TMI a bordo do satélite Aqua da NASA e o TRMM, respectivamente. Essas estimativas são geradas pelo algoritmo de Ferraro (1997) para SSM/I e Kummerow et al. (2001) para o TMI. Ressalta-se que esta técnica não é um algoritmo de estimativa de precipitação, mas um meio pelo qual os algoritmos da chuva proveniente do micro-ondas podem ser combinados. Portanto, este método é extremamente flexível, visto que qualquer estimativa de precipitação de qualquer fonte de satélite passivo de micro-ondas pode ser incorporada.

As resoluções espaciais obtidas por interpolação são de 8 km (no equador). As matrizes com vetores de propagação são produzidas pela correlação espacial de sucessivas imagens provenientes da informação de infravermelho do satélite geoestacionário, que são então utilizadas para as estimativas de precipitação.

Cada sensor possui suas próprias características em relação a resoluções espaciais e temporais, e produz um campo de precipitação resultante que reflete suas características. O programa ANOBES recebe como dados de entrada a chuva observada, pelos postos pluviométricos, e a chuva estimada via CST a partir das imagens de satélite.

Os dados pluviométricos devem obedecer a uma formatação específica e reconhecida pelo programa ANOBES. Para os dados de entrada, o programa requer dois arquivos de textos no formato *ASCII* que fornecem os valores de precipitação observada pelos postos e as suas respectivas coordenadas geográficas. Como saída, o programa elabora a matriz de precipitação resultante da integração satélite-

pluviômetro (análise), a matriz de entrada CMORPH (observação), a matriz diferença (análise menos observação) e a matriz para análise da variância do erro da integração.

O cálculo da correlação espacial isotrópica do erro de *background* recebe como entrada matrizes de precipitação acumulada e calcula, para cada par de pixel da matriz, a correlação espacial em função da distância entre eles. Os cálculos utilizados devem considerar a distância média de 8 km entre os pixels. O cálculo da correlação do erro de *background* é realizado por meio da seguinte equação (Pereira Filho, 1998):

$$\rho_{kl} = \frac{\langle (P_r^k - P_t^k)(P_r^l - P_t^l) \rangle}{\sqrt{\langle (P_r^k - P_t^k)^2 (P_r^l - P_t^l)^2 \rangle}}, \text{ onde,}$$

$P_r^{k(l)}$ = precipitação acumulada pelo CMORPH e um dado pixel $k(l)$;

$P_t^{k(l)}$ = precipitação estimada no sentido climatológico, a partir da série de dados de precipitação acumulada obtidos via CMORPH.

4.4. Seleção dos eventos extremos

Tendo em mãos os arquivos com dados mensais de precipitação para a área de estudo, foram calculados os acumulados de 72 horas. O limiar utilizado na pesquisa é o mesmo utilizado no PPDC, de 80 mm de precipitação em 72 horas para a Baixada Santista (Cubatão, Bertioga, Santos e Guarujá).

Em parceria com o LabHidro do IAG, em São Paulo, foram coletados os dados elaborados pelo método ANOBES. Como o resultado da aplicação do ANOBES consiste numa grade de estimativa de precipitação diária, foram escolhidos pontos de interesse com uma distância entre eles de 8 km. Para cada ponto de interesse, foram coletados dados nos quais a precipitação em 72 horas ultrapassa 80 mm, para toda a área de estudo.

4.5. Cálculo de Índices de Desempenho

Também foi efetuada uma avaliação da eficácia da utilização do limiar de 80 mm em 72 horas na detecção de possíveis quadros de risco a movimentos de massa no município de Cubatão, SP. Foi construída, inicialmente, uma tabela de contingência conforme mostrada na Figura 10 (PAZ e COLLISCHONN, 2011).

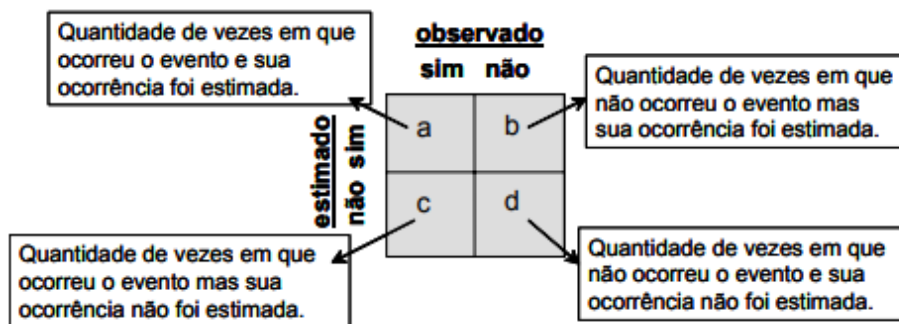


Figura 10. Esquema da tabela de contingência para cálculo dos índices de desempenho.
Fonte: SALDANHA et al. (2007).

Como evento, considera-se o acidente geológico registrado, e a estimativa de ocorrência é quando a precipitação acumulada em 3 dias ultrapassa 80 mm (limiar adotado pela Defesa Civil). Ressalta-se que tais índices são normalmente utilizados em sistemas de previsão de eventos de precipitação, e, para esta pesquisa, foi adaptado para melhor responder à análise proposta.

Os índices de performance que foram utilizados na pesquisa são:

- Índice de Sucesso Crítico (CSI): percentual de acertos nas estimativas de ocorrência de acidente geológico, descontando as vezes em que sua não ocorrência foi corretamente prevista

$$CSI = a / (a + b + c)$$

- Probabilidade de Detecção (POD): dado que o evento ocorreu, percentual de acertos em estimar sua ocorrência.

$$POD = a / (a + c)$$

- Taxa de Falso Alarme (FAR): dentre as vezes que foi estimada a ocorrência do evento (precipitação em 72 horas superior a 80 mm), percentual em que o evento não ocorreu.

$$FAR = b / (a + c)$$

Para interpretação dos valores dos índices, foi utilizada a descrição no quadro 7.

Quadro 7 . Interpretação dos índices de desempenho de acordo com os valores.

Índice	Significado	Interpretação
POD – Probabilidade de Detecção	Dado que o acidente geológico ocorreu, percentual de acertos em estimar sua ocorrência considerando acumulados de chuva de 3 dias superiores a 80 mm	Varia de 0 a 1; Quanto maior o valor, melhor a performance
FAR – Taxa de Falso Alarme	Dentre as vezes em que o acumulado de chuva ultrapassou 80 mm em 3 dias, percentual em que o acidente geológico não ocorreu	Varia de 0 a 1; Quanto menor o valor, melhor a performance
CSI – Índice de Sucesso Crítico	Percentual de acertos nas estimativas de ocorrência de acidente geológico, descontando as vezes em que sua não ocorrência foi corretamente prevista	Varia de 0 a 1; Quanto maior o valor, melhor a performance

Fonte: adaptado de Saldanha et al. (2007).

4.6. Análise da chuva acumulada antecedente

Tendo os eventos selecionados na etapa anterior, foi feita uma análise estatística da sequência de eventos anteriores para alguns eventos selecionados. Para a elaboração desta análise, foram utilizadas planilhas com os dados de precipitação acumulada de 3, 30, 90 e 180 dias anteriores. O intuito desta etapa foi avaliar a influência da precipitação acumulada de um longo período anterior na ocorrência de deslizamentos e corridas.

4.6.1. Testes estatísticos paramétricos e não paramétricos

Foram realizados testes estatísticos para descobrir a inferência entre a média/mediana e ocorrência dos acidentes geológicos. Primeiramente, foram separados dois grupos de amostragens, sendo um com os dados que possuem registros de ocorrência de acidentes geológicos, e outro grupo com dados de não ocorrência de acidentes. Os dados foram analisados segundo os valores acumulados de precipitação de 3 dias, 30 dias, 90 dias e 180 dias.

Foram feitos gráficos do tipo *Box-plot* (gráfico de caixa) para avaliação da simetria dos dados e sua dispersão com base em parâmetros como média e variância dos conjuntos de dados. Com a elaboração deste tipo de gráfico, é possível avaliar a existência ou não dos chamados outliers, que são os valores extremamente altos ou baixos que podem indicar tanto dados incorretos como dados corretos que exigem atenção especial (CAPELA & CAPELA, 2011).

Foi aplicado o teste chamado *t-student* para verificar se as médias de dois grupos de amostras são ou não significativamente diferentes. Este teste é utilizado quando o número de elementos de uma amostra é menor que 30. Estes dois grupos referem-se aos dados de precipitação acumulada de 3, 30, 90 e 180 dias para as datas em que ocorreram acidentes geológicos e para as datas que não ocorreram (não possuem registro).

Para execução desta análise, adotou-se a premissa de que as variâncias dos dois grupos de amostra sejam diferentes, e que as amostras vieram de populações distintas, uma vez que as datas são diferentes. Foi adotado um nível de significância 0,05, ou seja, existe uma chance de 5% do resultado deste teste dar errado.

O teste *t-student* é utilizado quando a distribuição dos dados de duas amostras é normal, sendo um teste paramétrico. O teste não-paramétrico utilizado na pesquisa considera que os dados são não normais, ou seja, heterogêneos. Como no caso dos dados de precipitação não se sabe se os dados são normais ou não, foram aplicados ambos os testes, paramétrico e não paramétrico.

O teste não-paramétrico aplicado é denominado *teste U de Mann-Whitney-Wilcoxon*, que é um estudo observacional de até 2 grupos de amostras heterogêneas. O teste foi aplicado com o mesmo nível de significância do *t-student*. As duas análises foram feitas no Microsoft Excel ®.

4.7. Formulação das conclusões

Nesta etapa, com base nos resultados obtidos, foram elaboradas propostas de reavaliação de critérios e limiares utilizados para execução de Sistemas de Alerta Meteorológicos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Dados de precipitação e registros

Em parceria com o LabHidro do IAG, em São Paulo, foram coletados os dados elaborados pelo método ANOBES, segundo a escolha de 2 pontos de interesse para a pesquisa. Os dados coletados correspondem aos valores de precipitação acumulada em 72 horas superiores a 80 mm.

Como já explicitado no capítulo 4.2., os dados ANOBES representam uma área de um raio de 4 km a partir do ponto de interesse. Os pontos foram coletados nas encostas, tentando evitar dinâmicas pluviométricas muito distintas, ou seja, no caso das áreas de baixas altitudes.

Os dados dos registros do cadastro de Eventos Geodinâmicos, Acidentes e Desastres de 50 Municípios da região metropolitana de São Paulo, Baixada Santista e Litoral Norte (IG, 2017), correspondente ao período de 1993 a 2013, também estão representados espacialmente na Figura 11.

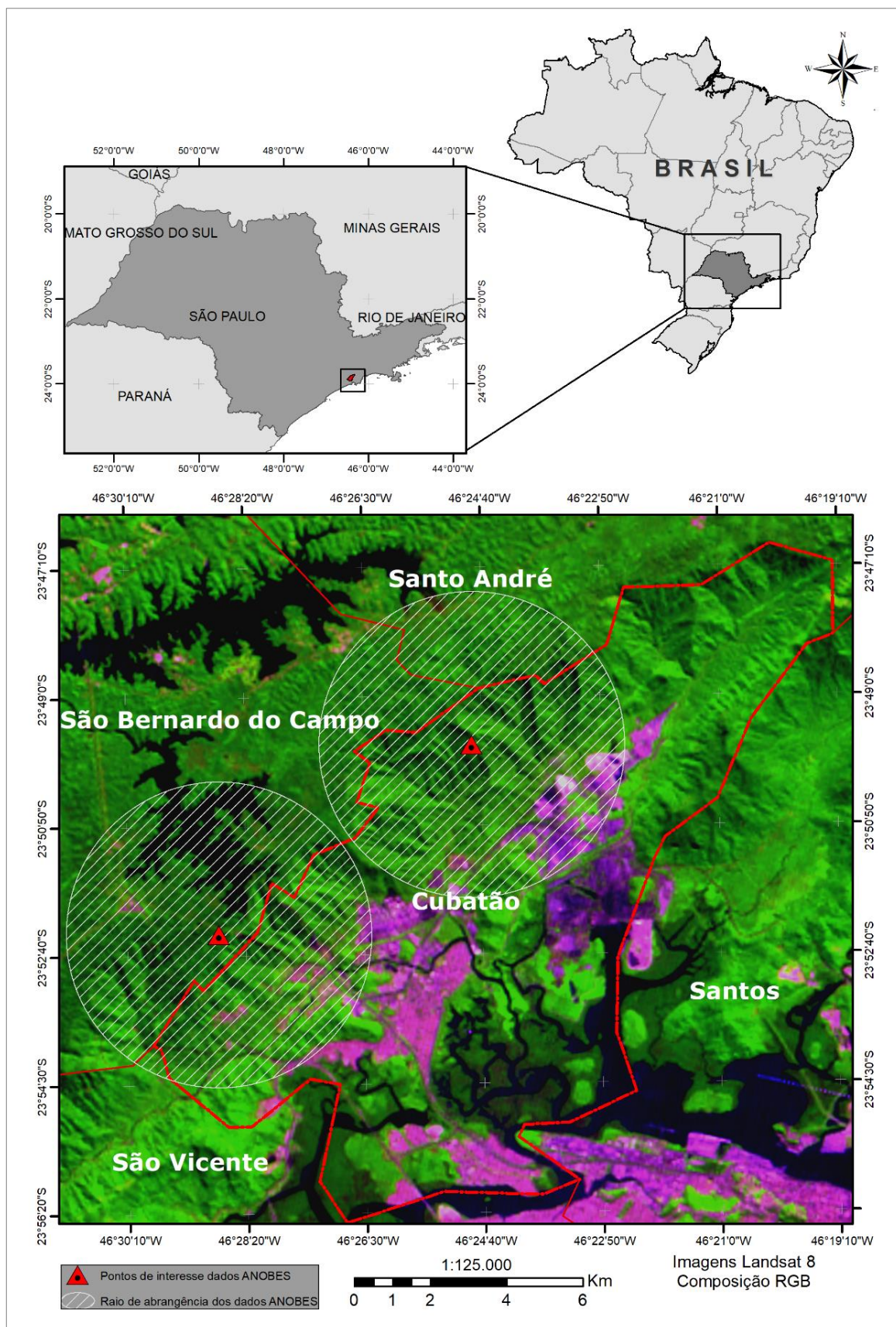


Figura 11. Área de estudo com os dados de coleta de precipitação.

No gráfico da Figura 12, observa-se a distribuição de eventos geodinâmicos ocorridos no município de 1993 a 2013. Foram 818 registros no total, sendo que, em 2013, observa-se um maior número de ocorrências, 146, e em 2001 o menor número, 3 ocorrências de registro geodinâmicos. Nos anos de 2009 e 2010 também foram registrados números significativos de ocorrências de acidentes geológicos, meteorológicos e hidrológicos. Nos anos de 1995, 1997, 2003 e 2007 foram registrados baixos números de eventos geodinâmicos.

