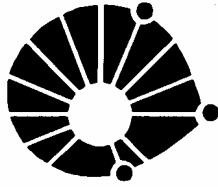


Número: 52/2007



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL.**

RICARDO ARAKI

**Vulnerabilidade Associada a Precipitações e Fatores Antropogênicos no
Município de Guarujá (SP) - Período de 1965 a 2001**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Lucí Hidalgo Nunes

Co-orientador: Prof. Dr. Francisco Sergio Bernardes Ladeira

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto - 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA

BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP

Bibliotecário: Helena Joana Flipsen – CRB-8ª / 5283

Ar12v	Araki, Ricardo. Vulnerabilidade associada a precipitações e fatores antropogênicos no município de Guarujá (SP) : Período de 1965 a 2001 / Ricardo Araki. -- Campinas, SP : [s.n.], 2007. Orientadores: Lucí Hidalgo Nunes, Francisco Sergio Bernardes Ladeira. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 1. Escorregamentos (Geografia). 2. Deslizamento. 3. Climatologia. 4. Mudanças climáticas. 5. Chuvas. I. Nunes, Lucí Hidalgo. II. Ladeira, Francisco Sergio Bernardes. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. IV. Título.
-------	--

Título e subtítulo em inglês: Vulnerability associated to precipitations and anthropogenic factors on Guarujá City (São Paulo-Brazil) : period from 1965 to 2001.

Palavras-chave em inglês (Keywords): Landslides (Geology), Landslides, Climatology, Climatic changes, Rain and rainfall.

Titulação: Mestre em Geografia.

Banca examinadora: Lucí Hidalgo Nunes, Íria Fernandes Vendrame, Regina Célia de Oliveira.

Data da Defesa: 08-08-2007.

Programa de Pós-Graduação em Geografia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

AUTOR: RICARDO ARAKI

**Vulnerabilidade Associada a Precipitações e Fatores Antropogênicos no
Município de Guarujá (SP) – Período de 1965 a 2001.**

ORIENTADORA: Profa. Dra. Luci Hidalgo Nunes

Aprovada em: 08 / 08 / 07

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Luci Hidalgo Nunes

Luci Hidalgo Nunes - Presidente

Profa. Dra. Iria Fernandes Vendrame

Iria Fernandes Vendrame

Profa. Dra. Regina Célia de Oliveira

Regina Célia de Oliveira

Campinas, 08 de agosto de 2007

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Lucí Hidalgo Nunes, orientadora desta pesquisa, pelo apoio e confiança, valorizando meu próprio conhecimento.

Ao Prof. Dr. Francisco Sergio Bernardes Ladeira, co-orientador, pelo entusiasmo na condução deste trabalho.

À COMDEC - Comissão Municipal de Defesa Civil do Guarujá, representada pelo geólogo e técnico Carlos Adolfo Silva Fernandez pela presteza das informações e dados fornecidos.

À minha família, pelo suporte recebido durante a jornada, desde a graduação.

“A amizade é uma alma com dois corpos.”

Aristóteles

“A felicidade é feita de pequenos momentos”

desconhecido



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Área Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Vulnerabilidade Associada a Precipitações e Fatores Antropogênicos no Município de Guarujá (SP) - Período de 1965 a 2001

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Ricardo Araki

Foram observados os padrões temporo-espaciais da distribuição da precipitação pelo período de 1991 a 2001, associando essas informações com os registros de escorregamentos por meio de dados obtidos em periódicos locais e fornecidos pela Defesa Civil Municipal. Esses resultados foram comparados com estudo similar desenvolvido para o período de 1965 a 1988, trabalho conjunto pelo Instituto Geológico e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, encomendado pelo governo do estado de São Paulo. Os resultados mostram um aumento substancial na quantidade de escorregamentos associados a episódios pluviais no município de Guarujá no período mais recente (1991-2001): 496, contra 81 no período anterior (1965-1988). Além disso, as ocorrências mais atuais foram deflagradas por totais pluviométricos diários até menores. Atribui-se esse quadro à alteração de atributos naturais que conferiam maior estabilidade ao local, tais como vegetação e modificação na morfologia pela intensificação da ação antrópica (obras civis, de infra-estrutura e moradia, entre outros). Isso tem ampliado a instabilidade do lugar e a vulnerabilidade das parcelas da população que vivem nessas áreas de risco. Os meses mais chuvosos, correspondentes aos do verão, típico do regime tropical úmido são os que também registram mais escorregamentos, mas o estudo indica a necessidade de se considerar a escala diária. Os dois casos estudados que induziram 60 e 35 deslizamentos em um só dia (19 de fevereiro de 1993 e 25 de março de 1991, respectivamente) indicam de que as precipitações convectiva e frontal (provavelmente associadas à ZCAS) são as causas principais para o desenvolvimento de escorregamentos no local.

Palavras-chave: escorregamentos, ação antrópica, episódios pluviais.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Área Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

**Vulnerabilidade Associada a Precipitações e Fatores Antropogênicos no Município de
Guarujá (SP) - Período de 1965 a 2001**

ABSTRACT

Master's Degree Dissertation

Ricardo Araki

Space and time patterns of precipitation in Guarujá were observed from 1991 to 2001 and associated with landslides, using data of the Municipal Civil Defense and local periodicals. Results were compared with another research developed for the period of 1965 to 1988 developed by the Geological Institute and the Technological Research Institute, requested by the State of Sao Paulo Government. Results showed a substantial increase of mass movements associated with pluvial episodes in the city of Gurauja in the most recent period (1991-2001): 496, against 81 in the previous period (1965-1988). Moreover, the most recent events were caused by lower daily pluviometrical rates. This situation is attributed to the alteration of natural components which promoted more stability to the area, such as vegetation and morphology, which were caused by the anthropogenic intensification (infrastructure constructions, dwelling buildings, among others). This fact had increased the instability of the area and the vulnerability of some population segments that live in the risky areas. The rainiest months, in summer (typical of tropical humid regimen), record more landslides, however the study points out the importance of the daily scale for this kind of investigations. Two case studies which induced 60 and 35 landslides events in one single day (respectively on February 19th, 1993 and March 25th, 1991) indicate that both the convective and frontal precipitations (probably associated to ZCAS) are important to trigger mass movements in the area.

Key-words: landslides, anthropic action, pluviometric episodes.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABELAS	xix
LISTA DE APÊNDICES	xxi
LISTA DE ANEXOS	xxi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xxiii
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo	2
1.1.1 Objetivo Geral	2
1.1.2 Objetivos Específicos	3
1.2 Justificativa	4
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 Desastres Naturais	5
2.2 Movimentos de Massa	19
2.3 Classificação de Movimento de Massa	20
2.4 Velocidade dos Movimentos de Massa	34
2.5 Fatores que Afetam a Estabilidade das Encostas	36
2.5.1 Naturais	36
2.5.2 Antrópicos	39
2.6 PPDC	45
2.7 Áreas de Risco e Moradias Subnormais	49
2.8 Panorama Mundial	53
2.8.1 ICL	53
2.8.2 WPWLI	57

CAPÍTULO 3 – ÁREA DE ESTUDO	59
3.1 Localização da Área de Estudo	59
3.2 Histórico e Padrões Gerais de Ocupação	63
3.3 Clima	70
3.4 Geomorfologia	75
3.5 Formações Superficiais	76
 CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS	 77
 CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	 83
 CAPÍTULO 6 – TRABALHO DE CAMPO	 127
 CAPÍTULO 7 – PREVENÇÃO	 143
 CAPÍTULO 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	 147
 APÊNDICES	 151
 ANEXOS	 165
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 189
 BIBLIOGRAFIA	 195
 FONTES DE CONSULTA	 197

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Sistema ecológico	5
Figura 2.2 – Perda da economia global devido a eventos climáticos catastróficos	7
Figura 2.3 – Quantidade de desastres naturais por tipologia, no mundo	9
Figura 2.4 – Tipos distintos de desastres naturais no Brasil (1948 a 2007)	10
Figura 2.5 – Número de eventos de desastres naturais por tipo no Brasil (1948 a 2007)	10
Figura 2.6 – Mortes por desastres naturais no Brasil (1948 a 2007)	15
Figura 2.7 – Mortes por deslizamentos no Brasil (1956 a 2002)	15
Figura 2.8a – Mortes ocasionadas por deslizamentos no Brasil (1988 a 2000)	19
Figura 2.8b – Mortes ocasionadas por deslizamentos no estado de São Paulo (1988 a 2000)	19
Figura 2.9 – Geometria dos movimentos de massa	20
Figura 2.10 – Rastejo	21
Figura 2.11 – Escorregamento circular ou rotacional	23
Figura 2.12 – Escorregamento planar ou translacional	25
Figura 2.13 – Queda	27
Figura 2.14 – Rolamento de matacões	27
Figura 2.15 – Corridas de massa	29
Figura 2.16 – Nível d’água temporário devido a chuvas intensas	39
Figura 2.17 – Fluxograma de informações e responsabilidades no PPDC	47
Figura 2.18 – Estrutura de cooperação do ICL, RCL e IPL	55
Figura 3.1a – Regiões Administrativas e Metropolitanas do estado de São Paulo	61
Figura 3.1b – 2ª Região Metropolitana – Baixada Santista	61
Figura 3.1c – Foto satélite de Guarujá	61
Figura 3.2 – Casas importadas	63
Figura 3.3 – Chalés para banhistas	64
Figura 3.4 – Porto de Santos, visto de Itapema entre 1890 e 1910	65
Figura 3.5 – Guarujá em 1930	66
Figura 3.6 – Crescimento populacional do município de Guarujá	68
Figura 3.7 – Moradores em áreas de risco no município de Guarujá	69

Figura 3.8 – Localização dos postos pluviométricos	71
Figura 3.9 – Tipos de precipitação	73
Figura 4.1 – Estrutura da pesquisa	79
Figura 5.1 – Médias pluviométricas mensais (mm) entre 1955 e 1999, por posto	85
Figura 5.2 – Variação percentual da precipitação anual entre os períodos	85
Figura 5.3 – Variação percentual da precipitação mensal entre os períodos	87
Figura 5.4 – Comparação da precipitação mensal entre os períodos	87
Figura 5.5 – Distribuição mensal dos eventos (1991 a 2001)	89
Figura 5.6 – Índice pluviométrico das estações nos meses de março de 1991 e fevereiro de 1993	90
Figura 5.7 – Contribuição mensal da precipitação nos anos de 1991 e 1993	91
Figura 5.8a – Anomalia de precipitação no mês de março de 1991	93
Figura 5.8b – Anomalia de precipitação no mês de fevereiro de 1993	93
Figura 5.9a – Número de dias com chuva no mês de março de 1991	95
Figura 5.9b – Número de dias com chuva no mês de fevereiro de 1993	95
Figura 5.10a – Precipitação acumulada no mês de março de 1991	95
Figura 5.10b – Precipitação acumulada no mês de fevereiro de 1993	95
Figura 5.11 – Eventos de escorregamentos em março de 1991 (Total 76)	97
Figura 5.12 – Distribuição espacial dos eventos de 25 de março de 1991	97
Figura 5.13 – Eventos de escorregamentos em fevereiro de 1993 (Total 80)	98
Figura 5.14 – Distribuição espacial dos eventos de 19 fevereiro de 1993	101
Figura 5.15 – Precipitação acumulada em 25 de março de 1991	103
Figura 5.16 – Precipitação acumulada em 19 de fevereiro de 1993	105
Figura 5.17a – Anomalia de precipitação diária de 25 de março de 1991	109
Figura 5.17b – Anomalia de precipitação diária de 19 de fevereiro de 1993	109
Figura 5.18 – Carta sinótica do dia 25 de março de 1991	113
Figura 5.19 – Carta sinótica do dia 19 de fevereiro de 1993	115
Figura 5.20 – Participação das chuvas acumuladas nos eventos	117
Figura 5.21 – Síntese de alguns dos eventos entre os períodos	121
Figura 5.22 – Vista da Vila Baiana	123
Figura 5.23 – Macrozoneamento do município de Guarujá	125