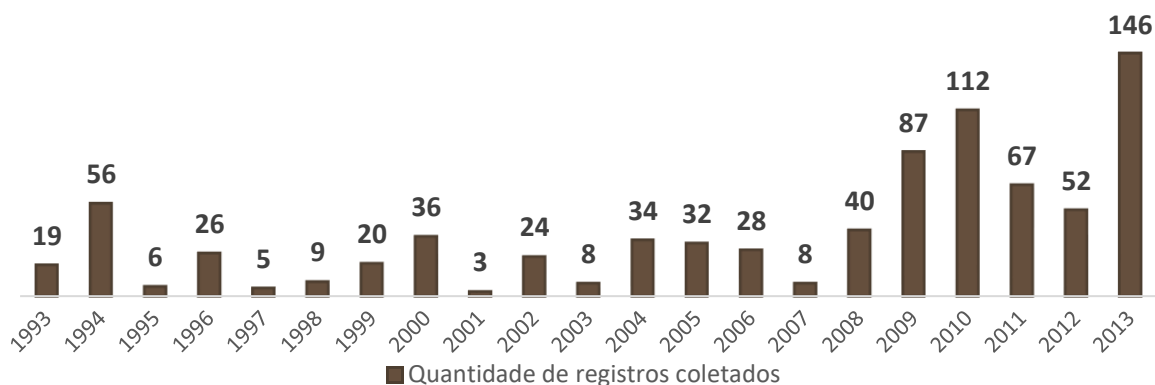


Figura 12. Número de ocorrência de acidentes geodinâmicos por ano em Cubatão (SP).

Quanto ao tipo de registro geodinâmico, o gráfico da Figura 13 apresenta o número de ocorrências para cada tipo de evento por ano. Observa-se que para os anos de 1998, 2012 e 2013 os eventos meteorológicos ultrapassaram o número de eventos geológicos e hidrológicos. Nos anos de 1993, 1994, 1996, 1997, 2000, 2003 e 2008 o número de eventos hidrológicos ultrapassa os outros dois tipos. Nos anos de 1995, 1999, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, o número de eventos geológicos superou os demais. Já em 2001, apenas foram registrados 1 evento meteorológico, 1 evento geológico e nenhum hidrológico. Em 1997 não foi registrado nenhum evento do tipo geológico, já em 1995, 2002 e 2004 não existem registros de eventos hidrológicos. Os eventos meteorológicos aparecem nos registros de todos os anos do período em questão.

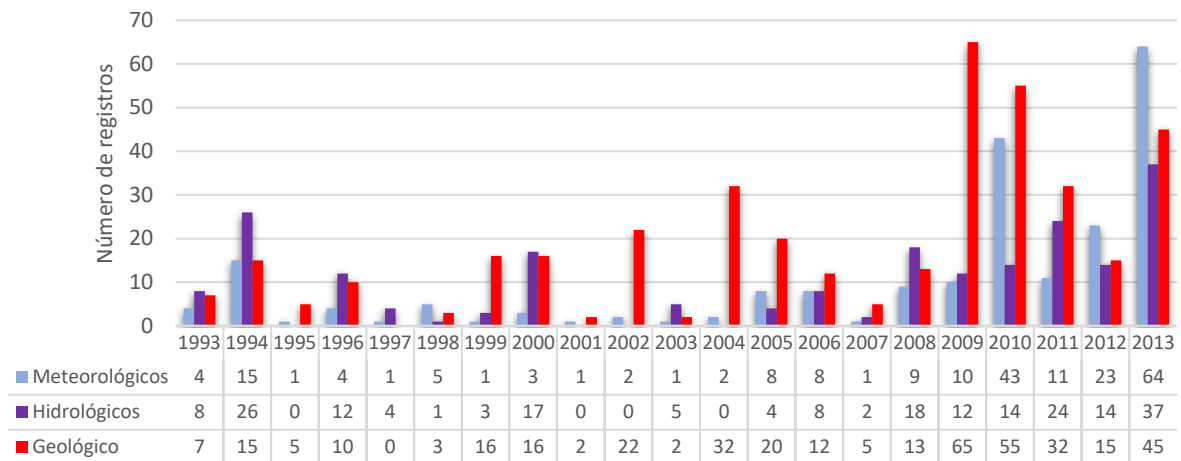


Figura 13. Frequência de ocorrência de acidentes por tipo para cada ano, em Cubatão (SP).

No total, 48% dos registros de eventos geodinâmicos coletados referem-se à acidentes do tipo geológico, que incluem deslizamentos de terra (370 registros), queda, tombamento ou rolamento de rochas (6 registros), erosão, solapamento de margem fluvial (8 registros) e corridas de massa (8 registros), enquanto que 26% referem-se aos outros dois tipos, hidrológico e meteorológico, conforme apresentado no gráfico e tabela da figura 14. Os eventos meteorológicos correspondem a vendavais, chuva intensa e raio. Os eventos hidrológicos incluem alagamentos, inundações em geral e enxurradas. O número de registros está apresentado na tabela da Figura 13.

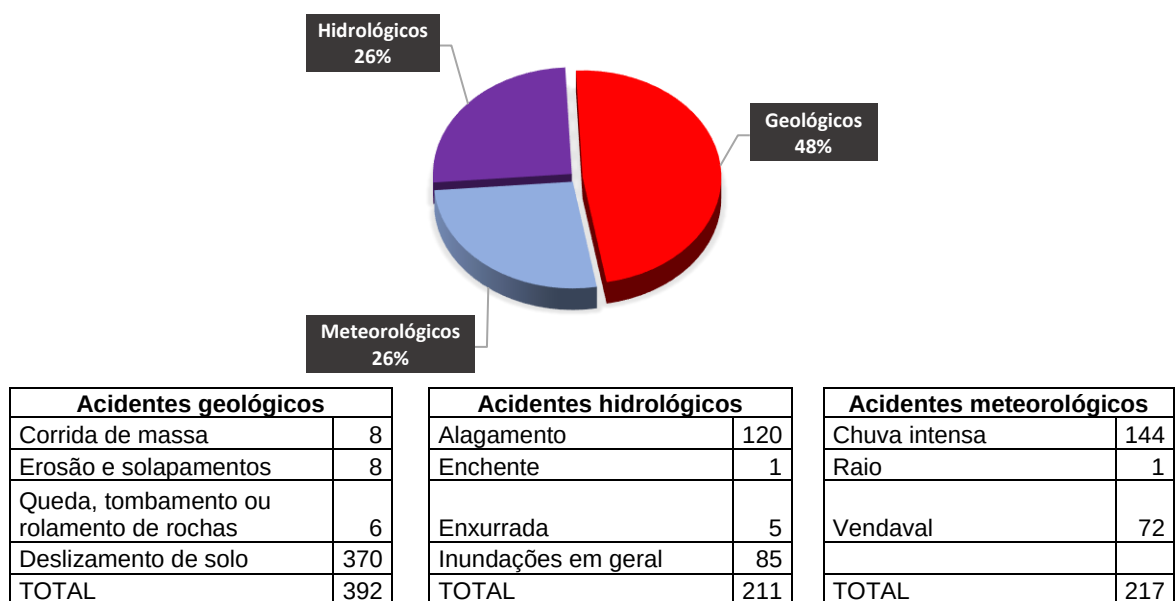


Figura 14. Porcentagem e número de acidentes segundo o tipo ocorridos de 1993 a 2003 em Cubatão (SP).

Foi elaborado o gráfico da Figura 15 para cada tipo de evento geodinâmico registrado, com o intuito de comparar com a ocorrência de precipitação acima de 80 mm em 72 horas. Ressalta-se que esses dados de precipitação considerada extrema são de 2000 a 2013, não havendo informação para os anos anteriores (dados ANOBES). Observa-se que para o ano de 2006 e 2010 a frequência de precipitações extremas mostrou-se maior em relação aos outros anos.

No entanto, em 2006 observa-se uma baixa frequência de acidentes geodinâmicos, o que pode indicar que não existe uma relação clara entre as frequências de eventos considerados extremos de chuva (> 80 mm em 72 horas) e ocorrência de acidentes. Já em 2008 houve uma queda do número de eventos de precipitação considerados extremos, porém, a frequência de acidentes geodinâmicos foi maior em relação ao ano de 2006, o que afirma a indicação de não relação entre as frequências analisadas.

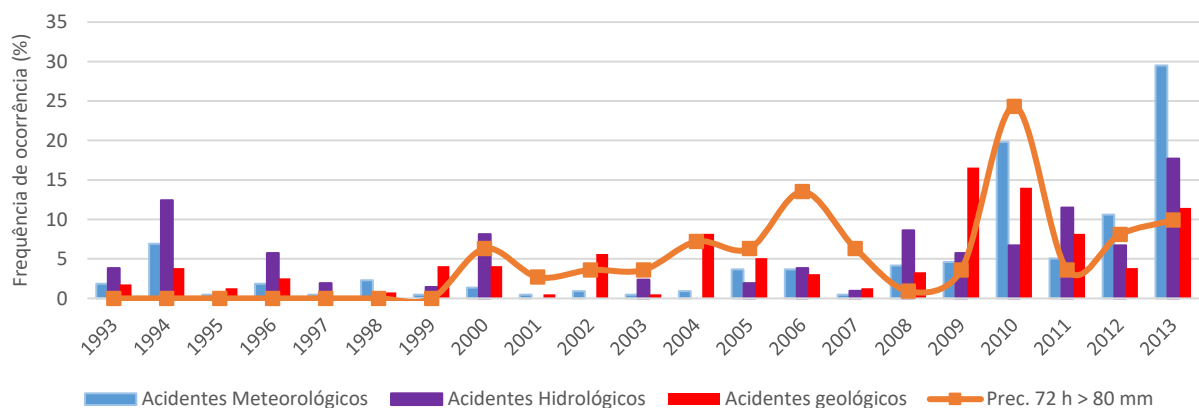


Figura 15. Relação entre ocorrência de acidentes geodinâmicos e de eventos extremos de precipitação, para cada ano, em Cubatão (SP).

Ainda segundo o gráfico da Figura 15, em 2009, ano em que ocorreu o maior número de acidentes geológicos, a frequência de ocorrência de eventos de precipitação extrema é baixa, reforçando a indicativa de que esses acidentes não estão diretamente relacionados à frequência de eventos de precipitação maior de 80 mm em 72 horas. No entanto, os acidentes meteorológicos que ocorreram em 2010 podem ter alguma relação à alta da frequência de eventos de precipitação extrema neste período, como pode-se observar no gráfico.

Em 2013 houve um aumento do número de acidentes meteorológicos e hidrológicos, associados a uma frequência média de ocorrência de precipitações consideradas extremas. Ressalta-se que, muitas vezes, a ocorrência de acidentes

geológicos tem relação direta com as características de solo da região, assim como sua taxa de saturação e suas características fisiográficas, não estando somente relacionada ao acumulado de chuva em 72 horas.

No total, foram selecionados 378 registros de acidentes relacionados a deslizamentos de terra (solo) e corridas de massa no município de Cubatão (SP), para a análise elaborada e apresentada a seguir. Ressalta-se que alguns destes acidentes ocorreram na mesma data, porém em locais diferentes. Tais registros estão apresentados no Apêndice 1.

5.2. Seleção dos eventos de precipitação extremos

Em seguida, foram selecionadas as datas que ocorreram acidentes geológicos e que o acumulado de chuva em 3 dias anteriores ultrapassou o limiar de 80 mm definido pela Defesa Civil, segundo os dados coletados pelo método ANOBES. No quadro 8 estão apresentados os dados destes eventos selecionados.

Alguns destes eventos ocorreram sem que houvesse precipitação na data do registro de acidente, como no caso do dia 16/02/2012. Neste caso, é pertinente analisar se a data do registro está correta, e se o escorregamento foi causado por alguma intervenção antrópica, como por exemplo, obras em rodovias.

5.3. Índices de desempenho

Primeiramente, foi necessário fechar um período de tempo em que os dados de registros dos acidentes e eventos extremos coincidam. Para tal, foi definido o período de 2000 a 2013.

Ressalta-se que os dados de precipitação são referentes à quantidade de chuva das 9 horas da manhã do dia anterior até às 9 horas do dia de coleta. Portanto, para fins de facilitar a análise, todas as datas dos eventos extremos foram contabilizadas como sendo do dia anterior.

Os seguintes resultados foram alcançados:

		Observado		
		SIM	NÃO	
Estimado	SIM	a = 28	b = 96	POD: $28 / (28 + 154)$: POD = 0,15
	NÃO	c = 154	d = 0	FAR: $96 / (28 + 96)$: FAR = 0,77
				ISC: $28 / (28 + 96 + 154)$: ISC = 0,10

Figura 16. Resultados dos índices de performance.

Com base nos resultados, constatou-se que todos os índices calculados, Probabilidade de Detecção (POD), Taxa de Falso Alarme (FAR) e Taxa de Falso Alarme (CSI), apresentaram valores considerados negativos em relação à performance do uso do limiar de 80 mm em 72 horas, adotado pela Defesa Civil.

Para um melhor entendimento destes índices, supondo-se que um sistema de previsão de chuva possui um $POD=1$, ou seja, 100%. Isto significaria que tal sistema acerta 100% das vezes em que ele prevê a ocorrência do evento. Já um sistema com $FAR=1$, significa que o sistema sempre indica que o evento vai ocorrer e ele não ocorre, ou seja, ele emite falso alerta em 100% das vezes.

Segundo os índices calculados, no período de 2000 e 2013, 77% das vezes em que o acumulado ultrapassa o valor limiar, deslizamentos não ocorreram de fato, ou seja, apenas em 15% das vezes ele ocorreu, segundo os dados utilizados na pesquisa.

Nesta etapa da pesquisa, é importante ressaltar que os resultados podem sofrer uma margem de erro considerável levando-se em conta que os registros podem não ter a data exata da ocorrência do deslizamento, visto que as notícias foram coletadas em jornais, boletins de ocorrência e demais dados das Instituições Públicas e Privadas selecionados para cadastro e registro no Banco de Dados.

Também é importante ressaltar que na análise foi considerada apenas a chuva de 24 horas do dia da ocorrência do deslizamento, e que precipitações anteriores a isso não foram levadas em consideração, o que explica o resultado negativo dos índices de desempenho.

5.4. Análises estatísticas da precipitação acumulada anterior

Os dados utilizados para elaboração do teste de hipóteses estão no quadro 9.

Quadro 9. Dados utilizados para a análise estatística para os valores de precipitação acumulada anterior .