Figura 6.1 – Vila Baiana	127
Figura 6.2 – Vista aérea da Vila Baiana	129
Figura 6.3 – Áreas de risco do município de Guarujá	133
Figura 6.4a – Canal de drenagem no Vale da Morte	137
Figura 6.4b – Moradia sobre canal de drenagem no Vale da Morte	137
Figura 6.5 – Samambaia em cicatriz de deslizamento de encosta	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Deslizamentos ao redor do mundo (1903-2004)	14
Tabela 2.2 – Classificação de movimento de massa segundo Augusto Filho	31
Tabela 2.3 – Classificação de escorregamentos segundo Vaz	32
Tabela 2.4 – Movimentos de massa naturais e induzidos	33
Tabela 2.5 – Escala de velocidade dos movimentos de massa	35
Tabela 2.6 – Fatores que deflagram os escorregamentos	44
Tabela 2.7 – Instituições participantes do PPDC	46
Tabela 2.8 – Níveis do PPDC e principais ações correspondentes	46
Tabela 2.9 – Valores padrões de duração e intensidade das chuvas	49
Tabela 3.1 – Maiores concentrações de moradores em domicílios subnormais no Guarujá	70
Tabela 3.2 – Postos pluviométricos e total pluviométrico anual	71
Tabela 4.1 – Parâmetros e dados utilizados para gerar os mapas de reanálise (escala diária)	80
Tabela 4.2 – Parâmetros e dados utilizados para gerar os mapas de reanálise (escala mensal)	81
Tabela 5.1 – Identificação de áreas de risco na Região Metropolitana da Baixada Santista	83
Tabela 5.2 – Áreas de risco na Região Metropolitana da Baixada Santista – RMB	84
Tabela 5.3 – Ocorrências de deslizamentos no município de Guarujá	89
Tabela 5.4 – Comparativa de ocorrências de deslizamentos no Guarujá	119
Tabela 6.1 – Escorregamentos em Guarujá (1991 a 2006)	135

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Deslizamentos catastróficos durante século XX	152
Apêndice A – Deslizamentos catastróficos durante século XX (continuação)	153
Apêndice B – Índices pluviométricos (em mm) entre 1955 e 1999	154
Apêndice C – Chuvas anuais	155
Apêndice D – Precipitação nos meses de maior ocorrência	156
Apêndice E – Contribuição mensal de precipitação (mm) dos anos de 1991 e 1993	157
Apêndice F – Precipitação mensal (mm) por posto pluviométrico	158
Apêndice G – Ocorrências de El Niño	159
Apêndice H – Participação diária das chuvas acumuladas nos eventos	161
Apêndice I – Participação anual das chuvas acumuladas nos eventos	162
Apêndice J – Distribuição dos eventos (1965 a 1988)	163
Apêndice K – Distribuição dos eventos (1991 a 2001)	164

LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Distribuição mundial dos desastres por tipologia	167
Anexo B – Tendência dos eventos desastres naturais	169
Anexo C – Classificação de movimento de massa	171
Anexo D – Precipitação anual acumulada (mm) entre 1961 a 1990	173
Anexo E – Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico, de 1985 a 1995	175
Anexo F – Efeitos do El Niño	177
Anexo G – Anomalia de precipitação nos meses de março de 1991 e fevereiro de 1993	179
Anexo H – Cartas sinóticas de 22 a 25 março de 1991	181
Anexo I – Cartas sinóticas de 15 a 19 fevereiro de 1993	183
Anexo J – Vista e localização da Vila Baiana	185
Anexo K – Fotos da Vila Baiana	187

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AGEM	Agência Metropolitana da Baixada Santista.
CCM	Coeficiente de Ciclo Móvel.
CDC	Climate Diagnostic Center.
CEDEC	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil.
COMDEC	Comissão Municipal de Defesa Civil.
CPC	Coeficientes de Precipitação Crítica.
CPTEC	Centro de Previsão e Estudos Climáticos.
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
EM-DAT	Emergency Disasters Data Base.
EPOCH	European Programme on Climatology and Natural Hazards.
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos.
IAEG	International Association of Engineering Geology.
ICL	International Consortium on Landslides.
IDNRD	International Decade for Natural Disaster Reduction.
IG	Instituto Geológico.
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico.
IHP	International Hydrological Programme.
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia.
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
IPL	International Programme on Landslides.
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
ISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
ISRM	International Society for Rock Mechanics.
ISSMGE	International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
IUGS	International Union of Geological Sciences.
NCEP	National Centers for Environmental Prediction.

NOAA	National Ocean & Atmospheric Administration.
OEA	Organização dos Estados Americanos.
PPDC	Plano Preventivo de Defesa Civil.
PRIMAC	Programa Regional de Identificação e Monitoramento de Áreas Críticas de Inundação, Erosões e Deslizamentos.
PRIMAHD	Programa Regional de Identificação e Monitoramento de Áreas de Habitação Desconforme.
RAMS	Regional Atmospheric Modeling System.
RCL	Research Centre on Landslides.
REDEC	Regional de Defesa Civil.
SCTDE	Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico.
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo.
SA	Solo de Alteração.
SMA	Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo.
SST	Sea Surface Temperature.
UNEP	United Nations Environment Programme.
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
UNU	The United Nations University.
USGS	United States Geological Survey.
WHO	World Health Organization.
WMO	World Meteorological Organization.
WPWLI	Working Party on World Landslide Inventory.
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul.
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical.
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A região litorânea do estado de São Paulo apresenta expressivo desenvolvimento regional, com conseqüentes demandas para o uso dos recursos naturais, de espaços para atividades de turismo, e de obras e equipamentos de infra-estrutura (transportes, energia, etc.). Ao mesmo tempo, a região tem grande relevância ecológica, com importantes reservas naturais preservadas e estratégicas em termos de conservação da biodiversidade. A demanda e a política de desenvolvimento sustentável da área dá-se em condições ambientais bastante sensíveis, visto ser o local caracterizado por frágil estabilidade geodinâmica e ecodinâmica, onde predominam severas restrições para ocupação territorial e uso dos recursos naturais (SMA, 2004).

Esse trabalho foi realizado no município de Guarujá, que há décadas apresenta problemas ambientais como inundações e escorregamentos de encosta, acarretando vultosos prejuízos, desestruturação do ambiente físico e óbitos.

No final da década de 80 foi feito um trabalho conjunto pelo Instituto Geológico e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, encomendado pelo governo do estado de São Paulo, que revelou a evolução dos problemas ambientais no Guarujá (GOVERNO DO ESTADO, 1989). Nessa pesquisa foram considerados aspectos do meio físico como a litologia e a ocupação agressiva e desregrada que se processou nesse município litorâneo, notadamente a partir do final da década de 60, e que se fortaleceu nos anos seguintes. Esse fenômeno foi facilitado pela proximidade do Guarujá com São Paulo e rapidez de acesso pelas rodovias Anchieta e Piaçagüera e, mais tarde, pela Rodovia dos Imigrantes. Casas luxuosas, não raro construídas em locais de proteção ambiental (numa clara demonstração de descumprimento das leis) e edifícios de alto padrão de muitos andares na orla surgiram rapidamente, constituindo-se em segunda moradia para a parcela mais abastada de São Paulo e outros municípios, sobrecarregando a infra-estrutura do Guarujá, sobretudo nos fins de semana e período de férias escolares. O Distrito de Vicente de Carvalho, cuja evolução remonta à década de 1950, durante a construção da Rodovia Anchieta, sofreu um novo e importante incremento, concentrando população de baixa renda empregada no setor de construção civil no período de maior expansão imobiliária do litoral paulista. A pesquisa evidenciou os inúmeros problemas ambientais que passaram a ser rotineiros no Guarujá, entre

eles o aumento de escorregamentos de encostas, que foram levantados principalmente por consulta em arquivos de jornais e confrontados com os montantes de precipitação pluviométrica em níveis anual (para caracterização) e mensal (em associação com os escorregamentos). Ficou claro que durante o período avaliado houve um aumento substancial dos escorregamentos de encosta, mas não das alturas pluviais em si - um claro indício de desestruturação ambiental.

Dessa forma, passada mais de uma década da finalização do trabalho anterior, esta pesquisa teve por motivação o confronto da situação em dois períodos: o que cobriu o trabalho precedente e um período mais atual, de 1991 a 1999, de maneira a observar a evolução dos problemas ambientais nesse município litorâneo. Foram avaliados e correlacionados, neste estudo e no anterior, dados de chuva e de escorregamentos de encostas.

O entendimento da relevância da investigação científica como forma de prevenção a riscos ambientais urbanos foi igualmente um aspecto motivador para o desenvolvimento do presente trabalho, que procura apresentar relações entre o meio físico e o meio social. Trata-se, portanto, de um estudo acadêmico com forte componente aplicativo.

Tendo em vista as especificidades da dinâmica ambiental local, processos mais acelerados ou mais lentos, além da ação antrópica alterando o meio físico, os riscos de inundações e deslizamentos de encostas, são uma constante. Tais fatos deveriam ser condições limitantes à expansão urbana. Contudo, a conjugação de baixa condição de renda, a desarticulação social no tocante à reivindicação de direitos essenciais, bem como limitações dos setores públicos, constituem-se nos principais problemas enfrentados pela comunidade exposta ao risco, que sobrevive em locais que apresentam baixos limiares de estabilidade, constantemente diminuídos pela expansão urbana.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

Nos morros do Guarujá, as chuvas são o principal agente na deflagração dos escorregamentos (NUNES e MODESTO, 1996). No âmbito da Serra do Mar, a correlação entre os dois fenômenos com intuito de identificar padrões e parâmetros que permitam melhoria na

previsão de ocorrências de escorregamentos por meio de monitoramento de chuvas é necessária, com especial ênfase na relação espaço-temporal desses fenômenos.

O objetivo geral deste trabalho refere-se à identificação de áreas ocupadas submetidas a riscos de escorregamento deflagrados pela precipitação e fatores antropogênicos no Município de Guarujá no período de 1965 a 2001 e apresentar fundamentos e subsídios para posterior prevenção, redução e eliminação destes riscos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- analisar a relação da precipitação em diferentes escalas temporais (anual a diária) e episódios de escorregamentos registrados no município, com especial ênfase na interação temporal e espacial desses fenômenos;
- conhecer quais setores do município são mais suscetíveis à escorregamentos, identificando as áreas mais afetadas no município;
- auxiliar na identificação de padrões e parâmetros que permitam a melhoria na previsão de ocorrências de escorregamentos por meio de monitoramento de chuvas, avaliando a influência da acumulada pluviométrica de 4 dias (96 horas) nos eventos de deslizamentos;
- analisar a pluviosidade na escala diária nos dois eventos mais significativos do período (25 de março de 1991 e 19 de fevereiro de 1993), analisando suas características quanto à gênese e distribuição espaço-temporal.

Ressalta-se que esta pesquisa faz parte do Projeto Temático “Estudos da previsibilidade de eventos meteorológicos extremos na Serra do Mar”, (FAPESP 2004/09649-0), de modo que seus resultados igualmente contribuem para um quadro mais abrangente.

1.2 Justificativa

Em algumas cidades, a ocupação de encostas ocorre de modo a favorecer, por exemplo, a proximidade de setores habitacionais dos centros geradores de emprego. Desde que esta ocupação se realize dentro de moldes técnicos adequados, não se verifica maior risco ou impedimento. Porém, nas últimas décadas no Brasil, a ocupação de encostas vem ocorrendo fora de padrões técnicos aceitáveis, sendo inúmeros os episódios de escorregamentos associados às zonas de ocorrências de morros residuais, ocasionando mortes e prejuízos materiais (IPT, 1991).

As encostas serranas em clima tropical úmido são locais naturalmente instáveis, sujeitas a fenômenos de movimento de massa desencadeados por episódios de chuva intensa, integrando-se à evolução dessas vertentes; a incidência atual desses eventos é, entretanto, alarmante, desencadeados em sua quase totalidade pela chuva que, na área, atinge alguns dos montantes mais altos do país, fruto da dinâmica atmosférica regional aplicada sobre um relevo escarpado (NUNES, 1990).

Eventos extremos de precipitações pluviométricas de alta intensidade e concentradas temporalmente ou de baixa intensidade por longos períodos podem causar grandes inundações e deslizamentos de terra. No país têm ocorrido muitos desastres ambientais de grandes proporções ligados a deslizamentos de terra em situações de chuvas intensas em várias regiões do país. Para citar alguns dos mais dramáticos: Caraguatatuba, SP, março de 1967, com 200 mortos; Petrópolis, RJ, fevereiro de 1971, com 171 mortos, e dezembro de 2001, com cerca de 70 mortos; Salvador, BA, julho de 1989, com cerca de 100 mortos; Recife, PE, abril de 1996, com 66 mortos, e Angra dos Reis, em 2003, com 40 mortos, entre muitos outros. Nota-se que muitos destes desastres ocorreram na Serra do Mar, onde o município de Guarujá está inserido.