Eventos que ocorreram				
Data	Ac. 30 dias (mm)	Ac. 90 dias (mm)	Ac. 180 dias (mm)	Ac. 3 dias (mm)
01/01/2004	214,8	569,5	766,0	90,00
02/12/2005	177,0	458,8	653,2	81,40
11/02/2006	321,6	729,0	1043,3	101,70
08/02/2007	271,4	792,0	1143,0	108,00
05/04/2007	270,0	696,5	1388,9	84,30
18/03/2009	167,2	581,9	993,0	86,80
19/03/2009	170,4	588,4	981,4	93,30
21/01/2010	542,1	987,5	1434,5	103,70
04/04/2010	353,8	1060,7	1827,4	111,80
05/04/2010	343,8	1058,5	1789,6	110,40
06/04/2010	394,3	1115,1	1839,7	144,00
16/07/2010	198,0	362,7	1299,9	108,30
15/12/2010	337,3	585,5	1036,0	137,60
02/01/2011	413,8	646,0	1172,0	92,40
03/01/2011	427,7	661,0	1187,4	105,40
16/10/2011	130,6	296,4	498,5	82,90
27/01/2012	296,1	637,5	919,3	93,50
16/03/2012	133,5	609,8	1021,7	84,90
15/12/2012	273,0	457,7	673,2	177,40
09/01/2013	475,7	712,9	869,5	91,60
10/01/2013	477,9	692,1	871,7	86,30
17/03/2013	415,3	995,3	1453,4	107,10
Média	309,3	695,2	1130,1	103,8
Variância	14449,3	51257,6	139940	537,885281
Variância/quantidade	656,8	2329,9	6360,9	24,4
Quantidade	22	22	22	22

Quadro 9. Continuação.

Eventos que não ocorreram				
Data	Ac. 30 dias (mm)	Ac. 90 dias (mm)	Ac. 180 dias (mm)	Ac. 3 dias (mm)
28/11/2000	263,5	550	764,4	104,5
03/12/2000	349,2	587,9	859,1	85,9
18/12/2000	408,1	617,6	940,2	133,6
19/12/2000	431,6	672,5	1031,4	105,8
31/12/2000	389,2	724,6	1080	98,6
14/05/2001	131,6	452,8	1255,1	101,8
04/02/2002	392,6	683,5	913,6	84,7
30/01/2003	277,8	653,8	952,3	101
15/02/2003	321,8	717,3	1064,4	95,7
18/03/2003	166,2	599,6	1191,3	81,3
30/08/2003	216,2	290,2	716,3	90,9
17/12/2003	174,3	334,8	712,1	82,6
25/02/2004	251,7	534,7	892,1	80,8
07/03/2004	309,1	664,9	976,2	108
01/12/2004	181,8	286,2	419,4	84,4
11/12/2004	336,3	519,7	714	98,3
23/12/2004	400,4	650,5	864,5	114,1
27/05/2005	201,7	425,5	955,2	173,8
03/12/2005	177	458,8	653,2	81,4
01/02/2006	203,1	401	672,7	86,5
31/03/2006	211,1	539,7	866,9	82,8
08/12/2006	359,7	621,6	872,9	80,2
07/12/2006	355,4	614,9	866,2	102,4
29/01/2007	226,6	492,5	662,7	110,5
19/03/2007	193,8	512	853,3	86,7
27/02/2009	278,8	545,7	780,8	152,5
09/12/2009	307,1	565,8	971	101,9
10/12/2009	304,1	568,5	975,6	99,7
15/01/2010	351	762	1108,1	82,6
20/02/2010	373,6	1116,3	1397,4	83,1
08/04/2010	258,1	988,9	1588	104
16/07/2010	105,2	218,5	1030,7	82,7
17/12/2010	337,3	585,5	1036	125,7
04/01/2011	300,1	483,2	772,2	82,7
19/01/2011	406,8	709,3	929,1	91,9
05/02/2011	327,8	922,1	1201,1	85,7
18/10/2011	148,8	248,4	381,4	98,9
17/11/2011	140,4	352,1	476	85
16/03/2012	134,3	609,8	1021,7	85,1
28/01/2012	296,1	637,5	919,3	93,5
17/03/2012	133,5	609,8	1021,7	84,9
02/05/2012	193,2	480,8	1065,6	85,8
07/06/2012	156,7	490,1	1005,1	80,1
18/07/2012	189,1	563,9	1039	89,1
18/12/2012	277,3	463,4	634	117,7
Média	265,5	567,3	913,4	97,1
Variância	8389,744	31225,84	53697,67	374,287
Variância/quantidade	186,4	693,9	1193,3	8,3
Quantidade	45	45	45	45

Os gráficos box-plot efetuados para os acumulados de 30, 90, 180 e 3 dias estão apresentados na Figura 17. Observa-se que, para todos os acumulados, a caixa representada pelos eventos que ocorreram (em verde) possui valores sempre maiores do que os valores dos eventos que não ocorreram (em roxo). Visualmente, isto indica que existe uma diferença entre os valores destes dois grupos de dados. Nos testes paramétrico e não-paramétrico foi verificado se essa afirmação se aplica a todos os acumulados.

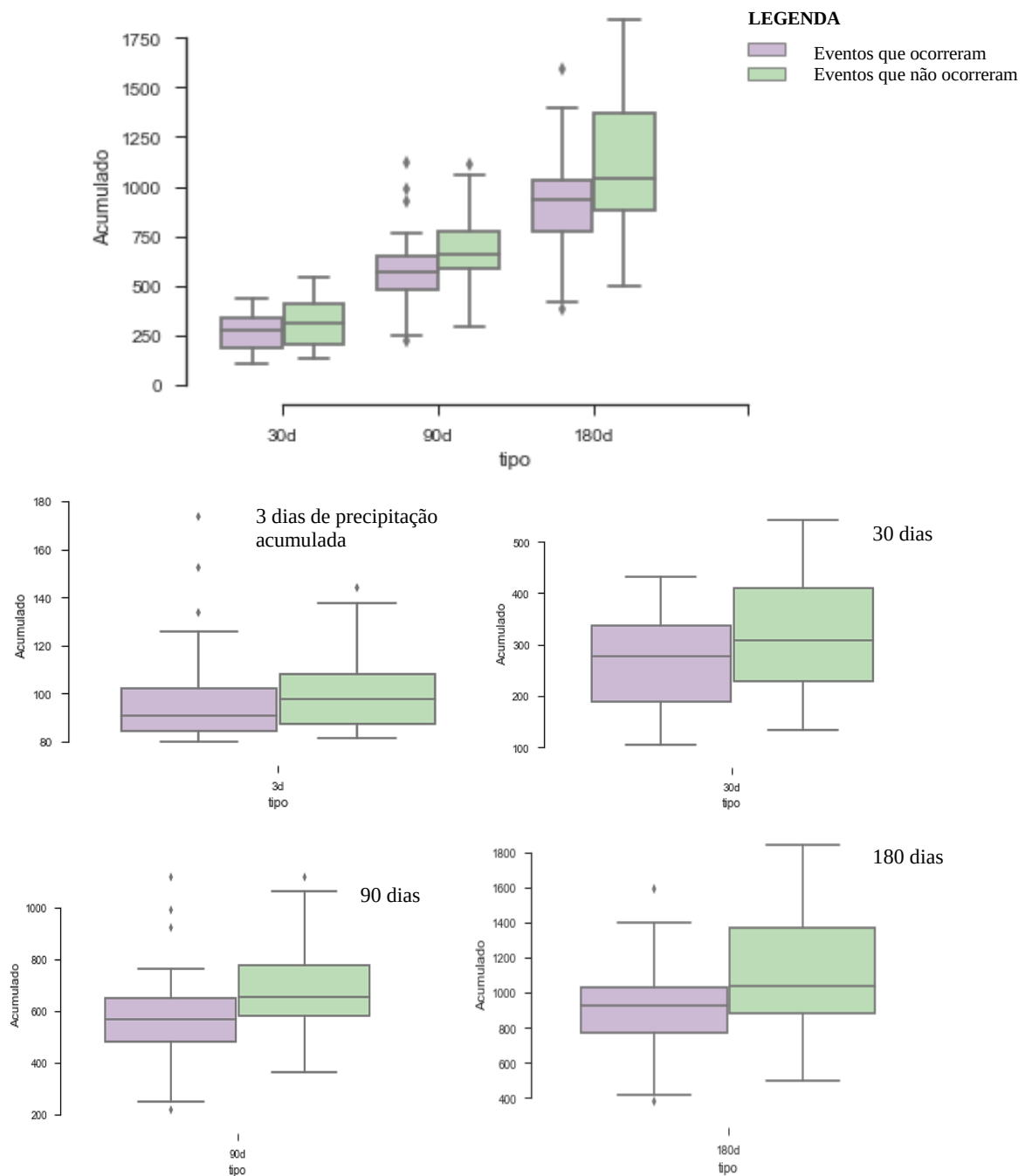


Figura 17. Gráficos *box-plot* para o acumulado anterior de precipitação.

No quadro 10, estão os parâmetros que foram calculados para cada grupo de amostra e que foram utilizados para realização da análise estatística.

Quadro 10. Médias e variâncias das amostras para análise estatística dos dados de precipitação acumulada anterior.

Acumula do	Média eventos não ocorreram	Média eventos ocorreram	Variância eventos não ocorreram	Variância eventos que ocorreram
3 dias	97,10	103,8	374,29	537,89
30 dias	265,54	309,3	8.389,74	14449,3
90 dias	567,29	695,2	31.225,84	51257,6
180 dias	913,41	1.130,1	53.697,67	139940

A partir destes parâmetros, foram calculados os graus de liberdade para cada acumulado. Grau de liberdade é, em estatística, o número de determinações independentes (dimensão da amostra) menos o número de parâmetros estatísticos a serem avaliados na população. Os resultados estão apresentados no quadro 11.

Quadro 11. Valores de Grau de Liberdade para cada variável.

Graus de liberdade			
Ac. 30 dias (mm)	Ac. 90 dias (mm)	Ac. 180 dias (mm)	Ac. 3 dias (mm)
33,3326	33,9349	29,1288	35,7441045

Foram calculados os valores de p-valor, que pode ser definido como sendo uma probabilidade do resultado obtido ser falso. Na pesquisa, adotamos um grau de significância de 5%, ou seja, se o valor de p-valor for menor que 0,05, a hipótese das duas amostras terem médias iguais é rejeitada.

O p-valor é a probabilidade de o *t-crítico* ser maior que o *t-teste* (t calculado pela amostra), considerando se a hipótese de igualdade entre as amostras for verdadeira. Resumindo, se o *t-teste* for maior que o *t-crítico*, existem indícios suficientes de que a probabilidade de eles serem iguais é baixa, portanto, se rejeita a hipótese de igualdade entre as médias das duas amostras e é aceito que elas são diferentes. Os resultados estão no quadro 12.

Quadro 12. Valores dos parâmetros para o teste *t student*.

Acumulado	p-valor	t-teste	t-crítico
Ac. 30 dias (mm)	0,140919	1,5082	2,0345
Ac. 90 dias (mm)	0,026107	2,3263	2,0345
Ac. 180 dias (mm)	0,01858	2,4933	2,0452
Ac. 3 dias (mm)	0,25116	1,1664	2,0301

Como pode-se observar nos valores do quadro 12, para os acumulados de 90 dias e de 180 dias, o valor de *t-teste* é maior que o valor de *t-crítico*. Portanto, conclui-se que apenas para estes dois acumulados aceita-se que as médias de precipitação são diferentes entre os eventos em que ocorreram acidentes geológicos e os eventos em que não ocorreram. O mesmo ocorre com os valores de p-valor: para os acumulados de 30 dias e 3 dias, o p-valor é maior que 0,05, então aceita-se a hipótese que as médias destas duas amostras é igual.

Para o teste não paramétrico *U de Mann-Whitney-Wilcoxon*, os valores obtidos de p-valor (ou U) estão apresentados no quadro 13.

Quadro 13. Estatística não-paramétrica do teste U de Mann-Withney-Wilcoxon.

Acumulado	p-valor (U)
Ac. 30 dias (mm)	0,14
Ac. 90 dias (mm)	0,03
Ac. 180 dias (mm)	0,02
Ac. 3 dias (mm)	0,25

No caso deste teste não-paramétrico, é observado se o valor de U é maior ou menor que o nível de significância adotado de 5%. No caso do quadro 13, observa-se que para os acumulados de 90 e 180 dias essa observação é atendida. No caso de 3 e 30 dias, U é maior que 0,05, portanto, verifica-se que não há evidências significativas para acreditar que uma destas duas amostras tende a ter valores maiores, então não rejeita-se a hipótese de igualdade.

Em ambos os testes, os resultados mostraram a mesma tendência, ou seja, que a precipitação acumulada de 90 e 180 dias tende a possuir valores de média/medianas maiores na amostra de eventos que ocorreram deslizamentos em relação aos eventos que não provocaram deslizamentos.

Para Brand (1992), para solos com permeabilidade relativamente alta, o valor acumulado de chuva antecedente ao desencadeamento do processo de deslizamento não é tão importante quanto às chuvas de curta duração e grande intensidade. Para solos com baixa permeabilidade, a chuva antecedente acumulada apresenta grande importância (BONUCELLI, 1999).

Com base nos resultados obtidos, observou-se que a chuva antecedente de períodos de 90 e 180 dias é fator importante para deflagração de deslizamentos se for comparado aos resultados dos acumulados de 3 e 30 dias, o que vai ao encontro do fato de os mantos de solo existentes na região não serem espessos, e geralmente com uma camada não permeável logo abaixo de uma camada mais permeável, composta por depósitos de detritos. Tal configuração torna a encosta suscetível a movimentos de massa, conforme a saturação da camada permeável atinge seu limite crítico, o que ocorre provavelmente após longos períodos de chuvas, e não por chuvas intensas que ocorreram poucos dias antes do deslizamento.

Conforme estudo feito por Delmonaco et al. (1995), de forma geral, os movimentos de massa profundos, como é o caso dos eventos de grandes proporções que ocorrem na região de Cubatão, estão relacionados com chuvas antecedentes acumuladas de vários dias, enquanto que movimentos de massa superficiais

dependem mais da intensidade e da duração da chuva em períodos mais curtos. Nesta pesquisa, não foram classificados se os eventos foram de grandes proporções ou não para realizar essa correlação dos dados para verificar a afirmação de Delmonaco et al. (1995).

5.5. Definição de limiares e coeficientes em Planos Preventivos

A partir da revisão de literatura sobre o tema “correlação movimentos de massa e precipitação acumulada”, foram definidos critérios de classificação sobre o período de análise de cada autor em relação à precipitação antecedente de deflagração de movimentos de massa, apresentada no quadro 14.

Classificação	Período
Curtíssimo prazo	1 a 15 dias
Curto prazo	15 a 30 dias
Médio a Longo prazo	Acima de 30 dias

Quadro 14. Critérios de classificação para a precipitação acumulada anterior.

Foi constatado que a maioria dos trabalhos utilizam precipitação acumulada de 1 a no máximo 10 dias antecedentes ao evento de movimento de massa. Essa correlação é utilizada para definição de coeficientes de curtíssimo prazo, como é o caso do CPC. A tabela com a classificação elaborada para cada autor está apresentada no quadro 15.

Autores	Período de análise antecedente	Classificação
Campbell (1975)	Análise de cada caso, sem definição de período (maior período analisado de 1 mês)	-
Lumb (1975)	24 horas a 15 dias de precipitação	Curtíssimo/Curto prazo
Guidicini e Iwasa (1976)	3, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias de precipitação (base de média anual)	-
Nielsen et al. (1976) Nielsen e Brabb (1977)	Sem período definido, apenas análise dos casos	-
Brand et al. (1984)	24 horas a 15 dias de precipitação	Curtíssimo/Curto prazo
Tatizana et al. (1987)	2 a 8 dias de precipitação	Curtíssimo prazo
Wieczorek (1987)	7 a 30 dias de precipitação	Curtíssimo/Curto prazo
Cerri et al. (1990)	Sem definição de período (base de longo prazo: junho até o mês do registro)	-
Au (1993)	24 horas de precipitação	Curtíssimo prazo
Gusmão Filho (1997)	Sem período definido (base de janeiro até o mês do registro)	-
Ide (2005)	7 dias de precipitação	Curtíssimo prazo
Tavfares et al. (2005)	72 horas de precipitação	Curtíssimo prazo
Ma et al. (2015)	1 a 24 horas de precipitação	Curtíssimo prazo
Zhuang et al. (2015)	3 a 6 horas de precipitação	Curtíssimo prazo
Gianecchini et al. (2016)	Sem período definido, apenas análise dos casos (base de média anual)	-

Quadro 15. Classificação dos trabalhos sobre correlação de ocorrência de movimentos de massa e precipitação acumulada anterior.

Nos trabalhos de Campbell (1975), Nielsen et al. (1976), Nielsen e Brabb (1977), Gianecchini et al. (2016), Cerri et al. (1990) e Gusmão Filho (1997), não foram definidos períodos exatos de análise de precipitação antecedente. Alguns deles utilizaram como base de cálculo de coeficientes a média de precipitação de determinado mês até o mês de ocorrência do movimento de massa, como é o caso de Cerri et al. (1990) e Gusmão Filho (1997).

Campbell (1975), Nielsen et al. (1976) e Nielsen e Brabb (1977), realizaram uma análise de cada caso, estudando a precipitação antecedente dos dias anteriores aos registros de acidentes até o momento de sua ocorrência, variando de 1 dia ou até 10 dias de chuvas consecutivas.

Gianecchini et al. (2016) tomou como base para seu estudo a média anual para cada ano de registro de movimentos de massa, analisando também a precipitação dos dias anteriores até o dia em que ocorreu o movimento de massa.

Em sua pesquisa, Tatizana et al. (1987a) concluíram que o fato de adotar a correlação de 4 dias anteriores ao evento de movimento de massa não explica alguns pontos, como por exemplo em 1981, ano em que uma precipitação acumulada em 4 dias de 130 mm causou um deslizamento, e uma precipitação acumulada em 4 dias superior a 300 mm sem ocorrências. Essa questão levantada de Tatizana et al. (1987a), vai diretamente ao encontro do objetivo da presente pesquisa, que é justamente considerar períodos antecedentes maiores como sendo importantes para trabalhos de previsão e prevenção de acidentes. Nesta mesma linha de raciocínio descrita anteriormente, Bhandari e Dias (1996) verificaram que o limiar estabelecido para Sri Lanka, de 200 mm em 72 horas não era suficiente, pois foi transgredido em vários casos.

6. CONCLUSÕES

Deve-se levar em conta o fato de que, muitas vezes, uma chuva com o mesmo acumulado e intensidade causa um desastre em um determinado local, porém em outro não causa eventos significativos. Portanto, o fator de saturação do solo e características fisiográficas da área precisam ser consideradas nos cálculos destes índices e a saturação do solo é influenciada por períodos maiores de precipitação contínua. Outro fator importante a ser considerado é o uso e ocupação da terra em locais de risco e a previsibilidade dos sistemas meteorológicos atuantes.

Ressalta-se a importância do levantamento dos acidentes geodinâmicos para elaboração de planos e projetos de prevenção de acidentes. No entanto, cabe verificar se a data que está disponibilizada no registro corresponde a data de ocorrência do escorregamento ou a data em que o escorregamento foi visto. Este detalhe pode influenciar bastante nos resultados desta pesquisa e, por isso, foram escolhidos os registros de acidentes do banco de dados do IG que apresentam maior índice de confiabilidade.

Ressalta-se a necessidade de utilização de dados mais recentes para verificar alterações nos sistemas meteorológicos e em sua dinâmica ocorridas nas últimas décadas. Essas mudanças certamente influenciam a definição dos Coeficientes de Alerta e limiares. Portanto, a utilização de dados de precipitação refinados são de extrema importância para realizar estudos de cunho climático. Os dados ANOBES, por passarem por um longo processo de integração e refinamento (cap. 4.3.), podem ser considerados como dados confiáveis para execução de pesquisas relacionadas. No entanto, sua resolução espacial de raio de 4 km não o torna recomendado para análises de grandes escalas, cujas características fisiográficas dentro deste raio são distintas. A utilização destes dados feitos pelo método ANOBES possuem a vantagem de serem coletados de forma mais rápida e eficiente, efetuada por linguagem de programação de forma automática.

Quanto à utilização dos testes estatísticos *t-student*, e teste *U de Mann-Whitney-Wilcoxon*, a técnica se mostrou bastante eficiente e fácil de ser aplicada. Concluiu-se que os valores da média/medianas de precipitação acumulada de 90 e 180 dias anteriores ao evento de deslizamentos ou corridas de massa são significativamente maiores do que os mesmos acumulados dos eventos em que não se teve registros de deslizamentos. Em contrapartida, para os acumulados de 3 dias

e 30 dias, foi constatado que as médias das amostras são iguais, ou seja, não existe diferença significativa entre estes acumulados para os casos em que ocorreram acidentes e os casos em que não ocorreram.

Por fim, as principais conclusões da pesquisa estão resumidas a seguir, e podem dar subsídio para futuras pesquisas sobre o tema, auxiliando também na elaboração de Planos Preventivos para ocorrência de acidentes relacionados a deslizamentos e corridas de massa: utilização de dados acurados de precipitação,; e incorporação de acumulados de períodos longos de precipitação na elaboração de novos coeficientes e critérios; e utilização de mapeamentos de características fisiográficas e de susceptibilidade.

É muito importante entender de forma intrínseca como as características fisiográficas de cada área influenciam no modo como o movimento de massa ocorre, assim como seus fatores desencadeantes, assim como fatores socioeconômicos. Portanto, o atributo precipitação pluviométrica não deve ser considerado como único critério para ser utilizado em Sistemas de Alerta. Essa constatação mostra a necessidade de estudos multidisciplinares sobre o tema.

Mapas de fragilidade, susceptibilidade, de mapeamento de riscos de movimentos de massa, mapas geoambientais, dentre outros mapas sobre relações e interações do meio físico, são ferramentas indispensáveis para elaboração de Planos Preventivos e de Alerta Meteorológicos. Analisar como o solo se comportaram 3 a 6 meses antes de eventos de movimentos de massa em relação às suas características estruturais, também seria um avanço interessante nestes estudos que subsidiam criações de Planos de Prevenção, considerando os resultados que foram obtidos nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AHRENDT, A. Movimentos de massa gravitacionais – proposta de um sistema de previsão: aplicação na área urbana de Campos de Jordão – SP. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos. 2005.
- ALHEIROS, M.M.; SOUZA, M.A.A.; BITOUN, J.; MEDEIROS, S.M.G.M.; AMORIM JÚNIOR, W.M. **Manual de ocupação de morros da Região Metropolitana de Recife**. Recife: Fundação de Desenvolvimento Municipal (Recife). 384p. 2003. Disponível em <<http://www.proventionconsortium.org/toolkit.htm>>. Acesso em: 20 jan 2016.
- ALMEIDA, M. C. J.; NAKAZAWA, V. A.; TATIZANA, C. Análise de correlação entre chuvas e deslizamentos no Município de Petrópolis, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7., Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: ABGE, p. 129-137. 1993.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>> Acesso em: 14 abr. 2017.
- ARAÚJO, P. C. Análise da suscetibilidade a deslizamentos: uma abordagem probabilística. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (IGCE/UNESP), Rio Claro, 2004.
- AU, S. W. C. Rainfall and slope failure in Hong Kong. **Engineering Geology**, Hong Kong v. 36, p. 141-147. 1993.
- AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização Geológico-Geotécnica voltada à Estabilização de Encostas: uma proposta metodológica**. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, Rio de Janeiro. ABMS/ABGE/PCRJ. v. 2, p.721-733. 1992.
- AUGUSTO FILHO, O. **Carta de risco de deslizamentos quantificada em ambiente de SIG como subsídio para planos de seguro em áreas urbanas: um ensaio em Caraguatatuba (SP)**. 2001. p. 166. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. **Estabilidade de Taludes**. In: Editor Geral et al. Geologia de Engenharia. São Paulo ABGE. Cap. 25, p. 260. São Paulo. 1998.
- AZEVEDO, G, F. Análise da relação chuva-deslizamentos em regiões tropicais montanhosas urbanas, caso de estudo Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- BARBOSA JR, A. R. Elementos de Hidrologia Aplicada a Estudos de Graduação: 3. **Precipitação**. 2013. Disponível em:<<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/3%20Precipitacao.pdf>>Acesso em 10de junho de 2017.
- BAUM, R. L.; GODT, J. W. Early warning of rainfall-induced shallow landslides and debris flows in the USA, **Landslides**, v. 7, pp259– 272, 2010.

BENETI, C. A. A.; CALVETTI, L.; PEREIRA FILHO, A. J. Estimativa da precipitação por radar e pluviômetros na região metropolitana de Curitiba. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu, 2002.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre, RG: UFRGS, 2001.

BHANDARI, R. K.; DIAS, A. A. V. Rain triggered slope movements as indicators of landslides dynamics. **Proc.** 7th International Symposium Landslides. Trondheim. Norway, v. 3. Pp. 1515-1520. 1996.

BIGARELLA, J. J.; MEIS, M. R. M. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvios e várzeas. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 16/17, p. 153-197, 1965.

BLOOM, A. L. **Superfície da Terra**. Trad. De S. Petri e R. Ellert. São Paulo: Edgard Blucher/Edusp. 184 p. 1998.

BONUCCELLI, T. Estudos dos movimentos gravitacionais de massa e processos correlatos da área urbana de Ouro Preto / MG. Tese de Doutorado em Engenharia Civil: Área de Geotecnia. USP / São Carlos. 1999.

BRAND, E.W. **Slope Instability in Tropical Areas**. Keynote paper. Proc. 6th International Symposium Landslides. Christchurch, New Zealand, vol.3, p.2031-2051. 1992.

BRAND, E.W.; PREMCHITT, J.; PHILLIPSON H. B. Relationship between rainfall and landslides in Hong Kong. In: **Proceedings of 4th International Symposium on Landslides**, v.1, pp. 377–384, Toronto, Canada, 1984.

CAINE, N. The Rainfall Intensity-Duration Control of Shallow Landslides and Debris-Flows. **Geografiska Annaler**, v 63 A, Pp. 23-27. 1980.

CALBETTE, N. O.; CALBETE, S.R.; ROZANTE, . R.; LEMOS, C.F. **Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil**. 2003. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Jose_Rozante/publication/37679160_Precipitacao_intensa_ocorrida_no_periodo_de_1986_a_1996_nas_regioes_do_Brasil/links/574343bc08ae298602f0ec49/Precipitacao-intensa-ocorrida-no-periodo-de-1986-a-1996-nas-regioes-do-Brasil.pdf> Acesso em: 23 abr 2017.

CAMPBELL, R H. Soil slips, debris flows and rainstorms in the Santa Monica mountains and vicinity, southern California U S. **Geol. Surv.** 1975.

CANNON, S H.; ELLEN, S. Abundant debris avalanches: San Francisco Bay region, California. **California Geology**, p. 267-272. 1985.

CAPELA, M. V.; CAPELA, J. M. V. Elaboração de Gráficos Box-Plot em Planilhas de Cálculo. In: I Congresso de Matemática Aplicada e Computacional da Região Sudeste, São Carlos, SP. Anais... p. 361-364. São Carlos, SP. 2011.

CARVALHO, C. M. Avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa nos entornos dos polidutos de Cubatão (SP), com o apoio de técnicas de Geoprocessamento. Monografia – Curso de Geologia, UNESP, Rio Claro (SP), 2003.

CARVALHO, C.S.; GALVÃO, T. Ação de apoio à prevenção e erradicação de riscos em assentamentos precários. In: CARVALHO, C.S. & GALVÃO, T. (Org.). **Prevenção de riscos de deslizamentos em Encostas: Guia para elaboração de**

políticas municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance. p.10-17. 2006.

CASTRO, J. M. G. Pluviosidade e Movimentos de Massa nas Encostas de Ouro Preto. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Civil, 2006.

CAVALCANTI, D.F. Brasil, leis, decretos, etc. (Legislação para a conservação da natureza: Decreto no 43.273, de 24 de fevereiro de 1958. Declara protetora, de acordo com o Art. II e seu parágrafo único, do Decreto Federal no 23.793, de 23 de janeiro de 1934, as florestas que indica). Rio de Janeiro: FBCN, p. 52-53, 1978, 1958.

CERRI, L. E. S. Introdução à metodologia da pesquisa em geociências e meio ambiente. Notas de aula. Unesp, Rio Claro (SP). 01 mar., 01 jul, 2013.

CERRI, L. E. S. Riscos geológicos associados a deslizamentos: uma proposta para prevenção de acidentes. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, SP, 197 p. 1993.

CERRI, L.E.S.; MACEDO, E.S de.; OGURA, A.T.; NUNES, C.M.; CARNEIRO, S.R.R. Plano Preventivo de defesa civil para minimização das consequências de escorregamentos em municípios da Baixada Santista e Litoral Norte do Estado de São Paulo. In: Simpósio Latino-Americano sobre risco geológico urbano, 1º, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo, ABGE. 395-408. 1990.

COLLINS, B.; ZNIDARCIC, D. Triggering mechanisms of rainfall induced debris Flows. In: Second Panamerican Symposium on Landslides, 1997, Rio de Janeiro. Second Panamerican Symposium on Landslides/ 2o. Congresso Brasileiro de Estabilidade de Encostas, **Proceedings**, v.1, p.277-286.1997.

COROMINAS, J.; MOYA, J. Reconstructing recent landslide activity in relation to rainfall in the Llobregat River basin, Eastern Pyrenees, Spain. *Geomorphology*, [S.I.], v. 30, p. 79-93. 1999.

CRAWFORD, K. C. Considerations for the design of a hydrologic data network using multivariate sensors. **Water Resources Research**. v. 15, 1752-1762, 1979.

CREUTIN, J. D.; OBLED, C. Objective analysis and mapping techniques for rainfall fields: an objective comparison. **Water Resources Research**. v. 18, 413-431, 1982.

CRUDEN, D, M.; VARNES, D. J. Landslides: type and processes. In: TURNER, A. K.; SCHUSTER, R. L. **Landslides investigation and mitigation**. Washington: Transportation Research Board, National Research Council – Special Report, 247. Cap. 3, p. 36-75. 1996.