O levantamento do registro histórico de escorregamentos permite situar o município de Guarujá como palco constante desses eventos. A ocupação urbana nas áreas de risco e o fato de ser uma cidade turística, principalmente no verão, época que coincide com o período de chuvas mais intensas e frequentes, fazem aumentar a quantidade de ocorrências. Tendo em vista a enorme destruturação advinda desses episódios catastróficos, inclusive com grandes prejuízos e, não raro, perdas de vidas, faz-se necessário estudar padrões socioambientais relacionados a esses registros calamitosos associados à precipitação, principal elemento físico deflagrador dessas ocorrências.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Desastres Naturais

Os escorregamentos de encosta ocorrem em vários locais do globo, e não raro atingem foco de desastres naturais. Nos últimos anos vem aumentando significativamente a preocupação com os impactos dos desastres naturais sobre a qualidade de vida humana. A frequência e a magnitude desses fenômenos resultam em grandes prejuízos e óbitos em quase todos os países do mundo. Dentro da esfera dos desastres naturais, existem os riscos ambientais, que se conformam como uma interface entre os sistemas naturais e os sistemas antropológicos (Figura 2.1) sendo, pois, influenciado por ambos. Assim, a resposta humana perante os riscos afeta por sua vez os sistemas, que refletem nos recursos do planeta e, mais uma vez, interfere nos riscos ambientais retro alimentando o sistema ecológico.

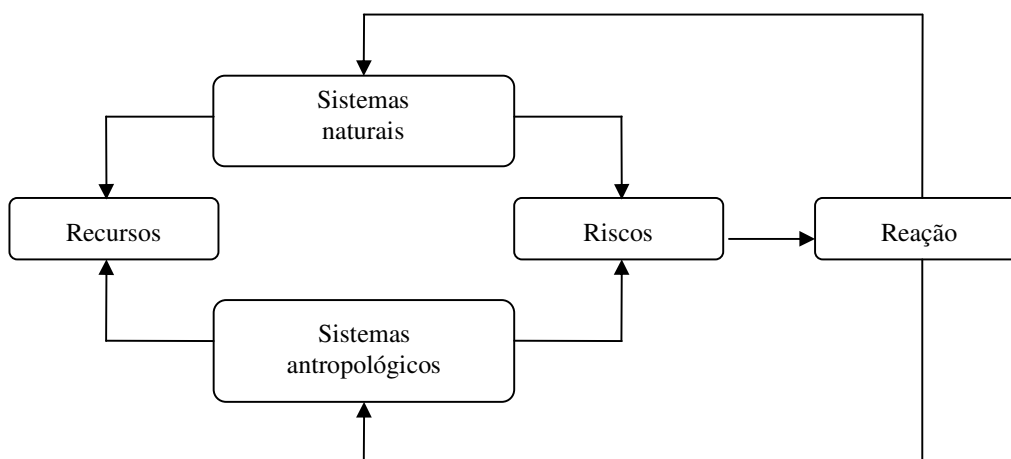


Figura 2.1 – Sistema ecológico

Fonte: SMITH, 1992 – Adaptada pelo autor.

Na porção superficial da Terra, mais precisamente na litosfera e na atmosfera, ocorrem certos fenômenos que podem ser classificados como eventos naturais extremos, que podem estar associados à dinâmica interna ou externa da Terra. O primeiro caso envolve os terremotos, os maremotos e o vulcanismo. O segundo, diz respeito aos fenômenos atmosféricos, como ciclones, tornados, nevascas, geadas, chuvas torrenciais, ondas de calor ou de frio, etc.

Os eventos extremos podem atuar de forma direta ou indireta. Neste último caso, são responsáveis pela deflagração de outros processos, como enchentes e movimentos de massa (DIAS e HERRMANN, 2002).

Segundo Pelling (2003), se analisarmos as tendências dos desastres naturais combinando as consequências ambientais e fatores socioeconômicos, os resultados serão mais aparentes. Por exemplo, dados das seguradoras indicam que a perda da economia global devido a eventos climáticos catastróficos subiram 10 vezes mais entre 1950 e 1990 e os eventos associados a estas perdas subiram mais de 5 vezes (Figura 2.2). Contudo, lembra o autor, esses aumentos não são necessariamente devido às mudanças climáticas ou à frequência dos eventos extremos, e podem ser explicados, pelo menos parcialmente, pelas alterações das práticas nos registros ou uma cobertura maior dos seguros.

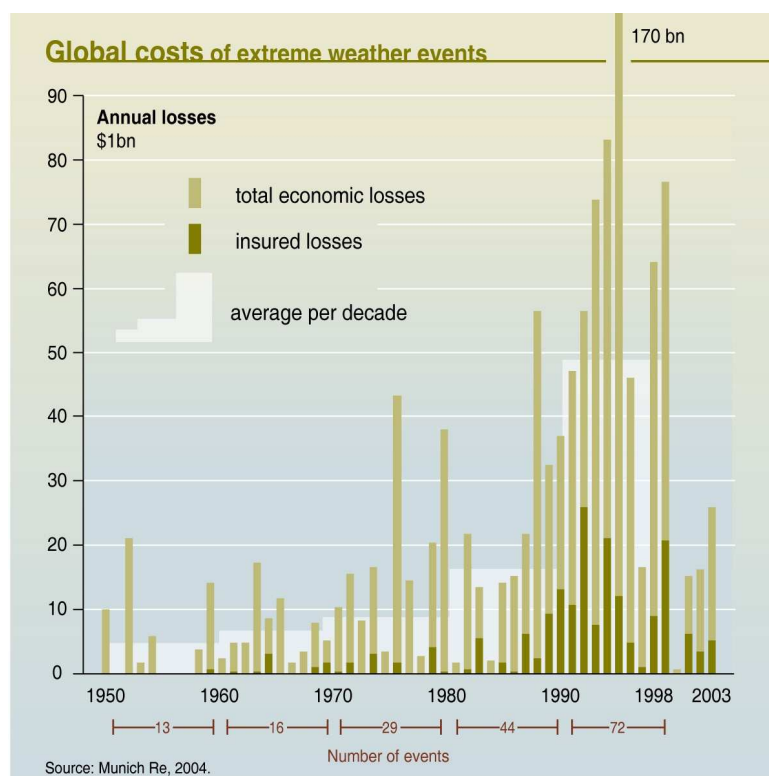


Figura 2.2 – Perda da economia global devido a eventos climáticos catastróficos

Fonte: UNEP.

A quantidade de desastres naturais causados por eventos climáticos vem aumentando no último século como ilustra a Figura 2.3 (ver também ANEXO A e B):

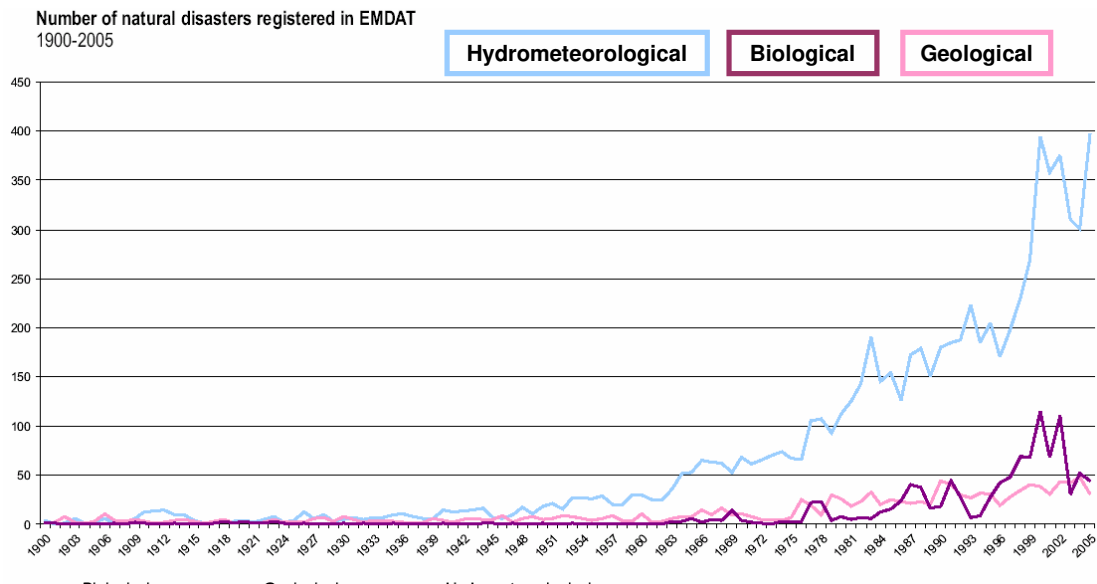


Figura 2.3 – Quantidade de desastres naturais por tipologia, no mundo

Fonte: EM-DAT¹.

O banco de dados denominado EM-DAT (*Emergency Events Database*) foi criado com auxílio do governo belga, pela da Université Catholique de Louvain, em Bruxelas. Desde 1988 é mantido pelo CRED (*Collaborating Centre for Research on the Epidemiology of Disaster*), que faz parte da WHO (*World Health Organization*). Esse banco de dados destina-se a ações humanitárias visando otimizar decisões no sentido de prevenir desastres, assim como avaliar vulnerabilidades. É resultado da compilação de várias fontes incluindo as Nações Unidas, organizações não-governamentais, companhias de seguro, institutos de pesquisas e imprensa.

No caso do nosso país, temos um aumento de casos de tipos de desastres naturais ao longo do tempo (Figura 2.4). A tipologia adotada pelo EM-DAT constitui-se dos seguintes itens de causas naturais: temperatura extrema (frio ou calor extremos), inundação, deslizamento, vento forte, seca, terremoto, epidemia de doenças, infestação de insetos e queimada. Segue a esta a Figura 2.5, onde é exibida a quantidade de eventos por tipo de desastre no mesmo período.

¹ Emergency Events Database. <http://www.em-dat.net/>

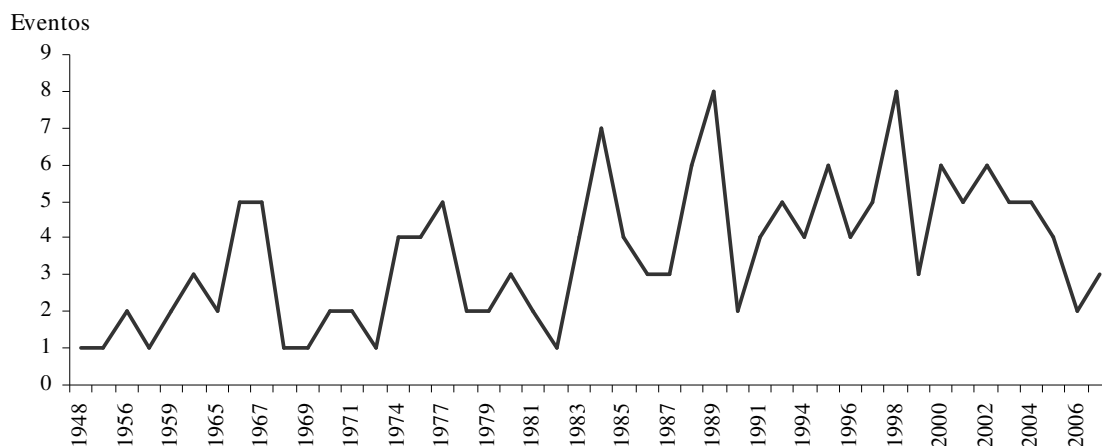


Figura 2.4 – Tipos distintos de desastres naturais no Brasil (1948 a 2007)

Fonte: EM-DAT – Elaborada pelo autor.

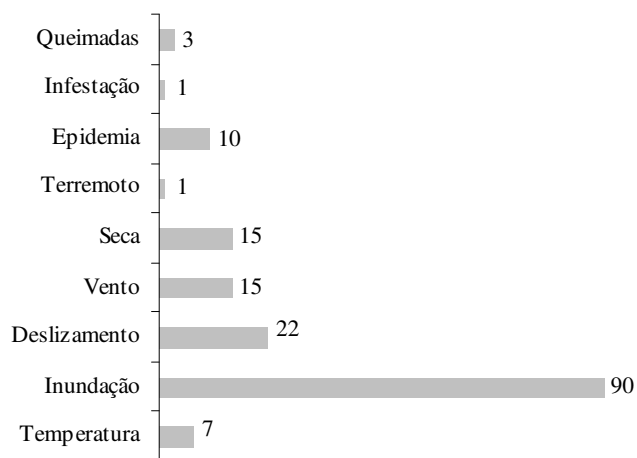


Figura 2.5 – Número de eventos de desastres naturais por tipo no Brasil (1948 a 2007)

Fonte: EM-DAT – Elaborada pelo autor.