D'ORSI, R. N. Correlação entre Pluviometria e Deslizamentos no Trecho da Serra dos Órgãos da Rodovia Federal BR – 116 RJ (Estrada Rio – Teresópolis). 287 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

D'ORSI, R.; D'ÁVILA, C.; ORTIGÃO, J.A.R.; DIAS, A.; MORAES, L.; SANTOS, M.D. Rio-Watch: The Rio de Janeiro Landslide Watch System. Proc. 2nd. Pan-American Symp. In: **Landslide**. Rio de Janeiro, pp: 21-30. 1997.

DELMONACO, G.; IPPOLITO, F.; MARGOTTINI, C. **The CEC Project. Meteorological Factors influencing slope stability and slope movement type: evaluation of hazard prone areas.** Proc. 1st Review Meeting of Hydrological and Hidrogeological Risks. Brussels, p. 259-283, editado por R. Casale, Official Publications of European Communities. Bruxelas. 1995.

DESTRO, E.; MARRA, F.; NIKOLOPOULOS, E. I.; ZPCATELLI, D.; CREUTIN, J. D.; BORGA, M. Spatial estimation of debris flows-triggering rainfall and its dependence on rainfall return period. **Geomorphology**. 278. Pp. 269-279. 2017.

DIAS, V. C.; VIEIRA, B. C.; GRAMANI, M. F. Parâmetros morfológicos e morfométricos como indicadores da magnitude das corridas de detritos na Serra do Mar Paulista. **Confinos** [Online], 29 | 2016.

DOMINGUES, E. N. Caracterização das feições erosivas e relações com o meio hidrobiológico em áreas impactadas da Serra do Mar, na região de Cubatão (SP). São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 20, n. 1, p. 61-71, 2001.

DOMINGUES, E.N. & SILVA, D.A. da. Geomorfologia do Parque Estadual de Carlos Botelho – SP. Boletim Técnico do Instituto Florestal, v. 42, p. 71-105, 1988.

DOMINGUES, E.N.; SILVA, D.A. da; VELLARDI, A.C.V. Correlações topomorfológicas, geológicas e de declividades do Parque Estadual de Carlos Botelho – SP. Boletim Técnico do Instituto Florestal, v. 41, n. único, p. 71-105, 1987.

DOMINGUES, E.N.; VELLARDI, A.C.V.; NALON, M.A. Levantamento hidrogeomorfológico detalhado de área florestal serrana: Serra do Mar, região de Cubatão, SP. Revista do Instituto Florestal, v. 4, n. único, Parte 3, Ed. Especial, p. 906-912, 1992.

ELBACHÁ, A.T.; CAMPOS, L.E.P.; BAHIA, R.F.C. **Tentativa de correlação entre precipitação e deslizamentos na cidade de Salvador.** 1ª Conferência Brasileira sobre estabilidade de Encostas. 1ª COBRAE. 1992.

EMBLETON, C.; THORNES, J. **Process in Geomorphology.** London: Edward Arnold, 436 p. 1979.

EM-DAT. **International Disaster Database.** 2008. Disponível em: <www.emdat.be>. Acesso em: 05 mar. 2015.

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

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; VARGAS JÚNIOR, E. A. **modelagem de Previsão de Movimentos de Massa a partir de combinação de Modelos de Deslizamentos e Corridas de Massa.** Tese de Doutorado – Pós-Graduação em Ciências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ). 2006.

FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA, B.C.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H. Condicionantes geológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, . p. 51-71. 2001.

FERRARO, R. R. SSM/I derived global rainfall estimates for climatological applications. **Journal Geophysics Research.**, 102, pp: 16715-16735, 1997.

FOURIE, A. B.; BLIGHT, G. E.; PINHEIRO, J. Subsurface contamination by leachate at six unlined landfill sites in South Africa. 7th Int. Waste Man. & Landfill Symp. Cagliari, Italy, 1, 133-140. 1999.

FREIRE, E. S. de M. Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática. **Construção**, Rio de Janeiro, 8(95): 10-18. 1965.

FUKUOKA, M. Landslides associated with rainfall. **Geotechnical Eng.**, p. 1-29. 1980.

GANDIN, L. S. **Objective Analysis of Meteorological Fields**. English translation by R. Harding, Israel Program for Scientific Translation, 242 p. 1963.

GAO, J. Identification of Topographic Settings Conductive to Landsliding From Dem in Nelson County, Virginia, U.S.A. **Earth Surf. Proc. and Land.**, vol 18, p. 579-591, 1993.

GARLAND, G.G.; OLIVIER, M. Predicting landslides from rainfall in a umid, sub-tropical region. **Geomorphology**. 8. Amsterdam. p. 165-173. 1993,

GIANNECCHINI, R.; GALANTI, Y.; AVANZI, G. D.; BARSANTI, M. Probabilistic rainfall thresholds for triggering debris flows in a human-modified landscape. **Geomorphology**, v. 257, pp 94–107, 2016.

GRAMANI, M.F. Caracterização geológica-geotécnica das corridas de detritos (“Debris Flows”) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais. 372f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Solos) – EPUSP - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

GRAMANI, M.F. Estimativa de trajetória e raio de alcance de corrida de detritos (Debris Flow): aplicação em afluente do Rio Pilões, Serra do Mar, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 17., Goiânia. **Anais...** 2014.

GREENWAY, D. R. Vegetation and slope stability. In: ANDERSON, M. G. E RICHARDS, K. S., Chichester, (Eds) **Vegetation and slope stability**. p. 187-229, 1987.

GUIDICINI, G.; IWASA, O. Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e deslizamento em meio tropical**. IPT. São Paulo, n 1080. 1976.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: Editora da USP, 1984.

GUSMÃO FILHO, J. A. Chuva e Deslizamentos nas Encostas Ocupadas. In Workshop “A Meteorologia e os Recursos Hídricos Aplicados à Defesa Civil” - Recife. 1997.

GUZZETTI, F.; PERUCCACCI, S.; ROSSI, M.; STARK, C. P. The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows: an update. **Landslides**, 5(1), p. 3–17, 2008.

HASEGAWA, S. Classification of slope movements forms – their description and interpretation. In: IV INTERNATIONAL CONFERENCE AND FIELD WORKSHOP ON LANDSLIDES. Tokyo: **Proceedings...** p. 11-16. 1985.

IDE, F.S. Deslizamento, meteorologia e precipitação: uma proposta de método de investigação para a prevenção e monitoramento de riscos, aplicado em Campinas/SP. Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. 153p. 2005.

INFANTI JÚNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. **Processos de Dinâmica Superficial**. In: Editor Geral et al. Geologia de Engenharia. São Paulo ABGE. Cap. 9, p. 131. São Paulo. 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Programa Serra do Mar – levantamentos básicos nas folhas de Santos e Riacho Grande, Estado de São Paulo**. Anexo A – Estudos geológicos e geomorfológicos. São Paulo, Relatório 23.394, 1986.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Programa Serra do Mar: Carta geotécnica da Serra do Mar nas folhas de Santos e Riacho Grande**. São Paulo, 1988a.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Programa Serra do Mar: Estudo geotécnico dos principais mecanismos de instabilização na Serra do Mar**. São Paulo, 1988b.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Diretrizes para o estabelecimento de Plano Preventivo de Defesa Civil – deslizamentos/Serra do Mar**. São Paulo. 1989.

INSTITUTO GEOLÓGICO. **Cadastro Georreferenciado de Eventos Geodinâmicos: 50 Municípios da Região Metropolitana de São Paulo, Baixada Santista e Litoral Norte**. Projeto Transporte Sustentável de São Paulo (P127723). 2017.

INTRIERI, E.; GIGLI, G.,; MUGNAI, F.; FANTI, R.; CASAGRI, N. Design and implementation of a landslide early warning system. **Engineering Geology**, v. 147, pp: 124-136. 2012.

JU, N.; HUANG, J.; HUANG, R.; HE, C.; LI, Y. A Real-time monitoring and early warning system for landslides in Southwest China. *Journal of Mountain Science* 12(5). PP. 1219-1228. 2015.

KAY, J.N.; CHEN, T. Rainfall-landslide relationship for Hong Kong. Proc. ICE. **Geotechnical Engineering**, Bangkok, vol. 113, pp. 117-118. 1995.

KIRSCHBAUM, D.; ADLER, R.; ADLER, D.; PETERS-LIDARD, C.; HUFFMAN, G. Global distribution of extreme precipitation and high-impact landslides in 2010 relative to previous years. **J. Hydrometeorol.** 13, p.1536–1551. 2012.

KOTTA, H. Z.; RANTELOBO, K.; TENA, S.; KLAU, G. Wireless sensor network for landslide monitoring in nusa tenggara timur. **TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering**, v. 9, ed. 1, pp: 9-18. 2011.

KUMMEROW, C.; COAUTHORS. The evolution of the Goddard profiling algorithm (GPROF) for rainfall estimation from passive microwave sensors. **Journal Appl. Meteor**, 39, 1801-1820, 2001.

KURIAKOSE, S. L. Effect of vegetation on debris flow initiation: conceptualization and parameterization of a dynamic model for debris flow initiation in Tikovil River Basin, Kerala, India, using PCRaster. Tese de Doutorado em Ciência da

Geoinformação e Observação da Terra - International Institute for Geo-information Science and Earth Observation and the Indian Institute of Remote Sensing (NRSA), India, 2006.

LARSEN, M.C.; TORRES SÁNCHEZ, A.J. Landslides triggered by hurricane Hugo in eastern Puerto Rico, September 1989. **Caribbean J. of Science**, v.28, p. 113-120. 1993.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial processes in Geomorphology**. São Francisco, W. H. Freeman, 1964.

LEPORE, C.; KAMAL, S. A.; SHANAHAN, P.; BRAS, R. L. Rainfall Induced Landslide Susceptibility Zonation of Puerto Rico. **Environ. Earth Sci.**, 66, p. 1667–1681, doi:10.1007/s12665-011-0976-1, 2012.

LUMB, P. Slope failures in Hong Kong. **Quarterly Journal of Engineering Geology**, London, vol. 8, pp. 31-35. 1975.

MA, T.; LI, C.; LUH, Z.; BAO, Q. Rainfall intensity–duration thresholds for the initiation of landslides in Zhejiang Province, China. **Geomorphology**, v. 245, pp: 193-206. 2015.

MEIS, M. R. M.; XAVIER DA SILVA, J. Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 55-73. 1968.

MONTEIRO, C. A. F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. **Revista Geográfica**, São Paulo, Instituto Pan-Americano de Geografia e História. Rio Claro, 1962.

MOORE, I. D., GRAYSON, R. B., LADSON, A. R. Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrological Processes**, vol. 5, p. 3-30, 1991.

MURK, B.W.; SKINNER, B.J.; PORTER, S.C. Environmental Geology. New York: John Wiley & Sons, New York, 1996.

NERY, T.D. **Avaliação da susceptibilidade a deslizamentos translacionais rasos na Bacia da Ultrafértil, Serra do Mar (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2011.

NG, C.W.W.; SHI, Q. Influence on rainfall intensity and duration on slope stability in unsaturated soils. *Quarterly journal of Engineering Geology* 31. p. 105-113. 1998.

NI, J.; WANG, G. **Some aspects of the mechanism of debris flow**. In: FRENCH, R.H. (ed.) – *Hydraulics/Hidrology of Arid Lands (H2AL)*. p.422-427. 1990.

NIELSEN, T. H.; BRABB, E. E. Slope stability studies in the San Francisco Bay region, California. **Reviews in Engineering Geology-GSA**, 3: 235-243. 1977.

NILSEN, T. H.; TAYLOR, F.A.; BRABB, E. E. Recent landslides in Alameda County, California (1940-71) U S. **Geol. Surv.** 1976.

ONODERA, T.; YOSHINAKA, R.; KAZAMA, H. Slope failures caused by heavy rainfall in Japan. In: Cong. Int Assoc. Eng. Geol. 2, São Paulo, **Anais...**, São Paulo, ABGE, v. 2, tema 5, p. 1-11. 1974.

PAZ, A. R. D.; COLLISCHONN, W. Avaliação de estimativas de campos de precipitação para modelagem hidrológica distribuída. **Revista Brasileira de Meteorologia**. 109-120. 2011. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/269575306_ANALISE_DA_MODELAGEM_DINAMICA_DA_PRECIPITACAO_EM_UMA_BACIA_HIDROGRAFICA_NO_SEMIARIDO> Acesso em: 26 jul. 2017.

PEDROSA, M.G.A. Análise de correlações entre pluviometria e deslizamentos de talude. Tese de Doutorado – COPPE/UFR, Engenharia, Rio de Janeiro, R. 1994.

PEREIRA FILHO, A. J. Integrating gauge, radar and satellite rainfall. **In:** 2nd International Precipitation Working Group Workshop, 2004, Monterey, California. 2004.

PEREIRA FILHO, A. J., NEGRI, A.J., NAKAYAMA, P.T. An intercomparison of gauge, radar and satellite rainfall in the tropics. **Journal of Geophysical Research**, 2003.

PEREIRA FILHO, A. J.; BARROS, M. T. L. Flood warning system for megacities: a Brazilian perspective. **In:** International Conference on Hydrology in a changing environment, British Hydrological Society **Proceedings**, 1998.

PEREIRA FILHO, A. J.; CRAWFORD, K. C. Integrating WSR-88D estimates and Oklahoma Mesonet measurements of rainfall accumulation: hydrologic response. **In:** 3rd International symposium on hydrological applications of weather radars, 1995, São Paulo. 3rd International symposium on hydrological applications of weather radar. São Paulo: ABRH/IAHR, p. 169-178, 1995.

PEREIRA FILHO, A. J.; MASSAMBANI, O.; HALLAK, R.; KARAM, H. A hydrometeorological forecast system for the Metropolitan Area of São Paulo. **In:** World Weather Research Program Symposium on Nowcasting and Very Short Range Forecasting, 2005, Toulouse. World Weather Research Program Symposium on Nowcasting and Very Short Range Forecasting. Toulouse: MeteoFrance, 2005.

PEREIRA FILHO, A.J.; VEMADO, F.; VEMADO, G.; REIS, F.A.G.V.; GIORDANO, L.C; CERRI, R.I.; SANTOS, C.C.; LOPES, E.S.S.; GRAMANI, M.F; OGURA, A.T; ZAINÉ, J.E.; CERRI, L.E.; AUGUSTO FILHO, O; D’AFFONSECA, F.M.; AMARAL, C.S. A step towards integrating CMORPH precipitation estimation with rain gauge measurements. **Advances in Meteorology**, 2018 (prelo).

PETRUCCI, O.; PASQUA, A.A. A methodological approach to characterise Landslide Periods based on historical series of rainfall and landslide damage. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.** 9: 1955-1670. 2009.

PORTAL BRASIL. **Ciência e tecnologia**. Satélite Meteorológico mais eficaz do mundo envia dados ao INPE. Disponível em:
<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2017/05/satelite-meteorologico-mais-eficaz-do-mundo-envia-dados-ao-inpe> > Acesso em 5 mai 2017.

PREMCHITT J.; LAM, T.S.K.; SHEN, J.M.; LAM, H.F. **Rainstorm runoff on slopes**. GEO Report No. 12, Geotechnical Engineering Office. Hong Kong, 218p. 1992.

PUN, K. F.; HUI, I.K.; LEWIS, W.; LAU, H.C.W. A multiple-criteria environmental impact assessment for the plastic injection molding process: A methodology", **Journal of Cleaner Production** 11 (1), p. 41-49. 2003.

RAHARDJO, H.; FREDLUND, D. G. Stress Paths for shear Strength Testing of unsaturated Soils, In: 11th S.E.A.G.C. Singapore. 1993.

RAMESH, M. V. Design, development, and deployment of a wireless sensor network for detection of landslides. **Ad Hoc Networks**, v. 13, pp: 2-18. 2014.

ROSI, A.; BERTI, M.; BIOCCHI, N.; CASTELLI, G.; CORSINI, A.; MAMEI, M.; ZAMBONELLI, F. Landslide monitoring with sensor networks: experiences and lessons learnt from a real-world deployment. **International Journal of Sensor Networks**, v. 10, ed.3, pp: 111-122. 2011.

SALAROLI, I.S. Movimentos de Massa no Município de Vitória – ES: Inventário, caracterização e indicativos de um modelo comportamental. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. 2003.

SALDANHA, C. B.; PAZ, A. R.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; BARRERA, D. Avaliação da Chuva do Hidroestimador para Modelagem Hidrológica na Região da Bacia do Rio Grande. XVII Simpósio de Recursos Hídricos – São Paulo. **Anais...**, 2007.

SASSA, K. The geotechnical classification of landslides. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND FIELD WORKSHOP ON LANDSLIDES. Tokyo. **Proceedings...**p. 31-40. 1985.

SEGONI, S.; ROSI, A.; ROSSI, G.; CATANI, F.; CASAGLI, N. Analysing the relationship between rainfalls and landslides to define a mosaic of triggering thresholds for regional-scale warning systems, **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, 14, 2637–2648, doi:10.5194/nhess-14-2637-2014, 2014b.

SEGONI, S.; ROSSI, G.; ROSI, A.; CATANI, F. Landslides triggered by rainfall: a semiautomated procedure to define consistent intensity-duration thresholds, **Comput. Geosci.**, 30, 123– 131, 2014a.

SELBY, M. J. **Hillslope: materials and process**. Oxford, England: Oxford University Press, p 451, 1993.

SHARPE, C. F. S. **Landslide and Related Phenomena**. Peagent, New Jersey, 137 p. 1938.

SILVA JÚNIOR, P. S. Estudo da pluviometria para análise de eventos perigosos de natureza hidrológica e geológica em São Carlos – SP. Monografia – Graduação em Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). São Carlos, SP. 2016.

SILVA SANTOS, M.R. da.; VITORINO, M.I.; BRAGA, CC.; SOUTO, J.I. de O.; MOURA, M. do N.; FERREIRA JR, P.P. Padrões de precipitação mensal na mesorregião metropolitana de Belém: uso do CMORPH e componentes principais. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.9, n.07. p.2301-2311. 2016.

SILVA, N. L. de L. Correlação entre pluviosidade e movimentos gravitacionais de massa no Alto Ribeirão do Carmo/MG. Dissertação de Mestrado –

Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG. 2014.

SOARES, E. P. Caracterização da precipitação na região de Angra dos Reis e a sua relação com a ocorrência de deslizamentos de encostas. Dissertação de Mestrado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 145 p. 2006.

SORRE, M. Les Fondements de la Géographie Humaine. Tome Premier: Les fondements biologiques. Paris: Armand. Colin, 1951.

TAKAHASHI, T. **Debris Flows**. International Association for Hydraulic Research (IAHR), Monograph Series. Published: A. A. BALKEMA/ROTTERDAM/1991. 164 pag. 1991.

TATIZANA, C.; OGURA, A. T.; CERRI, L. E. S.; ROCHA, M. C. M. Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e deslizamentos aplicado às encostas da Serra do Mar no município de Cubatão. In: **Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia**, v. 2, pp 237-248, São Paulo, 1987b.

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 do 5º Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia**, v. 2 , pp. 225-236, São Paulo , 1987a.

TAVARES, R; ARMANI, G; PRESSINOTTI, MMN; SANTORO, J; GALINA, MH. Análise da variabilidade temporal e espacial das chuvas associada aos movimentos gravitacionais de massa na Baixada Santista – SP. In: 11º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. ABGE, Florianópolis, Santa Catarina, **Anais...** p. 1067-1083, 2005.

TERZAGHI, K. **Mecanismos de deslizamentos de terra**. Trad. De Ernesto Pichler. São Paulo: Grêmio Politécnico. 41 p. 1950.

TERZIS, A.; ANANDARAJAH, A.; MOORE K, AND WANG I. Slip surface localization in wireless sensor networks for landslide prediction. In: **Proceedings of the 5th international conference on Information processing in sensor networks**. ACM, New York, USA. pp 109-116. 2006.

TOMINAGA, K.L.. **Desastres Naturais: Por que ocorrem?** In: Desastres naturais: conhecer para prevenir / Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosangela do Amaral (orgs.) –. São Paulo : Instituto Geológico, 2009. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>> Acesso em: 25 abr. 2016.

TOMINAGA, L.K. **Avaliação de metodologias de análise de risco a deslizamentos: Aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

UNISDR. **Marco de Ação de Hyogo (MAH)**. 2005. Disponível em: <www.unisdr.org/hfa>. Acesso em 01 out. 2018.

VARGAS, M.; PICHLER, E. Residual soil and rocks slides in Santos (Brazil). In: INTERNATIONAL CONGRESS SOIL MEC. AND FUND. ENG., 4, London. **ProceeDings...**p. 394-398. 1957.

VARNES, D. J. Landslide Types and Processes. In: Eckel, E.B. (editor). **Landslides and Engineering Practice**. Highway Research Board. Special Report 20-1958. Publication 544. NAS/NRC. p.20-47. 1958.

VARNES, D. J. Slope movements, types and processes. In: LANDSLIDES ANALYSIS AND CONTROL, Special Report 176. **National Academic of Sciences**, Washington. 1978.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e aplicações**. Viçosa, p. 381-421. 1991.

WIECZOREK, G. F. Effects of rainfall intensity and duration on debris flows in Central Santa Cruz mountains, California. **Reviews in Engineering Geology**, v. 3, p. 93-104. 1987.

WOLLE, C. M. Análise dos deslizamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encostas. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, Brasil. 1988.

WOLLE, C. M. e CARVALHO, C. S. Taludes Naturais. In: FALCONI, F. F.; JUNIOR, N. (Org.), **Solos do Litoral de São Paulo**. São Paulo: ABMS. p. 180-203. 1994.

WOLLE, C.M.; CARVALHO, C.S. Deslizamentos em Encostas na Serra do Mar. **Solos e Rochas**, v. 12, número único, p. 27-36. 1989.

YIN, Y.; WANG, H.; GAO, Y.; LI, X. Real-time monitoring and early warning of landslides at relocated Wushan Town, the Three Gorges Reservoir, China. **Landslides**, v.7, pp: 339-349. 2010.

ZHUANG, J.Q.; CUI, P.; WANG, G.; CHEN, X.Q.; IQBAL, J.; GUO, X.J. Rainfall thresholds for the occurrence of debris flow in the Jiangjia Gully, Yunnan Province, China. **Engineering Geology**, v. 195, pp: 335-346. 2015.

**APÊNDICE 1 – Registros de acidentes ocorridos em Cubatão de 2000 e 2013 -
IG (2017)**

Data do evento	Bairro	Grau de confiabilidade	Descrição do evento	Hora de início do evento	Duração do evento	Duração da precipitação	Coordenada X UTM Fuso 23S	Coordenada Y UTM Fuso 23S
15/02/2000	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,301435	7358029,06214
17/02/2000	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,728664	7357832,83905
29/03/2000	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,657357	7356970,69526
29/03/2000	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,657357	7356970,69526
29/03/2000	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,728664	7357832,83905
29/03/2000	-	3	Deslizamento	-	-	-	349885,592642	7355174,03308
29/03/2000	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,014695	7356068,18153
29/03/2000	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,014695	7356068,18153
29/03/2000	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,014695	7356068,18153
28/03/2000	-	4	Deslizamento	-	24:00:00	-	355255,014695	7356068,18153
29/03/2000	Morro do Marzagão	4	Deslizamento	-	-	-	355255,014695	7356068,18153
29/03/2000	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351703,596545	7358063,81629
04/09/2000	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,301435	7358029,06214
27/11/2000	Pedreira Mantiqueira	3	Deslizamento	-	-	-	360770,050356	7360979,59152
17/11/2001	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,728664	7357832,83905
15/01/2002	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,657357	7356970,69526
14/06/2002	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351681,700156	7358242,00616
14/06/2002	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,728664	7357832,83905
14/06/2002	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,728664	7357832,83905
14/06/2002	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,728664	7357832,83905
15/06/2002	Água Fria	4	Deslizamento	-	-	-	355255,014695	7356068,18153
15/06/2002	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,657357	7356970,69526
15/06/2002	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,657357	7356970,69526
15/06/2002	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,728664	7357832,83905
15/06/2002	-	3	Deslizamento	-	-	-	350850,434646	7356006,59967
23/10/2002	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,301435	7358029,06214
02/11/2002	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,657357	7356970,69526
23/11/2002	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,657357	7356970,69526
08/12/2002	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,014695	7356068,18153
09/12/2002	Vila Fabril	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351930,368661	7358224,07575
09/12/2002	-	4	Deslizamento de solo	-	-	-	351847,728664	7357832,83905
09/12/2002	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,301435	7358029,06214
09/12/2002	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,657357	7356970,69526

09/12/2002	Vila Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
11/12/2002	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
09/12/2002	Cota 200	3	Deslizamento de solo	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
09/12/2002	Cota 95	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
13/10/2003	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
02/11/2003	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/01/2004	-	4	Deslizamento	-	24:00:0 0	-	355255,0146 95	7356068,181 53
02/01/2004	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
04/03/2004	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
04/03/2004	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
04/03/2004	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
04/03/2004	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
04/03/2004	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
04/03/2004	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
04/03/2004	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	-	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	-	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	-	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	-	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	-	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	-	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	18:00	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	18:00	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	18:00	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	18:00	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	18:00	-	-	357439,0481 24	7353059,307
04/03/2004	Grotão	3	Deslizamento	14:00	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
06/03/2004	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
05/03/2004	Jardim São Marcos	3	Deslizamento	-	-	-	359554,1841 37	7363140,377 6

05/03/2004	Cota 400	3	Deslizamento	-	-	-	357439,0481 24	7353059,307
11/12/2004	-	4	Deslizamento	7:45:00	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
19/01/2005	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
21/01/2005	-	4	Deslizamento	23:31:0 0	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
11/01/2005	Grotão da Cachoeira	3	Deslizamento	1:30:00	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
11/01/2005	Grotão da Cachoeira	3	Deslizamento	1:30:00	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
21/01/2005	Grotão do Miranda	4	Deslizamento	22:30:0 0	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
18/01/2005	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
22/01/2005	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
22/01/2005	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
17/04/2005	-	4	Deslizamento	3:00:00	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
14/09/2005	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
31/10/2005	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
01/11/2005	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
01/11/2005	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
01/11/2005	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
07/11/2005	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
06/02/2010	Pinheiro do Miranda	3	Deslizamento	-	-	-	351384,0733 56	7358099,396 05
08/11/2005	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
02/12/2005	Água Fria	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
02/12/2005	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
02/12/2005	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
31/01/2006	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
11/02/2006	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
11/02/2006	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
11/02/2006	Pilões	3	Deslizamento	-	-	-	351639,3017 27	7356940,388 22
08/02/2006	Grotão	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
08/02/2006	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
13/03/2006	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
19/03/2006	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
09/05/2006	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
30/11/2006	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
01/12/2006	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05

05/04/2007	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
05/04/2007	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
24/10/2007	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
07/12/2007	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
19/12/2007	Cota 95	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351662,4705 43	7358101,822 48
02/02/2008	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
12/03/2008	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
16/03/2008	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
25/03/2008	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
02/05/2008	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351623,0892 55	7358155,306 98
09/10/2008	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
18/10/2008	Cota 400	3	Deslizamento	-	-	-	357439,0481 24	7353059,307
19/10/2008	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
19/10/2008	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
19/10/2008	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
20/10/2008	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
17/11/2008	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
17/11/2008	Grotão	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
15/02/2009	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
18/03/2009	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
18/03/2009	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
18/03/2009	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351681,7001 56	7358242,006 16
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351681,7001 56	7358242,006 16
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05

19/03/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
19/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Corrida de massa	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Cabeceira do Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Cabeceira do Grotão	3	Corrida de massa	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/03/2009	Cabeceira do Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/02/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
20/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
20/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
20/03/2009	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
20/03/2009	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
18/03/2009	Grotão	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
29/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
29/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
29/03/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
05/05/2009	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
29/05/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
26/06/2009	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
11/07/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
29/07/2009	Cota 400	3	Deslizamento	-	-	-	357439,0481 24	7353059,307
30/07/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
31/07/2009	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
11/09/2009	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
22/09/2009	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
08/10/2009	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
08/10/2009	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
08/10/2009	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
08/10/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14

08/10/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
08/10/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
16/10/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
16/10/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
17/10/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
17/10/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
28/10/2009	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
28/10/2009	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
28/10/2009	Pilões	3	Deslizamento	-	-	-	351639,3017 27	7356940,388 22
27/10/2009	Grotão	3	Corrida de massa	-	48:00:0 0	-	351847,7286 64	7357832,839 05
27/10/2009	Pilões	3	Deslizamento	-	48:00:0 0	-	351639,3017 27	7356940,388 22
11/11/2009	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
08/01/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
08/01/2010	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
10/01/2010	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
18/01/2010	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
18/01/2010	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
21/01/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
22/01/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
22/01/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
22/01/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
22/01/2010	Pilões	3	Deslizamento	-	-	-	351639,3017 27	7356940,388 22
25/01/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
25/01/2010	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
26/01/2010	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
26/01/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
06/02/2010	Pinhal do Miranda	3	Deslizamento	-	-	-	351384,0733 56	7358099,396 05
06/02/2010	Pinhal do Miranda	3	Deslizamento	-	-	-	351384,0733 56	7358099,396 05
09/02/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
24/02/2010	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
25/02/2010	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
09/03/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
09/03/2010	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
11/03/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
15/03/2010	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14

15/03/2010	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
17/03/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
19/03/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
24/03/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
07/04/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
05/04/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	24:00:0 0	-	351847,7286 64	7357832,839 05
05/04/2010	Mantiquei ra	4	Deslizamento	-	24:00:0 0	-	355255,0146 95	7356068,181 53
06/04/2010	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento de solo	-	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
06/04/2010	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento	-	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
06/04/2010	Grotão	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
06/04/2010	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento de solo	-	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
07/04/2010	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento de solo	-	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
18/04/2010	Pinhal do Miranda	3	Deslizamento	-	-	-	351639,3017 27	7356940,388 22
22/06/2010	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
22/06/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
14/07/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
16/07/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
16/07/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
19/07/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
03/08/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
29/09/2010	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
11/11/2010	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
23/11/2010	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
02/12/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
07/12/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
15/12/2010	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
15/12/2010	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
15/12/2010	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
16/12/2010	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
15/12/2010	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351703,5965 45	7358063,816 29
15/12/2010	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
31/12/2010	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
03/01/2011	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
03/01/2011	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14