Segundo noticiário do Ministério das Relações Exteriores – MRE² referente ao jornal O Estado de S.Paulo de 28/10/2004, o país ocupava a 11ª posição no ranking de vítimas de desastres naturais da Cruz Vermelha. Foram afetados 12,7 milhões de brasileiros entre 1994 e 2003. A organização internacional alerta que o número de pessoas afetadas no Brasil no mesmo período foi duas vezes maior do que na década anterior (1984-1993). Apenas em 2003, 810 mil brasileiros foram vítimas de catástrofes. No total, a entidade aponta que terremotos, furacões, inundações, secas e outros desastres afetaram 255 milhões de pessoas em 2003 no mundo e que geraram prejuízos de US\$ 56 bilhões.

Para Jonathan Walter, editor do relatório, o Brasil é um "espelho" do que ocorre no cenário internacional. Segundo ele, vem aumentando o número de vítimas de desastres naturais, em parte por causa da vulnerabilidade das camadas mais pobres da população. Ao mesmo tempo, verifica-se um aumento no número absoluto de desastres naturais no mundo. Segundo Walter, a incidência de catástrofes triplicou desde os anos 70.

Como resultado, entre 1994 e 2003, os 5,6 mil desastres registrados em todo o mundo afetaram 2,5 bilhões de pessoas, gerando prejuízos de US\$ 691 bilhões. Os números se contrastam com os registrados entre 1984 e 1993, quando o número de afetados, ainda que dramático, foi inferior: 1,6 bilhões de pessoas. Segundo o relatório, quase metade das vítimas sofreu com a seca e a fome. Já as inundações atingiram 16% do total de pessoas afetadas, mesma proporção registrada no caso de terremotos. As tempestades foram responsáveis por 10% das vítimas, enquanto 8% das pessoas afetadas por catástrofes foram vítimas de temperaturas extremas.

No Brasil, porém, a proporção de cada um dos fenômenos naturais não acompanha a média mundial diante da situação geográfica do país. A seca afetou 11,5 milhões de brasileiros entre 1994 e 2003. Já as inundações atingiram 510 mil pessoas, enquanto deslizamentos de terra afetaram 153 mil brasileiros. Queimadas também foram responsáveis por 12 mil vítimas, enquanto 6 mil brasileiros sofreram com as tempestades.

Os dados publicados no relatório da Cruz Vermelha foram coletados por pesquisadores da Universidade Católica de Louvain, na Bélgica. Guha Sapis, que lidera a pesquisa, explicou que a coleta das informações no Brasil ocorreu em colaboração com organizações não-governamentais, com a Organização Pan-Americana de Saúde e até com seguradoras. Ela reconhece, porém, que a

2 http://www.mre.gov.br/portugues/noticiario/nacional/selecao_detalhe.asp?ID_RESENHA=87104

maior dificuldade não é obter dados sobre pessoas afetadas, mas sobre as mortes causadas pelos desastres naturais. "Só contabilizamos as mortes ocorridas imediatamente ao desastre. Mas temos consciência de que muitas mortes ocorrem semanas depois", afirma Sapir.

Marcelio, Nunes e Kobyama (2006) confrontam informações do EM-DAT e fontes locais com informações de desastres no estado de Santa Catarina e observam discrepâncias nos números. Um dos exemplos é o número de pessoas mortas por causa da seca ou da fome. Pelos dados da pesquisa, 406 pessoas morreram no Brasil em 2003 por desastres naturais, mas especialistas acreditam que apenas a fome matou muito mais que isso. Não por acaso, os pesquisadores reconhecem que o número de mortes no Brasil nos últimos dez anos por desastres naturais, que soma 2,3 mil pessoas, é subestimado. Nos últimos dez anos, o relatório aponta a morte de 673 mil pessoas no mundo vítimas de desastres. Em 2003, os números chegaram a 76,8 mil, índice três vezes maior que em 2002.

O que a Cruz Vermelha garante é que, apesar da polêmica dos números, a realidade é que um mesmo desastre gera conseqüências muito diferentes dependendo do nível econômico dos países. Essa idéia é também colocada por Tobin e Montz (1997). A estimativa é de que, para cada desastre registrado, cerca de 50 pessoas morrem em um país rico. Nos países pobres, o mesmo desastre gera a morte de 589 pessoas. Um exemplo disso foi o furacão Jeanne, que afetou o Caribe. Ao passar pelo Haiti, o furacão deixou mais de 1,5 mil mortos. Ao passar pelo estado americano da Flórida, as vítimas não chegaram a dez pessoas, apesar dos prejuízos financeiros serem bem maiores nos países mais ricos e tenderem a ser crescentes.

Quanto aos deslizamentos no panorama mundial, dados do EM-DAT (Tabela 2.1) para o período de 1903 a 2004 apontam que na Ásia foi registrado o maior número de ocorrências; nas Américas, o maior número de vítimas fatais e na Europa, o maior montante em prejuízos causados pelo fenômeno. O APÊNDICE A mostra uma tabela com os maiores deslizamentos ocorridos durante o século vinte.

Tabela 2.1 – Deslizamentos ao redor do mundo (1903-2004)

	Eventos	Vítimas Fatais	Vítimas	Desabrigados	Afetados	Total Afetados	Danos U\$ mil
Africa	22	721	56	7.936	11.748	19.740	0
Média por evento		33	3	361	534	897	0
Américas	139	20.532	4.750	186.752	4.476.441	4.667.943	1.317.927
Média por evento		148	34	1.344	32.205	33.582	9.482
Ásia	220	15.754	3.464	3.742.596	1.309.796	5.055.856	534.229
Média por evento		72	16	17.012	5.954	22.981	2.428
Europa	75	16.158	743	3.125	37.668	41.536	1.705.689
Média por evento		215	10	42	502	554	22.743
Oceania	15	528	52	8	2.963	11.015	2.466
Média por evento		35	4	533	198	734	164

Fonte: EM-DAT – Adaptada pelo autor.

Dentro do panorama nacional, as Figuras 2.6 e 2.7 mostram, respectivamente, as mortes causadas por desastres naturais e por deslizamentos no Brasil. Os desastres naturais acumulam 7804 vítimas fatais no período de 1948 até o ano corrente, enquanto que 1640 vítimas fatais foram causadas por deslizamentos no período de 1956 até 2002.

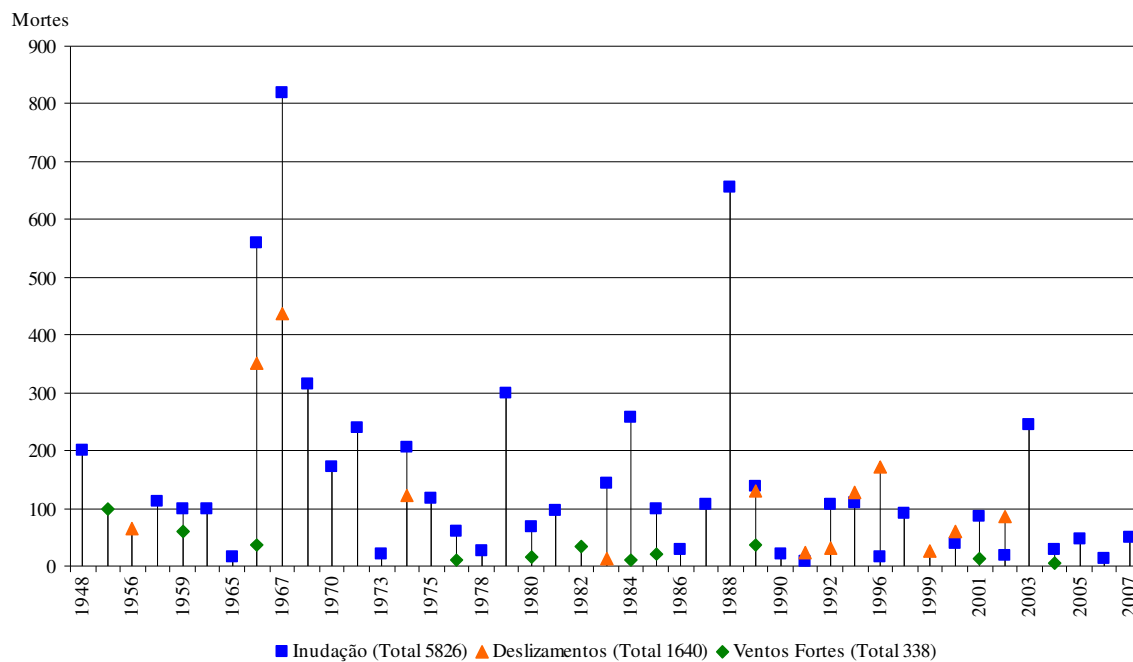


Figura 2.6 – Mortes por desastres naturais no Brasil (1948 a 2007)

Fonte: EM-DAT – Elaborada pelo autor.

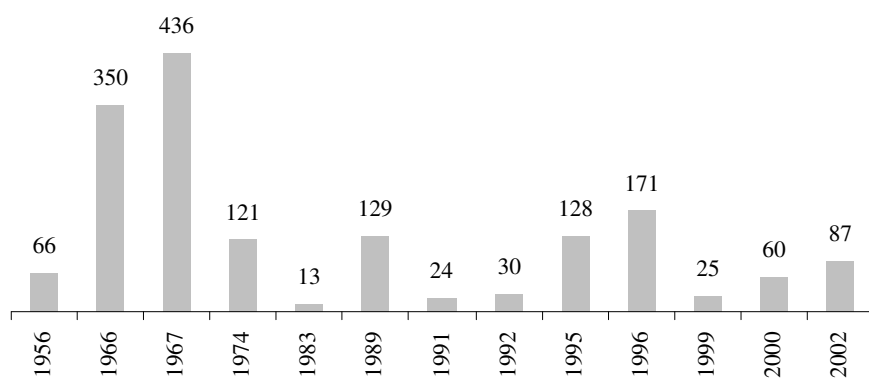


Figura 2.7 – Mortes por deslizamentos no Brasil (1956 a 2002)

Fonte: EM-DAT – Elaborada pelo autor.

No caso de deslizamentos, destacam-se os anos de 1966 e 1967, com elevada contagem de óbitos, ocasião em que ocorreram movimentos de massa significativos na Serra do Mar:

- Janeiro de 1966 (estado do Rio de Janeiro) - enchentes e deslizamentos nos estados da Guanabara e Rio de Janeiro, 250 mortos, 50.000 desabrigados. Deslizamento na favela de Santo Amaro, RJ, 60 mortos, 100 feridos, segundo Corpo de Bombeiros Militar do estado de Rio de Janeiro;
- Fevereiro de 1967 (estado do Rio de Janeiro) - deslizamento, Rua General Glicério, Laranjeiras, 200 mortos, 300 feridos, devido as fortes chuvas, uma casa e dois edifícios foram soterrados entre as ruas Belizário Távora e General Glicério. Enchentes e deslizamentos, nos estados da Guanabara e Rio de Janeiro, 300 mortos e 25.000 feridos.

Segundo Vitte e Guerra (2004), os eventos acima levaram à criação do Instituto de Geotécnica do Rio de Janeiro, atual GEO-Rio, e à execução imediata de 118 obras de estabilização de taludes que marcaram a vida da cidade. As chuvas de janeiro de 1967 alcançaram intensidade de 237 mm em 24 horas no dia 10 e 110 mm em 3 horas no dia 11, e totais acumulados de 472 mm em 3 dias e 617 mm no mês todo. Considerando o ano todo de 1967, os escorregamentos concentraram-se no mês de fevereiro, particularmente nos dias 18 e 19, quando houve o registro de uma chuva diária de 155 mm e intensidade de 145 mm em apenas 4 horas, respectivamente.

- 18/03/1967 (Estado de São Paulo) - Caraguatatuba ficou mundialmente conhecida pela dramática catástrofe ocorrida em 18 de março de 1967, quando uma tempestade de poucas horas provocou centenas de deslizamentos nas vertentes escarpadas da Serra do Mar. Escorregamentos originados na serra avançaram sobre Caraguatatuba despejando milhares de toneladas de lama e vegetação. A cidade teria sido atingida por uma tromba d'água, com acumulada de 580 mm em 2 dias. Com o temporal, lama, pedras e troncos de árvores deslizaram da serra destruindo casas, pontes, ruas e estradas. A cidade ficou totalmente isolada, sem energia elétrica, sem comunicação, sem alimentos e sem água. O número de mortos não pôde ser computado porque

muitas pessoas ficaram soterradas ou foram levadas pela água em direção ao mar. Extra-oficialmente, teriam morrido 400 pessoas durante a catástrofe.

Penteado (1980) cita que deslizamentos associados à enchimento de solo provocado por chuvas copiosas de três frentes frias consecutivas associadas também a planos de fraturas e falhas e, possivelmente, a abalos sísmicos de curta duração e pouco perceptíveis, foram a causa dos desabamentos nos flancos da Serra do Mar, que provocaram a catástrofe de Caraguatatuba em 18 de março de 1967.

Cruz (1974) relacionou também essa ocorrência trágica à atuação de frente fria, e acrescenta que, os escorregamentos de 1967 em Caraguatatuba foram de tipos e formas diversos, pois massas de material heterogêneo desceram com violência, em movimentos turbilhonares paralelos às vertentes. Talvez por isto a população local referia-se a esses escorregamentos com a expressão “rodar”. Quanto maior o turbilhonamento, maior o distanciamento das formas superficiais e taludes de detritos na base das vertentes e, conseqüentemente, maior é o volume de material descido. É um fenômeno em cadeia, cada vez mais poderoso para jusante, tudo arrasando à sua passagem, até atingir a baixada.

Mais recentemente, Sousa Jr. et al. (2007) avaliaram a causalidade do evento a partir de estudos de reanálise, colocando como causa provável a ocorrência de Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, na área.

Segundo dados fornecidos pelo IPT (1988 a 2000) são expressivos os óbitos ocasionados por deslizamentos no Brasil (Figura 2.8), num total de 1257 vítimas fatais. Para o estado de São Paulo, no mesmo período, o número chega a 234 mortes, apresentando distribuição temporal distinta em relação à tendência nacional; contudo, exceções pontuais podem ser levantadas em alguns anos como 1989, 1993, 1995 e 1996, que apresentaram forte concentração de mortes no estado de São Paulo.

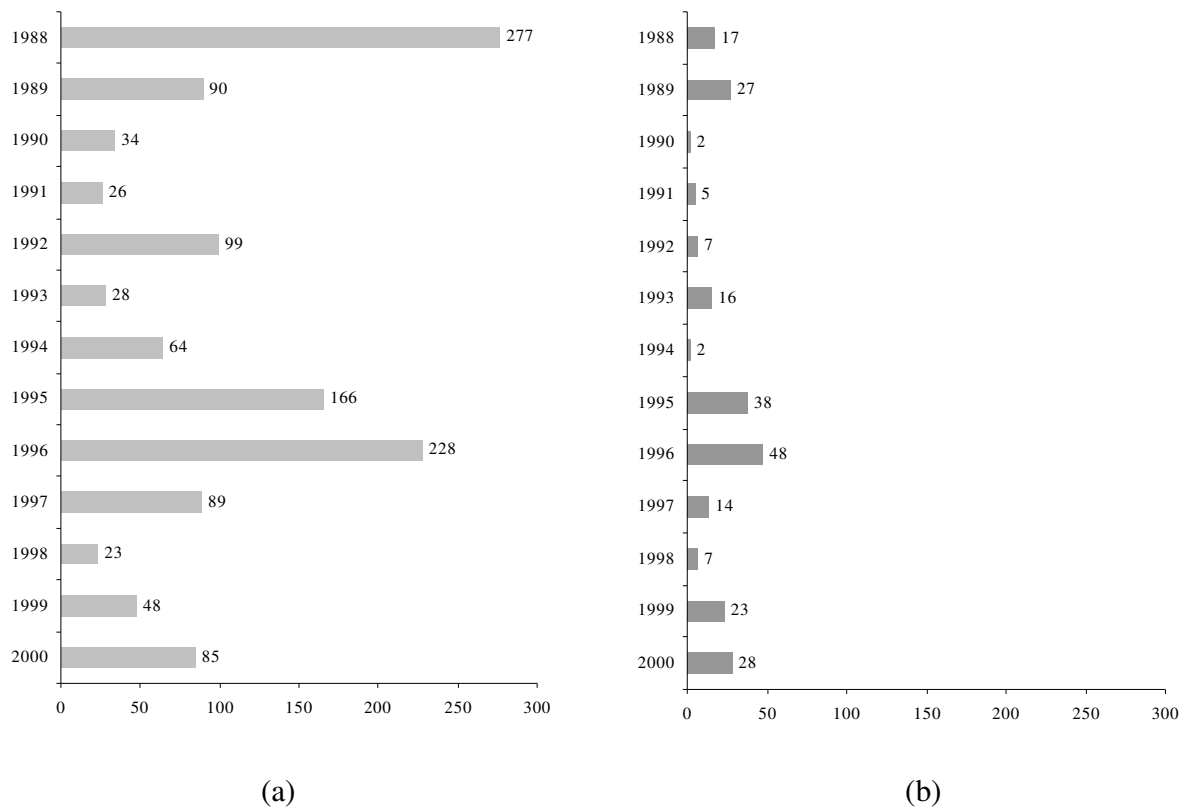


Figura 2.8 – Mortes ocasionadas por deslizamentos no
(a) Brasil e (b) estado de São Paulo (1988 a 2000)

Fonte: IPT – Elaborada pelo autor.

2.2 Movimentos de Massa

Os movimentos de massa fazem parte da dinâmica da paisagem. Destacam-se como um dos principais processos geomorfológicos responsáveis pela evolução do relevo, chamados movimentos do regolito por Christofolletti (1980), sobretudo em áreas montanhosas. Remobilizam materiais ao longo das encostas em direção às planícies e promovem, juntamente com os processos erosivos, o recuo das encostas e a formação de rampas colúvies. Entretanto, quando ocorrem em áreas ocupadas, podem tornar-se um problema, causando mortes e enormes prejuízos materiais. Guerra (1980) lembra que a ação humana muitas vezes pode acelerar os deslizamentos, devido à utilização irracional de áreas acidentadas.

Sobre os termos deslizamento e escorregamento para definir movimentos de massa, Marcelino (comunicação oral) julga ser melhor utilizar o segundo, pois denota movimentos sem controle, ao contrário do primeiro. De acordo com o glossário do Departamento de Defesa Civil do Ministério de Planejamento e Orçamento (segunda edição – 1998), deslizamento é definido como fenômeno provocado pelo escorregamento de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados, denominados encostas, pendentes ou escarpas; o escorregamento é considerado como sendo o mesmo que deslizamento. Para este estudo usaremos os dois termos sem diferenciá-los.

Caracteriza-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida, cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados. Em função da existência de planos de fraqueza nos horizontes movimentados, que condicionam a formação das superfícies de ruptura, a geometria desses movimentos é definida, assumindo a forma de cunha, planar ou circular, como ilustra a Figura 2.9.

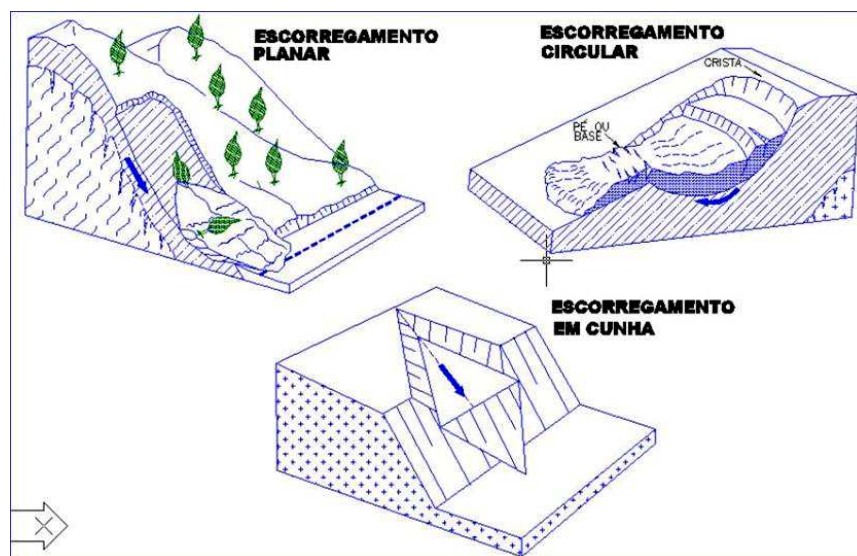


Figura 2.9 – Geometria dos movimentos de massa

Fonte: IPT.

2.3 Classificação de Movimentos de Massa

A classificação é complexa, pois há uma grande variedade de materiais e processos envolvidos. Devem ser levados em conta parâmetros como: velocidade e mecanismo do movimento (velocidade e direção), características dos materiais (solo, rocha, detritos, etc.), modo

de deformação, geometria do movimento e quantidade de água (ANEXO C). De forma geral, os movimentos gravitacionais de massa são classificados em:

- Rastejos: movimentos lentos, contínuos ou pulsantes da camada superficial do solo, normalmente associados às variações do tempo atmosférico (Figura 2.10). Não apresentam superfície de ruptura bem definida. Os limites entre a massa em movimento e o terreno estável são transacionais e atingem grandes áreas, atuando nos horizontes superficiais e nos extratos mais profundos, perceptível somente em observações de longa duração. A velocidade do processo diminui em profundidade, chegando a zero, alguns centímetros ou decímetros abaixo da superfície. O reflexo do *creep* é observado na curvatura das árvores, postes inclinados, pequenos terraços ao longo das encostas (PENTEADO, 1980).

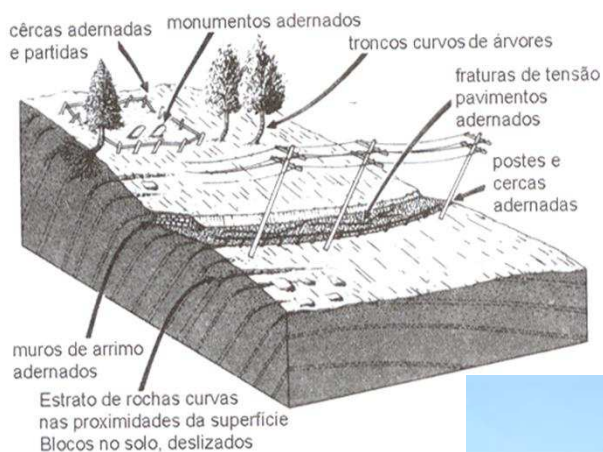


Figura 2.10 – Rastejo

Fonte: IPT.

- Escorregamentos: caracterizam-se por movimentos rápidos e superfícies de ruptura bem definidos lateral e profundamente, o mesmo que deslizamento, sendo possível a distinção entre o material deslizado e o que não foi movimentado. Em virtude da massa transportada e da geometria do plano de ruptura, os escorregamentos classificam-se em rotacionais e translacionais.

a) Os rotacionais ou circulares (Figura 2.11) têm superfície de ruptura curva, côncava (forma de colher), ao longo da qual ocorre o movimento rotacional de uma massa de solo. A presença de mantos de alteração espessos e homogêneos, como aqueles originados de rochas argilosas, facilita sua ocorrência. Geralmente estão associados à percolação da água em profundidade, sendo deflagrados algum tempo depois de um evento chuvoso. O início do movimento muitas vezes está ligado a cortes no sopé da encosta, provocados por erosão fluvial ou pela construção de moradias e estradas. Apresentam como feições típicas as escarpas de topo, fendas transversais na massa transportada e uma língua de material acumulado na base da encosta (DIAS e HERRMANN, 2002).