03/01/2011	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
03/01/2011	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento	-	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
04/01/2011	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
02/01/2011	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
02/01/2011	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
02/01/2011	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
02/01/2011	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
02/01/2011	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
06/01/2011	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
07/01/2011	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
07/01/2011	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
13/01/2011	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
19/01/2011	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
20/01/2011	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
20/01/2011	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
18/01/2011	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
21/01/2011	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
28/02/2011	Grotão	3	Deslizamento	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
28/02/2011	Água Fria	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
28/02/2011	Grotão	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351847,7286 64	7357832,839 05
28/02/2011	Pilões	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351639,3017 27	7356940,388 22
28/02/2011	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351662,4705 43	7358101,822 48
28/02/2011	Pilões	3	Deslizamento	-	-	-	351639,3017 27	7356940,388 22
02/03/2011	Pilões	3	Deslizamento de solo	-	-	-	351639,3017 27	7356940,388 22
21/03/2011	-	4	Deslizamento de solo	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
22/08/2011	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
15/10/2011	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
16/10/2011	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
30/12/2011	Pinhal do Miranda	3	Deslizamento	-	-	-	351579,1425 71	7358143,823 75
02/01/2012	Fabril	3	Deslizamento	-	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
09/01/2012	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
18/01/2012	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
27/01/2012	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
12/02/2012	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26

14/02/2012	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
27/02/2012	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
16/03/2012	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
16/03/2012	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
13/05/2012	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
16/12/2012	Mantiquei ra	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
16/12/2012	Vila Esperanç a	3	Deslizamento	-	-	-	351509,5891 06	7355704,869 79
15/12/2012	Cota 200	3	Deslizamento	18:50	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
16/12/2012	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
15/12/2012	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
04/01/2013	Cota 95	3	Deslizamento	20:10:0 0	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
06/01/2013	Cota 200	3	Deslizamento	19:50:0 0	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
06/01/2013	Cota 95	3	Deslizamento	16:00:0 0	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
09/01/2013	Cota 200	3	Deslizamento	15:45:0 0	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
09/01/2013	Vila Esperanç a	3	Deslizamento	15:45:0 0	-	-	351509,5891 06	7355704,869 79
09/01/2013	-	4	Deslizamento	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
09/01/2013	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento	17:00	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
09/01/2013	Pilões	3	Deslizamento	17:00	-	-	351639,3017 27	7356940,388 22
09/01/2013	Cota 95	3	Deslizamento	17:00	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
09/01/2013	Cota 200	3	Deslizamento	17:00	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
09/01/2013	Vila Nova	3	Deslizamento	17:00	-	-	355065,9534 56	7356379,692 44
09/01/2013	Jardim Caraguat á	3	Deslizamento	17:00	-	-	354434,6471 8	7352275,891 23
09/01/2013	Vila São José	3	Deslizamento	17:00	-	-	354997,4901 24	7355655,825 88
09/01/2013	Cota 95	3	Deslizamento	17:00	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
09/01/2013	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento	13:30	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
09/01/2013	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento	13:30	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
09/01/2013	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento	13:30	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
10/01/2013	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
10/01/2013	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento	-	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
10/01/2013	Pedreira Mantiquei ra	3	Deslizamento	-	-	-	360770,0503 56	7360979,591 52
10/01/2013	Cota	3	Deslizamento	-	-	-	350171,5564 82	7356889,639 33

11/01/2013	Cota 200	3	Deslizamento	9:45:00	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
10/01/2013	Pilões	3	Deslizamento	-	-	-	351639,3017 27	7356940,388 22
2013-01-10	Mantiquei ra	4	Erosão	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
10/01/2013	Cotas	3	Deslizamento	-	-	-	350171,5564 82	7356889,639 33
13/02/2013	Cota 200	3	Deslizamento	16:45:0 0	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
22/02/2013	Cota 200	3	Deslizamento	18:45:0 0	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
22/02/2013	Fabril	3	Deslizamento	16:35:0 0	-	-	351930,3686 61	7358224,075 75
22/02/2013	-	3	Deslizamento	-	-	-	353596,2459 44	7360437,437 83
22/02/2013	-	3	Deslizamento	-	-	-	354006,4807 97	7360359,533 76
22/02/2013	-	3	Deslizamento	-	-	-	353993,9779 1	7360186,088 46
23/02/2013	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
23/02/2013	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
23/02/2013	Cota 95	3	Deslizamento	8:00:00	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
24/02/2013	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
24/02/2013	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
22/02/2013	-	4	Deslizamento	16:30:0 0	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
22/02/2013	Cota 95	3	Deslizamento	17:00	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
24/02/2013	Cota	3	Deslizamento	-	-	-	350171,5564 82	7356889,639 33
26/02/2013	Cota	3	Deslizamento	-	-	-	350171,5564 82	7356889,639 33
28/02/2013	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
28/02/2013	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
22/02/2013	-	4	Deslizamento de solo	-	-	-	355255,0146 95	7356068,181 53
17/03/2013	Cota 200	3	Deslizamento	-	-	-	349872,6573 57	7356970,695 26
01/07/2013	Cota 95	3	Deslizamento	-	-	-	351856,3014 35	7358029,062 14
29/03/2000	-	3	Deslizamento	-	-	-	354738,4339 21	7355941,376 97
02/03/2011	Pilões	3	Deslizamento	-	-	-	351460,0617 89	7356610,835 52

APÊNDICE 2 – Seleção dos eventos extremos e Cubatão (precipitação acumulada em, 72 horas superior a 80 mm)

Data	Eventos extremos (A.c 72 h)	Acumulado 4 días antecedentes (mm)				
		4º día	3º día	2º día	1º día	Ac. 4 días (mm)
27/03/1985	137,5	0,9	0	134	3,5	138,4
28/03/1985	229,6	60,5	0,7	0	101,7	162,9
29/03/1985	169	0	101,7	127,9	41,1	270,7
31/03/1985	119,4	0	0,5	0	112,3	112,8
01/04/1985	119,7	0,5	0	112,3	7,1	119,9
30/01/1986	127,7	0	16,5	9,9	7,3	33,7
31/01/1986	166,4	16,5	9,9	7,3	110,5	144,2
01/02/1986	168,6	9,9	7,3	110,5	48,6	176,3
05/02/1986	168,7	0	0	148,6	5,5	154,1
22/02/1986	96,1	170,4	1,7	2,7	73,9	248,7
23/02/1986	115,7	1,7	2,7	73,9	19,5	97,8
24/02/1986	132,7	2,7	73,9	19,5	22,3	118,4
25/02/1986	138,4	73,9	19,5	22,3	90,9	206,6
26/02/1986	118,9	19,5	22,3	90,9	25,2	157,9
27/02/1986	142,1	0	2,5	11,9	15,2	29,6
28/02/1986	130,2	2,5	11,9	15,2	115	144,6
01/03/1986	115	11,9	15,2	115	0	142,1
30/03/1986	83,3	0	0	0	10,4	10,4
31/03/1986	100,2	0	0	10,4	72,9	83,3
01/04/1986	89,8	0	10,4	72,9	16,9	100,2
29/06/1986	139,7	63,9	39,0	3,5	24,1	130,5
30/06/1986	149,9	39,0	3,5	24,1	112,1	178,7
01/07/1986	127,3	3,5	24,1	112,1	13,7	153,4
05/07/1986	106,4	0	44,3	63,9	39	147,2
28/08/1986	116,4	0	0	0	17,6	17,6
29/08/1986	212,5	0	0	17,6	98,8	116,4
30/08/1986	221,4	0	17,6	98,8	96,1	212,5
31/08/1986	127,8	17,6	98,8	96,1	26,5	239
01/09/1986	84,4	0	1,2	22,7	54	77,9
29/09/1986	86,1	10	0,7	0	1,3	12
30/09/1986	125,1	0,7	0	1,3	84,8	86,8
01/10/1986	131,7	0	1,3	84,8	39	125,1
29/10/1986	122,0	16,7	-	-	23,3	40,0
30/10/1986	152,2	0,0	0,0	23,3	98,7	122,0
31/10/1986	137,9	0,0	23,3	98,7	30,2	152,2
01/11/1986	110,5	9	6,1	52,7	49,2	117
28/11/1986	122,4	0	1,7	0	2,1	3,8
29/11/1986	237,6	1,7	0	2,1	120,3	124,1
30/11/1986	250,7	0	2,1	120,3	115,2	237,6
01/12/1986	132,6	2,1	120,3	115,2	15,2	252,8
31/12/1986	100,9	22,2	33,4	0	37,2	92,8
01/01/1987	100,9	33,4	0	37,2	63,7	134,3
01/02/1987	95,2	0	10	41,5	21,7	73,2
28/02/1987	196,2	0	2,5	1	146,2	149,7
01/03/1987	196,4	2,5	1	146,2	49	198,7
01/04/1987	145	0	30	78,9	34,6	143,5
06/04/1987	143,5	0	0	30	78,9	108,9
31/05/1987	140	0	0,9		100,2	101,1
01/06/1987	140,5	0,9		100,2	39,8	140,9
01/10/1987	82,4	0	0	6,2	72,9	79,1
31/10/1987	95,8	0	0	31,9	59,1	91
01/11/1987	83,6	0	31,9	59,1	4,8	95,8

Data	Eventos extremos (A.c 72 h)	Acumulado 4 días antecedentes (mm)				
		4º día	3º día	2º día	1º día	Ac. 4 días (mm)
31/12/1987	124,3	0	2,4	1,4	116,2	120
01/01/1988	122,9	2,4	1,4	116,2	6,7	126,7
06/01/1988	98,4	2	6,9	3,4	0	12,3
26/01/1988	132,4	30,6	8,5	26	25,5	90,6
27/01/1988	137,3	8,5	26,0	25,5	80,9	140,9
28/01/1988	240,8	26,0	25,5	80,9	30,9	163,3
29/01/1988	222,0	25,5	80,9	30,9	129,0	266,3
30/01/1988	199	80,9	30,9	129	62,1	302,9
31/01/1988	89,7	28,2	34,3	0	35,7	98,2
01/02/1988	102,7	34,3	0	35,7	54	124
06/03/1988	109,6	21,5	19,7	60,2	42,7	144,1
31/03/1988	84,6	22,6	0,7	0	52,6	75,9
01/04/1988	113	0,7	0	52,6	32	85,3
06/04/1988	120,1	0	57,6	119,7	0,4	177,7
29/04/1988	103,9	0	0	0	34,5	34,5
30/04/1988	135,5	-	-	34,5	69,4	103,9
01/05/1988	101,8	0,0	34,5	69,4	31,6	135,5
28/08/1988	81,1	0	0	26,7	20,7	47,4
29/08/1988	127,9	0	26,7	20,7	33,7	81,1
30/08/1988	175,1	26,7	20,7	33,7	73,5	154,6
31/08/1988	158,3	20,7	33,7	73,5	67,9	195,8
01/09/1988	84,8	33,7	73,5	67,9	16,9	192
30/09/1988	87,6	0	2,2	0	44,9	47,1
01/10/1988	98,4	2,2	0	44,9	42,7	89,8
31/10/1988	99,2	15,9	0	14,6	60,7	91,2
01/11/1988	99,0	-	14,6	60,7	23,9	99,2
27/11/1988	134,5	0	0	2,1	11,8	13,9
28/11/1988	289,2	0	2,1	11,8	120,6	134,5
29/11/1988	292	2,1	11,8	120,6	156,8	291,3
30/11/1988	203,7	11,8	120,6	156,8	14,6	303,8
01/12/1988	82,3	6,1	8,2	0	0	14,3
30/12/1988	103,2	18,4	-	41,0	38,5	97,9
31/12/1988	88	23,7	3,7	9,4	61	97,8
01/01/1989	85,3	3,7	9,4	61	17,6	91,7
30/01/1989	339,8	23	4,8	36,1	220,2	284,1
31/01/1989	303,7	4,8	36,1	220,2	83,5	344,6
01/02/1989	83,5	36,1	220,2	83,5	0,0	339,8
06/02/1989	261,1	0	23	4,8	36,1	63,9
27/02/1989	81,9	0,0	0,0	0,0	6,5	6,5
28/02/1989	301,6	0	6,5	75,4	190	271,9
01/03/1989	226,2	6,5	75,4	190	36,2	308,1
30/03/1989	172	0	0	0	92,3	92,3
31/03/1989	190	0	0	92,3	79,7	172
01/04/1989	97,7	0	92,3	79,7	18	190
30/05/1989	221,2	0	0	0	112,5	112,5
31/05/1989	231,2	0	0	112,5	108,7	221,2
01/06/1989	118,7	0	112,5	108,7	10	231,2
29/06/1989	91,7	0	0	6,2	43,7	49,9
30/06/1989	85,5	0	6,2	43,7	41,8	91,7
01/07/1989	97,9	6,2	43,7	41,8	0	91,7
29/08/1989	184,2	0	0	8,5	56,5	65
30/08/1989	223,8	0	8,5	56,5	119,2	184,2