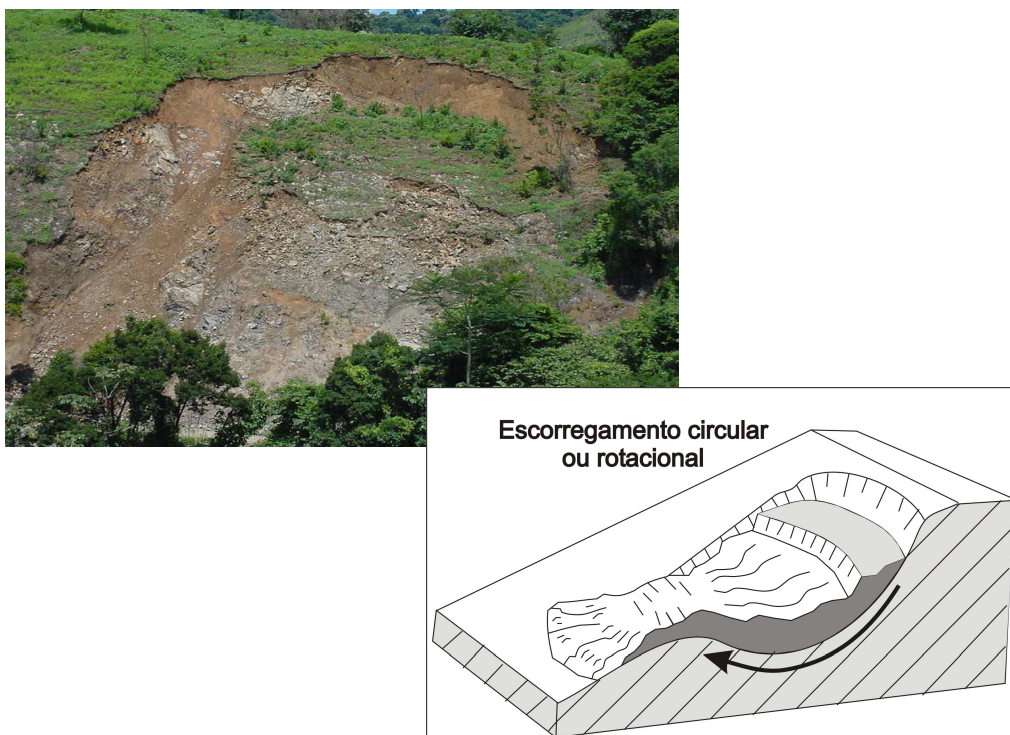


Figura 2.11 – Escorregamento circular ou rotacional

Fonte: IPT.

b) Os escorregamentos translacionais são os tipos de movimento de massa mais comuns nas encostas (Figura 2.12). Apresentam superfície de ruptura com forma planar, que geralmente acompanha descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas do material. Estas descontinuidades podem ser resultantes de acamamentos, foliações, falhas, fraturas ou dos contatos entre rocha, saprolito, solo e colúvio. Os movimentos costumam ser compridos e rasos e estão associados a uma dinâmica hidrológica mais superficial. Geralmente são deflagrados durante eventos pluviométricos de alta intensidade, quando a taxa de infiltração torna-se superior à taxa de retirada de água do interior da encosta por fluxos subsuperficiais. Com isso, há um aumento excessivo da poro-pressão, causando a ruptura (DIAS e HERRMANN, 2002).

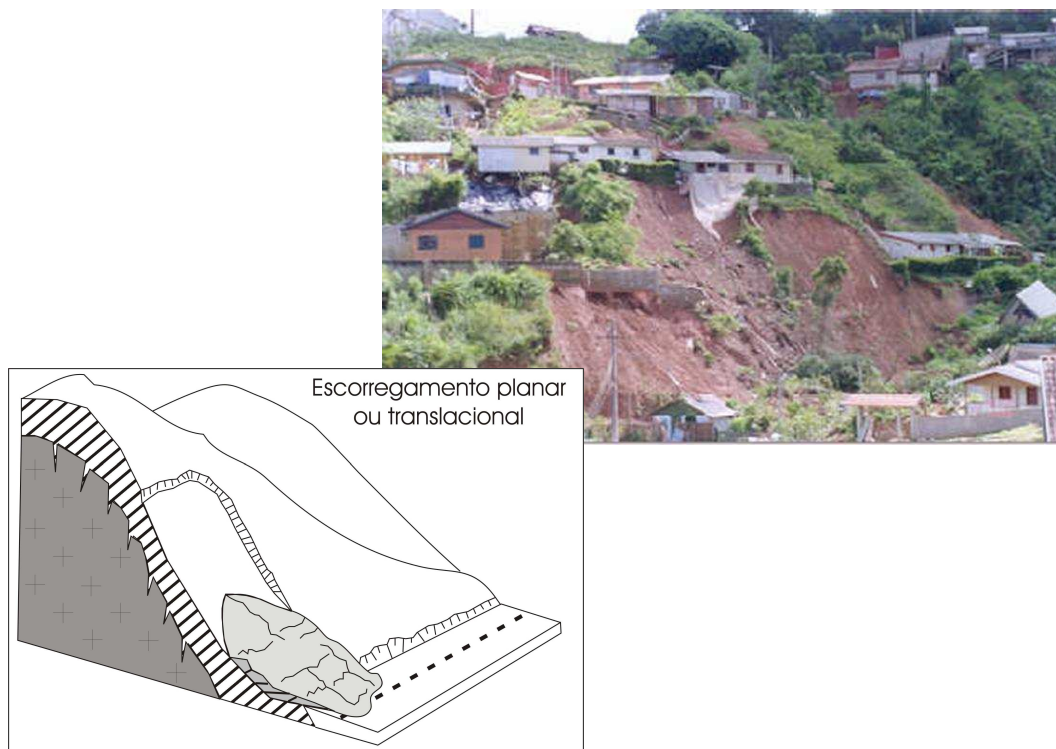


Figura 2.12 – Escorregamento planar ou translacional

Fonte: IPT.

- Quedas: movimentos extremamente rápidos, provocados pela queda livre de blocos ou lascas de rochas (Figura 2.13). São resultantes do avanço do intemperismo físico e químico por meio das descontinuidades das rochas, representadas por falhas, fraturas e bandamentos.

Este processo é responsável pela decomposição esferoidal de rochas como o granito, dando origem a blocos e matacões (Figura 2.14) envoltos por um manto de alteração. A posterior remoção por erosão do material proveniente da decomposição esferoidal tende a isolar estes blocos e matacões na superfície do terreno.

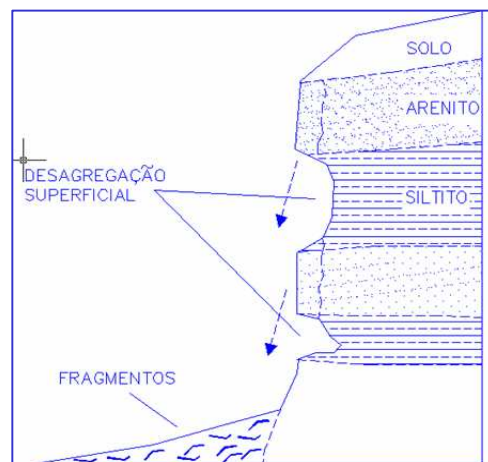
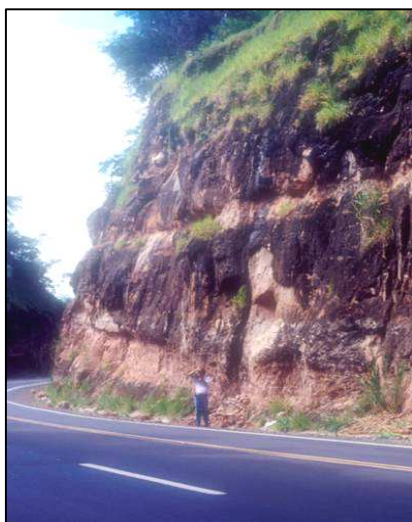


Figura 2.13 – Queda

Fonte: IPT.



Figura 2.14 – Rolamento de matacões

Fonte: IPT.

- Corridas de Massa: ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo, misturado com a água, tem comportamento de líquido altamente viscoso, de extenso raio de

- ação e alto poder destrutivo (Figura 2.15). São movimentos rápidos, associadas à concentração dos fluxos de água superficiais em determinado ponto da encosta. Geralmente os materiais (solo, pequenos blocos e restos vegetais) são transportados ao longo de canais de drenagem. Uma corrida pode ser gerada por pequenos escorregamentos que se deslocam em direção aos cursos de água, o que torna difícil a distinção entre estes dois tipos de movimento.



Figura 2.15 – Corridas de massa

Fonte: IPT.

Cada autor atribui maior importância a um determinado parâmetro, sejam a velocidade, os materiais envolvidos, o modo de deformação etc. Porém, notamos que alguns tipos genéricos de movimentos de massa estão presentes na maior parte das classificações. São eles: o rastejamento (*creep*), as corridas (*flows*), os escorregamentos (*slides*) e as quedas de blocos (*rockfalls*), adotado por Augusto Filho (1992), mostrado na Tabela 2.2:

Tabela 2.2 – Classificação de movimento de massa segundo Augusto Filho

Processos	Características do Movimento / Material / Geometria
Rastejo (<i>Creep</i>)	- vários planos de deslocamento (internos) - velocidades muito baixas a baixas (cms/ano) e decrescentes c/ a profundidade - movimentos constantes, sazonais ou intermitentes - solo, depósitos, rocha alterada/fraturada - geometria indefinida
Escorregamentos (<i>Slides</i>)	- poucos planos de deslocamento (externos) - velocidades médias (m/h) a altas (m/s) - pequenos a grandes volumes de material - geometria e materiais variáveis: Planares: solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza Circulares: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em Cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas (<i>Falls</i>)	- sem planos de deslocamento - movimento tipo queda livre ou em plano inclinado - velocidades muito altas (vários m/s) - material rochoso - pequenos a médios volumes - geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. Rolamento de Matação Tombamento
Corridas (<i>Flows</i>)	- muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) - movimento semelhante ao de um líquido viscoso - desenvolvimento ao longo das drenagens - velocidades médias a altas - mobilização de solo, rocha, detritos e água - grandes volumes de material - extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Fonte: AUGUSTO FILHO, 1992.

Os escorregamentos podem ser classificados de acordo com diferentes critérios (VAZ, 2003). Entretanto, como seu potencial de risco está associado, principalmente, à velocidade do processo de escorregamento, foi adotada uma classificação baseada na velocidade de deslocamento e no tipo de material onde ocorre o deslocamento conforme mostrado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Classificação de escorregamentos segundo Vaz

Material e movimento	Classe	Características
Em solo ou em tálus, lentos	Rastejo	Movimento contínuo ou intermitente, volume reduzido
	Movimento de massa	Idem, grandes volumes
Em solo, rápidos, ao longo de superfícies de ruptura	Planares	Deslizamentos de camadas delgadas por ocasião de chuvas intensas
	Rotacionais	Idem, camadas mais espessas; superfície côncava
Em rocha	Deslizamento de cunhas e lascas	Ao longo de estruturas (descontinuidades)
	Escorregamento de rocha	Idem aos escorregamentos rotacionais em solo, porém, em rocha muito fraturada
	Queda de bloco	Queda de blocos de rocha Taludes em rocha ou matações Em taludes de solo
Em solo ou rocha muito rápido	Avalanches e corridas de lama	Blocos de rocha e solo Fluxos de argila e areia

Fonte: VAZ, 2003.

Sob o ponto de vista da geologia de engenharia impõe-se uma classificação inicial dos movimentos de massa da Serra do Mar em dois grandes grupos (Tabela 2.4): naturais e induzidos por alguma ação humana (SANTOS, 2004):

Tabela 2.4 – Movimentos de massa naturais e induzidos

	Tipos	Características
N A T U R A I S	Rastejo, Solifluxão	Movimentos de grande lentidão e intermitência no horizonte superior de solos superficiais.
	Escorregamentos translacionais rasos (ou planares)	Desmorte hidráulico de solos superficiais especialmente associados a encostas retilíneas com inclinação acima de 30° e rupturas positivas de declive.
	Corridas de lama	Violenta torrente fluida de massa de solo e rocha ao longo dos talvegues de vales encaixados, originada da confluência do material de inúmeros escorregamentos planares ocorridos nas vertentes desses vales.
	Desprendimentos em rocha	Queda de blocos e lascas de superfícies rochosas naturais expostas rolamento de matacões superficiais.
I N D U Z I D O S	Movimentação de tálus e corpos coluvionares	Movimentação de grandes massas coluvionares quando cortadas ou sobrecarregadas por algum tipo de intervenção humana.
	Escorregamentos rotacionais profundos	Escorregamentos de grandes massas de solo devido especialmente a escavações de pé de talude, sobrepeso, alterações de drenagem, desmatamento, etc.
	Escorregamentos translacionais rasos (ou planares)	Por cortes no terreno, concentração de águas superficiais, desmatamento, sobrepesos de aterros ou lixo, etc.
	Desprendimentos em rocha	Queda de blocos individualizados ou desmoronamentos de conjunto de blocos por combinação desfavorável de planos estruturais da rocha com plano do talude de corte, vibrações no terreno, descalçamento erosivo de matacões, etc.
	Colapso em saprolito fraturado	Desmoronamento de grandes massas de rocha alterada fraturada pela combinação desfavorável de orientações espaciais de estruturas da rocha, diferentes graus de alteração, inclinação do plano do talude de corte e direção da estrada.

Fonte: SANTOS, 2004.

2.4 Velocidade dos Movimentos de Massa

Segundo Ayala (2000) e Aguiar, Silva Filho e Almeida (2005), a escala de velocidade de movimento é baseada no modelo proposto por Varnes em 1958 (Tabela 2.5), com a adição das unidades transformadas para o Sistema Internacional de Unidades (S.I.), variando de metro por segundo até milímetro por ano. A proposta original não discutiu a divisão da escala espacial, que utilizava unidades que variavam de pé por segundo até pé por 5 anos, e que provavelmente representava a codificação prática informal dos Estados Unidos na época.

O modelo de Varnes é uma interpretação da escala realizada por analogia com aquela referente à escala de intensidade de terremoto de Mercalli. Mostra que os efeitos dos escorregamentos podem ser ordenados em seis classes correspondentes aproximadamente a seis faixas mais rápidas. A adição da sétima classe enquadra esta classificação de acordo com as divisões da escala de velocidade.

A escala de Mercalli é baseada na descrição de efeitos localizados de terremotos; o grau de dano pode ser avaliado através de investigação de casas e rodovias na área de interesse. O valor da intensidade pode ser correlacionado com a energia total liberada pelo evento, porque tanto os danos localizados quanto a área atingida estão relacionados com a dimensão do terremoto.

Para o caso específico de escorregamentos, a situação é diferente, pois se sabe que corridas de detritos rápidas e pequenas podem causar destruição total e perdas de vidas; no entanto, grandes movimentos de massa com velocidades moderadas, podem provocar efeitos bem menos desastrosos podendo, até, serem evitados, ou as estruturas atingidas evacuadas ou reformadas. Isto leva a conclusão que a medida do risco de um escorregamento deve incluir ambos: área atingida e velocidade. O produto destes dois parâmetros é aproximadamente proporcional ao poder do escorregamento.

Tabela 2.5 – Escala de velocidade dos movimentos de massa

Velocidade	Classificação	Limite	Descrição	Impacto
3 m/s	7	5 m/s	extremamente rápido	catástrofe de grandes proporções; edifícios destruídos pelo impacto do material deslocado, muitas mortes; fuga pouco provável.
0,3 m/min	6	3 m/min	muito rápido	algumas vidas perdidas; velocidade muito grande para que todas as pessoas possam escapar.
1,5 m/dia	5	1,8 m/hora	rápido	evacuação de pessoas possível; estruturas, bens e equipamentos destruídos.
1,5 m/mês	4	13 m/mês	moderado	algumas estruturas temporárias e robustas podem ser temporariamente mantidas.
1,5 m/ano	3	1,6 m/ano	lento	obras de remediação podem ser executadas durante o movimento; estruturas resistentes podem ser mantidas com trabalhos frequentes de manutenção se o movimento total não for muito grande em uma dada fase de aceleração.
0,06 m/ano	2	0,016 m/ano	muito lento	algumas estruturas permanentes podem ficar intactas durante o movimento.
	1		extremamente lento	movimento imperceptível sem instrumentação; construção possível com precaução.

Fonte: Modelo Varnes (1958) – Adaptado pelo autor.

2.5 Fatores que afetam a estabilidade das encostas

As informações abaixo baseiam-se em Vaz (2003).

2.5.1 Naturais

A estabilidade ou instabilidade de uma encosta depende de um conjunto da interação de um conjunto de fatores estruturais, que resultam na forma. Os fatores naturais que controlam a estabilidade das encostas são os tipos de material (solo ou rocha), a declividade da encosta (morfologia), o clima, a vegetação e a água subterrânea.

a) Tipo de material

Os escorregamentos rotacionais ocorrem em solos ou em rochas de baixa resistência, como os folhelhos, enquanto os escorregamentos planares podem acontecer em solo ou em rocha com estruturas. Os escorregamentos planares são registrados ao longo de planos de menor resistência, tais como planos de fraturas, estratificação, xistosidade, falhas e contatos (estruturas internas e externas). O solo de alteração (SA), que pode ser muito espesso no Brasil, mantém preservados os planos dessas estruturas, facilitando a ocorrência de escorregamentos planares. Como a xistosidade é exclusiva das rochas metamórficas e a estratificação das rochas sedimentares, encostas nestes tipos de rocha estão sujeitas a escorregamentos planares, dependendo da posição espacial dessas estruturas.

b) Declividade

Como a tensão principal atuante nas encostas é a tensão gravitacional, quanto mais próximo da vertical for a encosta, maior será a tensão atuante. Em outras palavras, quanto maior for a declividade de uma encosta, maior será a tensão solicitante atuando sobre a mesma.

c) Clima e vegetação

O clima afeta a estabilidade das encostas por governar a distribuição das chuvas e, conseqüentemente, o grau de saturação dos materiais da encosta. Em geral, quanto maior for a

umidade presente nesses materiais, menor será sua resistência ao cisalhamento, facilitando a ocorrência de escorregamentos.

O papel da vegetação é mais complexo, uma vez que ela depende de vários fatores, tais como o clima, o tipo de solo e o relevo, aspectos que, por si só, afetam a estabilidade das encostas. As encostas submetidas a remoção indiscriminada da vegetação apresentam risco de deslizamento. A ausência de cobertura vegetal faz com que o impacto da água da chuva cause deslocamentos superficiais no solo, facilitando escorregamentos de terra. Alguns tipos de vegetação, também podem promover a instabilização de encostas, principalmente devido ao fato de que suas raízes absorvem muita água, aumentando seu peso, ocasionando deslizamentos (DE PLOEY, 1981). Bananeiras, extensivamente cultivadas nas encostas, constituem-se em um exemplo. Outra razão é o apodrecimento das raízes deixando, zonas vazias ou preenchidas por solo mole, também reduzindo as tensões resistentes das encostas.

d) Água

A água, seja de superfície ou subterrânea, exerce um papel decisivo, estando sempre associada, direta ou indiretamente, com os escorregamentos, principalmente de solos. A erosão superficial provocada por águas de chuva, seja devido ao impacto das gotas no solo ou devido aos sulcos e ravinas de enxurradas, torna a encosta mais íngreme e, conseqüentemente, menos estável. Contudo, o principal efeito da água decorre da saturação do solo, ou seja, condição na qual a quase totalidade dos poros do solo estão preenchidos por água, permitindo a transmissão de pressões hidrostáticas. Neste caso serão geradas por pressões de água (geralmente conhecidas como pressões neutras), em função da carga hidráulica, que reduzem a resistência ao cisalhamento do solo (tensão resistente), ao mesmo tempo em que o peso do solo (tensão solicitante) aumenta. Este fenômeno ocorre com chuvas intensas ou duradouras, levando ao aparecimento de zonas saturadas do solo, imediatamente acima do topo de rocha, pois, a velocidade de infiltração da água no solo é superior à velocidade de infiltração da água na rocha. Neste caso, um lençol freático temporário fica estabelecido sobre o topo de rocha e movimenta-se para baixo, ao longo do topo de rocha, em geral subparalelo à encosta, conforme mostrado na Figura 2.16.

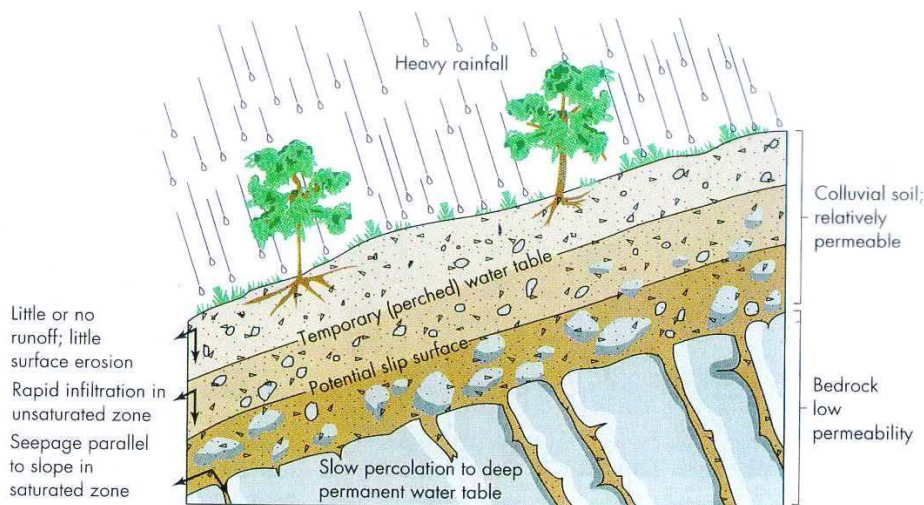


Figura 2.16 - Nível d'água temporário devido a chuvas intensas

Fonte: KELLER, 2000.

Processo semelhante ocorre quando uma encosta saturada, por exemplo, na margem de um reservatório, fica sujeita ao abaixamento rápido do nível do reservatório. Neste caso, um fluxo de água subterrânea estabelece-se em direção ao reservatório, produzindo por pressões que reduzem a resistência ao cisalhamento do solo. Certas argilas ou areias finas podem ainda, quando saturadas, apresentar um comportamento semelhante ao de um líquido quando perturbadas, processo conhecido como liquefação. Neste caso, são produzidos fluxos de água e sólidos, muito rápidos, conhecidos como corridas de lama.

2.5.2 Antrópicos

Da dinâmica natural das encostas fazem parte os escorregamentos e os processos correlatos, mas a frequência e a intensidade desses fenômenos são aumentadas pelo uso e pela ocupação impróprios de seus solos (PISANI, 1998).

A maioria dos escorregamentos acontecidos em áreas urbanas no Brasil foi deflagrada pela ocupação inadequada das encostas. As descrições desses acidentes deixam claras as irregularidades na ocupação e a falta de infra-estrutura destas.

Os principais agentes indutores de processos de escorregamentos estão vinculados a ações antrópicas, tais como:

a) Cortes

A execução de cortes excessivos para a implantação de edificações e acessos sem nenhum estudo preliminar do solo e do sistema de drenagem, bem como os cortes sem a sustentação por meio de obras de engenharia, acentuam a declividade natural da encosta.

b) Aterros

A execução de aterros, sem o devido cuidado técnico, apresentando altura e declividade dos taludes incompatíveis com a resistência do solo e com as pressões neutras devidas a fluxos internos de água, envolve:

- O reaproveitamento do próprio material do corte, às vezes sobre o solo;
- O material de entulho de obras de construção civil;
- O bota-fora de diferentes tipos de solo misturados aleatoriamente;
- Os lançamentos de cima para baixo nas encostas, formando planos diagonais, que favorecem a instabilidade;
- Os lançamentos sobre a vegetação rasteira existente;
- O lixo doméstico e outros, ricos em material orgânico;
- A falta de qualquer forma de compactação.

c) Desmatamento

Retirada da cobertura vegetal, que pode ser formada por gramíneas, arbustos e árvores, provocam um aumento de infiltração de águas pluviais, diminuição da retenção das copas, aumento do escoamento superficial, diminuição da evapotranspiração e, portanto, abalo geral no ciclo hidrológico.

d) Água

É o agente mais determinante e pode ser dividida em:

- Águas pluviais: concentração e escoamento de água no solo exposto, ocasionando infiltrações e erosões;

- Águas servidas: lançamento de águas servidas em vários pontos da encosta, ocasionando infiltrações constantes;
- Abastecimento: existência de redes de água com técnicas precárias, originando vazamentos, contaminações e infiltrações;
- Sumidouros: elementos que ocasionam infiltrações, contaminações e elevação da umidade do solo.

e) Drenagem

Obras de drenagem e estabilização executadas sem nenhuma técnica construtiva conveniente, com materiais e formas inadequadas ou a ausência de qualquer tipo de obra de drenagem de águas superficiais.

f) Detritos

O acúmulo de lixo principalmente doméstico, e demais detritos, são caracterizados por serem muito instáveis. Em geral são lançados em áreas ainda não ocupadas e de maior declividade, ou misturados às camadas de solos nos aterros.

g) Densidade

O adensamento das ocupações em áreas remanescentes das primeiras ocupações, nas encostas se apropriam de áreas melhores, normalmente com menos declive e mais acessibilidade. Para as que surgem posteriormente restam as áreas de pior acesso e as com declividades mais acentuadas. Esse aumento da densidade *a posteriori* pode pôr em maior risco todo o conjunto.

h) Tipologia

- Formam-se freqüentemente nas áreas de encosta, habitações das classes de baixa renda, muitas vezes constituindo as favelas;
- Edificam-se com materiais e técnicas construtivas que não apresentam segurança quanto à resistência das edificações, independentemente dos outros fatores;
- São implantadas em terrenos muito próximos à base dos taludes naturais ou de corte, não permitindo nenhuma área de segurança para depósito de material mobilizado;
- São construídas sobre aterros que foram realizados em condições precárias;

Não se harmonizam com a topografia, quase sempre se instalando em patamares e em um único pavimento, necessitando sempre de cortes e aterros excessivos.

i) Sobrecargas

O efeito das cargas das áreas edificadas, próximas ao topo dos taludes naturais e de cortes ou sobre aterros lançados, agravam regiões que naturalmente podem apresentar problemas de instabilidade.

j) Cultivo de espécies inadequadas

O cultivo de bananeiras em encostas é um hábito brasileiro. A referida espécie não é adequada devido às suas características de crescimento, tempo de vida e raízes. A bananeira apresenta um sistema radicular que não forma uma manta protetora, tem um tempo de vida curto e ao morrer tomba naturalmente, desprendendo-se do solo, gerando material solto e favorecendo os escorregamentos.