Data	Eventos extremos (A.c 72 h)	Acumulado 4 días antecedentes (mm)				
		4º día	3º día	2º día	1º día	Ac. 4 días (mm)
31/08/1989	187,9	8,5	56,5	119,2	48,1	232,3
01/09/1989	82,3	56,5	119,2	48,1	20,6	244,4
30/09/1989	89,2	0	0	0	62,8	62,8
01/10/1989	90,7	0	0	62,8	26,4	89,2
01/11/1989	117,5	0	0	4,8	43,2	48
30/11/1989	102,4		0	12,8	62,4	75,2
01/12/1989	89,6	0	12,8	62,4	27,2	102,4
30/12/1989	126,7	0	30,5	0	41,7	72,2
31/12/1989	126,7	30,5	0	41,7	85	157,2
01/01/1990	113,2	0	41,7	85	0	126,7
31/01/1990	123,5	0	0	14,8	36,5	51,3
01/02/1990	108,7	0	14,8	36,5	72,2	123,5
27/02/1990	97	0	0	9,8	25,8	35,6
28/02/1990	160,7	0	9,8	25,8	61,4	97
01/03/1990	134,9	9,8	25,8	61,4	73,5	170,5
30/03/1990	392,4	0	0	0	272,9	272,9
31/03/1990	392,4	0	0	272,9	119,5	392,4
01/04/1990	119,5	0	272,9	119,5	0	392,4
30/04/1990	119,8	0	0	0	119,8	119,8
01/05/1990	119,8	0	0	119,8	0	119,8
29/09/1990	108,2	2,5	26,7	1,2	7,3	37,7
30/09/1990	158,1	26,7	1,2	7,3	99,7	134,9
01/10/1990	153,8	1,2	7,3	99,7	51,1	159,3
29/10/1990	150,9	10,9	9	0	25	44,9
30/10/1990	180,1	9,0	-	25,0	125,9	159,9
31/10/1990	190,5	0,0	25,0	125,9	29,2	180,1
01/11/1990	93,9	25,0	125,9	29,2	35,4	215,5
01/12/1990	82,5	10,3	2,1	0	50,2	62,6
30/12/1990	112,6	0	12,1	16,1	0	28,2
31/12/1990	103,5	12,1	16,1	0	96,5	124,7
01/01/1991	114,2	16,1	0	96,5	7	119,6
28/01/1991	83,6	7,7	0,6	0	67	75,3
29/01/1991	83,6	0,6	0	67	16,6	84,2
30/01/1991	111	0	67	16,6	0	83,6
31/01/1991	94,4	67	16,6	0	94,4	178
01/02/1991	97,9	16,6	0	94,4	0	111
06/02/1991	91,3	0	72,5	42,9	38,5	153,9
26/02/1991	136,5	0	0	21,2	42,2	63,4
27/02/1991	115,3	0	21,2	42,2	73,1	136,5
28/02/1991	137,2	21,2	42,2	73,1	0	136,5
01/03/1991	163,5	73,1	0	64,1	61,2	198,4
06/03/1991	98,4	31,2	10	30,9	0	72,1
31/03/1991	105,8	0	0	0	73,6	73,6
01/04/1991	114,3	0	0	73,6	32,2	105,8
30/04/1991	142,2	-	-	-	92,0	92,0
01/05/1991	171,9	0,0	0,0	92,0	50,2	142,2
29/06/1991	100	7,6	6,8	5,2	35,4	55
30/06/1991	128	6,8	5,2	35,4	59,4	106,8
01/07/1991	93,6	5,2	35,4	59,4	33,2	133,2
31/08/1991	100,5	0	0	0	60,3	60,3
01/09/1991	100,5	0	0	60,3	40,2	100,5
26/09/1991	94,6	0	12,6	56,8	0	69,4

Data	Eventos extremos (A.c 72 h)	Acumulado 4 días antecedentes (mm)				
		4º día	3º día	2º día	1º día	Ac. 4 días (mm)
27/09/1991	83,6	12,6	56,8	-	37,8	107,2
28/09/1991	128,6	56,8	0,0	37,8	45,8	140,4
29/09/1991	142,3	0,0	37,8	45,8	45,0	128,6
30/09/1991	128,6	37,8	45,8	45	51,5	180,1
01/10/1991	85,6	45,8	45	51,5	32,1	174,4
01/11/1991	89,4	82,4	46,2	18,5	67,4	214,5
06/11/1991	132,1	19,2	82,4	46,2	18,5	166,3
31/12/1991	217,1	0	0	50,8	0,4	51,2
01/01/1992	457,9	0	50,8	0,4	165,9	217,1
30/01/1992	186,7	0	0	0	21,3	21,3
31/01/1992	186,7	0	0	21,3	165,4	186,7
01/02/1992	165,4	0	21,3	165,4	0	186,7
01/03/1992	125,1	0	0	24	0	24
01/05/1992	85	26,7	95	85	0	206,7
06/05/1992	180	0	26,7	95	85	206,7
01/07/1992	97,2	0	4,8	97,2	0	102
06/07/1992	102	2,3	0	4,8	97,2	104,3
30/08/1992	141,5	2,5	2,2	24,0	6,0	34,7
31/08/1992	179,7	2,2	24,0	6,0	111,5	143,7
01/09/1992	183,5	24,0	6,0	111,5	62,2	203,7
29/09/1992	132	0,7	0	13,3	25,3	39,3
30/09/1992	164,4	0	13,3	25,3	93,4	132
01/10/1992	145,9	13,3	25,3	93,4	45,7	177,7
31/10/1992	205,1	0	0	23,5	125,8	149,3
01/11/1992	193,5	-	23,5	125,8	55,8	205,1
30/12/1992	110	0	0	0	54,8	54,8
31/12/1992	110	0	0	54,8	55,2	110
01/01/1993	125,2	0	54,8	55,2	0	110
28/02/1993	382,7	0	0	27	328	355
01/03/1993	355,7	-	27,0	328,0	27,7	382,7
31/03/1993	161,6	0,2	0	0	154,7	154,9
01/04/1993	166,7	0	0	154,7	6,9	161,6
01/06/1993	111	0,5	5,3	59,7	48,1	113,6
30/08/1993	125,5	69,7	13,8	29,7	13,7	126,9
31/08/1993	122,5	13,8	29,7	13,7	82,1	139,3
01/09/1993	126,4	29,7	13,7	82,1	26,7	152,2
30/11/1993	81,2	14,8	11,3	3,4	19	48,5
01/12/1993	83,2	11,3	3,4	19	58,8	92,5
28/12/1993	109,5	0,9	0	9,7	11,5	22,1
29/12/1993	120,2	0	9,7	11,5	88,3	109,5
30/12/1993	225,9	9,7	11,5	88,3	20,4	129,9
31/12/1993	143,6	11,5	88,3	20,4	117,2	237,4
01/01/1994	123,2	88,3	20,4	117,2	6	231,9
30/01/1994	452,1	-	-	-	127,0	127,0
31/01/1994	452,1	0,0	0,0	127,0	325,1	452,1
01/02/1994	325,1	0,0	127,0	325,1	0,0	452,1
26/02/1994	100,7	35,2	-	-	19,5	54,7
27/02/1994	167,7	0,0	0,0	19,5	81,2	100,7
28/02/1994	164,0	0,0	19,5	81,2	67,0	167,7
01/03/1994	82,8	19,5	81,2	67	15,8	183,5
26/11/2000	108,3	22,3	1	1,9	22,6	47,8
27/11/2000	112,7	1	1,9	22,6	83,8	109,3

Data	Eventos extremos (A.c 72 h)	Acumulado 4 días antecedentes (mm)				
		4º día	3º día	2º día	1º día	Ac. 4 días (mm)
28/11/2000	97,9	1,9	22,6	83,8	6,3	114,6
17/12/2000	117,4	0	0	11,8	22,1	33,9
18/12/2000	133,6	0	11,8	22,1	83,5	117,4
19/12/2000	112	11,8	22,1	83,5	28	145,4
31/12/2000	98,6	12,5	21,9	39,8	0,5	74,7
01/01/2001	100,1	21,9	39,8	0,5	58,3	120,5
02/01/2001	99,8	39,8	0,5	58,3	41,3	139,9
14/05/2001	81,3	0	3,1	20,8	39,6	63,5
22/03/2002	96,8	0	0	3,7	89,1	92,8
23/03/2002	93,2	0	3,7	89,1	3,9	96,7
13/11/2002	85	0	0	52	21,3	73,3
14/02/2003	107,4	0	0,5	1,4	51,1	53
15/02/2003	112	0,5	1,4	51,1	55	108
12/10/2003	93,6	0,3	9,3	0,8	68	78,4
13/10/2003	112,7	9,3	0,8	68	24,8	102,9
02/01/2004	90	0,4	0,5	0	46,2	47,1
03/01/2004	95	0,5	0	46,2	43,8	90,5
06/02/2004	93,1	5,4	17,2	7,1	53	82,7
07/02/2004	104,4	17,2	7,1	53	33,1	110,4
25/02/2004	84,8	1,3	10,3	29,8	6,9	48,3
11/12/2004	98,3	5,2	10,5	24,2	14,4	54,3
22/12/2004	85,6	11,6	3,7	6,2	60,5	82
23/12/2004	114,1	3,7	6,2	60,5	18,9	89,3
22/01/2005	82,6	5,3	39,6	14,3	24	83,2
23/01/2005	81,3	39,6	14,3	24	44,3	122,2
28/01/2005	81,8	0,7	0	52,2	15,5	68,4
25/05/2005	142,7	7	39,5	5	9,7	61,2
26/05/2005	150,2	39,5	5	9,7	128	182,2
27/05/2005	140,6	5	9,7	128	12,5	155,2
03/12/2005	81,4	0	1,5	17,9	51,6	71
30/01/2006	86	43,1	21,6	6,2	51,8	122,7
31/01/2006	111,9	21,6	6,2	51,8	27,9	107,5
11/02/2006	101,7	0	0	29,7	35,8	65,5
12/02/2006	84,7	0	29,7	35,8	36,3	101,8
25/03/2006	88,1	11,2	4,6	4,7	1,1	21,6
26/03/2006	141,1	4,6	4,7	1,1	82,3	92,7
27/03/2006	171,2	4,7	1,1	82,3	57,6	145,7
28/03/2006	90,2	1,1	82,3	57,6	31,3	172,3
29/03/2006	92,3	82,3	57,6	31,3	1,3	172,5
30/03/2006	86,8	57,6	31,3	1,3	59,7	149,9
31/03/2006	93,2	31,3	1,3	59,7	25,8	118,1
19/10/2006	87,1	0,4	13,3	22,4	18,1	54,2
20/10/2006	81,1	13,3	22,4	18,1	46,7	100,5
07/12/2006	102,4	0	5	28,9	5,2	39,1
08/12/2006	80,2	5	28,9	5,2	68,3	107,4
08/02/2007	108	0	0	38,2	17,4	55,6
09/02/2007	96,8	0	38,2	17,4	52,4	108
10/02/2007	80,1	38,2	17,4	52,4	27,1	135,1
18/03/2007	94,1	15,3	1,4	59,8	16,1	92,6
06/04/2007	84,3	0	0	20,2	56,3	76,5
28/04/2007	80,8	0	0	8,5	63	71,5
25/10/2007	85,6	0	0	8,1	49,7	57,8

Data	Eventos extremos (A.c 72 h)	Acumulado 4 días antecedentes (mm)				
		4º día	3º día	2º día	1º día	Ac. 4 días (mm)
09/08/2008	85,8	0,1	2,2	15,5	19,4	37,2
19/03/2009	86,8	0	1,6	0	35,7	37,3
20/03/2009	93,3	1,6	0	35,7	51,1	88,4
09/12/2009	101,9	7	3,1	8,4	27,2	45,7
10/12/2009	99,7	3,1	8,4	27,2	66,3	105
02/01/2010	140,9	4	10,3	0,6	15,6	30,5
03/01/2010	142,3	10,3	0,6	15,6	124,7	151,2
04/01/2010	126,7	0,6	15,6	124,7	2	142,9
15/01/2010	85,8	12,5	13,5	18,5	0	44,5
17/01/2010	84,5	18,5	0	67,3	0	85,8
21/01/2010	100,2	17,2	7,8	15,6	41,9	82,5
22/01/2010	103,7	7,8	15,6	41,9	42,7	108
02/02/2010	92,8	11,9	1,8	0	41,2	54,9
03/02/2010	97,4	1,8	0	41,2	51,6	94,6
04/02/2010	92,3	0	41,2	51,6	4,6	97,4
27/03/2010	97,7	0	6,9	0	12,6	19,5
28/03/2010	147,2	6,9	0	12,6	85,1	104,6
29/03/2010	137,3	0	12,6	85,1	49,5	147,2
30/03/2010	90,2	12,6	85,1	49,5	2,7	149,9
05/04/2010	111,8	1	0	1,5	26,1	28,6
06/04/2010	110,4	0	1,5	26,1	84,2	111,8
07/04/2010	144	1,5	26,1	84,2	0,1	111,9
09/04/2010	95,1	84,2	0,1	59,7	13,6	157,6
10/05/2010	87,1	0	0	2,7	48	50,7
11/05/2010	85,4	0	2,7	48	36,4	87,1
15/07/2010	86,6	2,9	0	5,2	40,9	49
16/07/2010	126,5	0	5,2	40,9	40,5	86,6
17/07/2010	108,3	5,2	40,9	40,5	45,1	131,7
18/07/2010	87,7	40,9	40,5	45,1	22,6	149,1
15/12/2010	113,1	3	17,8	11,6	35,7	68,1
16/12/2010	137,6	17,8	11,6	35,7	65,8	130,9
17/12/2010	125,7	11,6	35,7	65,8	36	149,1
03/01/2011	92,4	0,4	0	2,3	50,3	53
04/01/2011	105,4	0	2,3	50,3	39,8	92,4
05/02/2011	82,7	12,7	0	60	19,4	92,1
17/10/2011	82,9	13,6	13,2	22,3	36,6	85,7
27/01/2012	84	5,7	2,8	37,5	18,6	64,6
28/01/2012	93,5	2,8	37,5	18,6	27,9	86,8
17/03/2012	84,9	0	0,2	12,1	72,9	85,2
18/07/2012	89,1	0	0	16,4	53,7	70,1
16/12/2012	177,4	2,3	1	35,3	30	68,6
17/12/2012	142,6	1	35,3	30	112,1	178,4
18/12/2012	117,7	35,3	30	112,1	0,5	177,9
10/01/2013	91,6	0	1,7	7,5	60,2	69,4
11/01/2013	86,3	1,7	7,5	60,2	23,9	93,3
18/03/2013	107,1	43,7	7,5	0	18,2	69,4
19/03/2013	109,8	7,5	0	18,2	88,9	114,6
20/03/2013	91,7	0	18,2	88,9	2,8	109,9
17/10/2013	115	0,1	0	1,6	24,6	26,3
18/10/2013	116,1	0	1,6	24,6	88,8	115
19/10/2013	111,3	1,6	24,6	88,8	2,6	117,6
23/11/2013	81,6	0,8	0	2,8	25,9	29,5

Data	Eventos extremos (A.c 72 h)	Acumulado 4 días antecedentes (mm)				
		4° día	3° día	2° día	1° día	Ac. 4 días (mm)
24/11/2013	115,7	0	2,8	25,9	52,8	81,5
25/11/2013	95,8	2,8	25,9	52,8	37	118,5
15/01/2014	90,3	0,3	0	12	55,5	67,8
16/01/2014	86	0	12	55,5	22,8	90,3
01/03/2014	86,7	0	0	47,6	38	85,6
13/03/2014	85,6	0	0	0	47,6	47,6
24/12/2014	118,8	0	19,9	16,3	36,9	73,1
25/12/2014	107,1	19,9	16,3	36,9	65,6	138,7
23/01/2015	211,3	0	0,1	4,1	23,3	27,5
24/01/2015	215,1	0,1	4,1	23,3	183,9	211,4
25/01/2015	191,8	4,1	23,3	183,9	7,9	219,2
08/03/2015	103,8	0	0	16,9	25,8	42,7
09/03/2015	102,1	0	16,9	25,8	61,1	103,8
10/03/2015	89,2	16,9	25,8	61,1	15,2	119
09/09/2015	93,8	5,5	2,9	5,6	29,3	43,3
10/09/2015	88,1	2,9	5,6	29,3	58,9	96,7
11/09/2015	87,7	5,6	29,3	58,9	0	93,8
26/12/2015	126,1	15,7	2,3	52,6	17,9	88,5
/02/1985	137,5	0	0,9	0	134	134,9