Visto sob outra perspectiva, os escorregamentos são causados por eventos que resultam na ruptura de materiais terrestres, solo e/ou rocha especificamente, quando tais eventos com suas causas e efeitos solicitam uma resistência maior que a dos terrenos (AUGUSTO FILHO, 1995). Assim, para o autor, os fatores que deflagram os escorregamentos são agrupados de acordo com a Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Fatores que deflagram os escorregamentos

Ação	Fatores	Fenômenos Geológicos/Antrópicos
Aumento da solicitação	remoção de massa (lateral ou da base)	erosão, escorregamentos
		cortes
	sobrecarga	peso da água de chuva, neve, granizo, etc.
		acúmulo natural de material (depósitos)
		peso da vegetação
		construção de estruturas, aterros, etc.
	solicitações dinâmicas	terremotos, ondas, vulcões, etc.
		explosões, tráfego, sismos induzidos
	pressões laterais	água em trincas, congelamento, material, tensões
Redução da resistência	características inerentes ao material (geometria, estruturas, etc.)	características geomecânicas do material, tensões
	mudanças ou fatores variáveis	intemperismo à redução na coesão, ângulo de atrito
		elevação do nível d'água

Fonte: AUGUSTO FILHO, 1995.

2.6 PPDC – Plano Preventivo de Defesa Civil

Em 1988, chuvas muito intensas provocaram vários escorregamentos na Serra do Mar, ocasionando mortes em diversas cidades litorâneas do estado de São Paulo. Em decorrência desses graves acidentes, o governo estadual solicitou a elaboração do relatório “Instabilidade da Serra do Mar no Estado de São Paulo. Situações de Risco”, que tinha dentre os seus objetivos, a proposição de medidas que possibilitassem a prevenção, redução e eliminação destes riscos. Uma destas propostas foi a elaboração do Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC, implantado desde então, da mesma proposta derivaram trabalhos como as Cartas Geotécnicas do Guarujá e de Ubatuba. O PPDC foi coordenado pelo Instituto Geológico – IG e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, com a colaboração de vários outros centros de pesquisa, existindo até os dias atuais.

O PPDC é operado por meio de acompanhamento das chuvas, previsão meteorológica e vistorias de campo. O objetivo principal é evitar a ocorrência de mortes, com remoção da população antes que os escorregamentos atinjam suas moradias. Além disso, o PPDC é uma medida não-estrutural, que tem como objetivo principal dotar a Comissão Municipal de Defesa Civil – COMDEC de instrumentos de ação para reduzir a perda de vidas humanas e de bens materiais decorrentes de escorregamentos e processos correlatos. Fundamenta-se na possibilidade de se tomarem medidas antes da ocorrência desses escorregamentos.

O período de operação tem início no dia 1º de dezembro e estende-se até 31 de março do ano subsequente, podendo ser prorrogado de acordo com as condições meteorológicas. As instituições participantes do PPDC são mostradas na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Instituições participantes do PPDC

Instituição	Função
CEDEC – Coordenadoria Estadual de Defesa Civil	Coordenação geral do PPDC
REDEC – Regional de Defesa Civil	Coordenação regional do PPDC
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas	Assessoria técnica à CEDEC, REDEC e COMDEC
IG - Instituto Geológico	Assessoria técnica à CEDEC, REDEC e COMDEC
Prefeitura/COMDEC - Comissão Municipal de Defesa Civil	Coordenação local do PPDC

Fonte: Defesa Civil do estado de São Paulo.

O funcionamento do PPDC está baseado no acompanhamento das chuvas (acumulado de 3 dias), na previsão meteorológica e nas vistorias de campo. Ele está organizado em 4 níveis: Observação, Atenção, Alerta e Alerta Máximo. Cada nível prevê várias ações. A principal ação de cada nível é apresentada na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 - Níveis do PPDC e principais ações correspondentes

Nível	Principais Ações
Observação	Acompanhamento dos índices pluviométricos
Atenção	Vistoria de campo nas áreas anteriormente identificadas
Alerta	Remoção preventiva da população das áreas de risco iminente indicadas pelas vistorias
Alerta Máximo	Remoção de toda a população que habita áreas de risco

Fonte: Defesa Civil.

Para que o Plano Preventivo obtenha êxito, todas as instituições devem atuar seguindo uma sequência de operações. As principais responsabilidades de cada instituição, assim como o fluxograma de informações que devem ser repassadas, podem ser observadas na Figura 2.17.

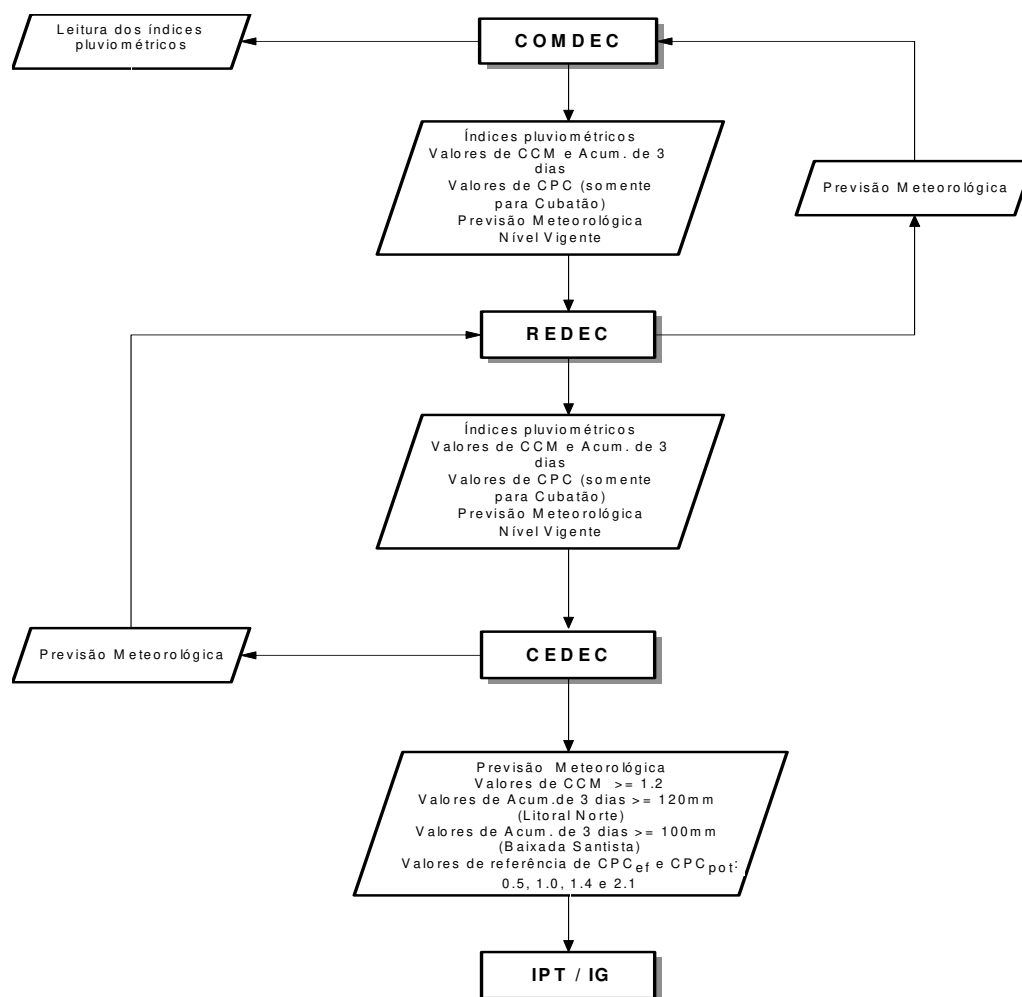


Figura 2.17 - Fluxograma de informações e responsabilidades de cada instituição no PPDC

Fonte: Defesa Civil do estado de São Paulo.

A operação do PPDC é baseada no entendimento dos processos de escorregamentos e seus condicionantes. Estes condicionantes indicam QUANDO e ONDE podem ocorrer os escorregamentos. O QUANDO é definido pelos índices pluviométricos (números calculados a partir da quantidade de chuvas) e previsão meteorológica e o ONDE, pelas vistorias de campo. Estes são os critérios de deflagração das ações do PPDC; com estas informações (chuvas, meteorologia e vistorias de campo), em conjunto com os demais critérios utilizados, cada

COMDEC tem condição de avaliar a situação do seu município e a necessidade de mudança de nível. Para cada nível são determinadas as ações que cada instituição deve desempenhar.

Os montantes pluviométricos são coletados diariamente nos postos determinados para cada município. Esses dados são utilizados para calcular o acumulado de chuvas de 3 dias. A análise de alguns episódios de chuvas que provocaram escorregamentos na região do litoral, onde se estabeleceu o primeiro PPDC, permitiu estabelecer valores de chuvas acumulados em 3 dias para cada plano de contingência elaborado posteriormente para o estado. Esses valores, quando atingidos, indicam alta possibilidade de ocorrência de escorregamentos.

O registro de chuvas moderadas e fortes associadas aos sistemas meteorológicos (Frontais, Linhas e Áreas de Instabilidade, etc.) com tendência de longa duração, é condição potencial para que ocorram escorregamentos. A previsão meteorológica é uma informação valiosa, pois além de indicar as condições de tempo e tipo de precipitação que podem ocorrer em um dado período e região, ainda é subsídio para os cálculos dos Coeficientes de Precipitação Crítica – CPC para a área de Cubatão. A CEDEC, reunindo várias informações meteorológicas, elabora dois boletins meteorológicos diários em dois horários diferentes, que são repassados aos municípios e demais instituições.

As previsões são feitas a partir de modelos numéricos globais e regionais de diferentes centros meteorológicos nacionais e internacionais (por exemplo, CPTEC³, NCEP⁴, RAMS⁵). O monitoramento é feito a partir de radares meteorológicos situados em Ponte Nova (atualizado a cada 5 minutos), Bauru e Presidente Prudente (atualizado a cada 15 minutos), que fornecem informação da localização da chuva, sua intensidade, deslocamento, e rajadas de vento. Além dos radares, são utilizadas informações de satélites.

A CEDEC estipulou valores padrões de duração e intensidade das chuvas, que são utilizados nos boletins meteorológicos, mostrados na Tabela 2.9.

3 Centro de Previsão e Estudos Climáticos.

4 National Centers for Environmental Prediction.

5 Regional Atmospheric Modeling System.

Tabela 2.9 – Valores padrões de duração e intensidade das chuvas

Intensidade	Acumulado em 24 horas
Leve a Fraca	0,1 - 9,0 mm
Fraca a Moderada	9,1 - 17,0 mm
Moderada	17,1 - 26,0 mm
Moderada a Forte	26,1 - 32,0 mm
Forte	> 32,0 mm

Fonte: CEDEC.

Vale salientar que em casos no qual a chuva persiste por mais de três dias devido à passagem de frentes frias, os riscos de deslizamento aumentam significativamente. Mesmo que as chuvas não sejam de forte intensidade, a presença de nuvens não permite a evaporação do solo encharcado. Os boletins especiais são emitidos nesses casos, alertando para a continuidade das chuvas por mais alguns “n” dias.

2.7 Áreas de Risco e Moradias Subnormais

Segundo Ministério das Cidades (2003), apesar do crescente avanço técnico-científico em relação à área de conhecimento sobre riscos naturais, a terminologia usualmente empregada pelos profissionais que atuam com o tema ainda encontra variação em sua definição. A proposta elaborada pelos autores referentes aos termos mais utilizados são:

- Evento: fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo.
- Perigo (*hazard*): condição com potencial para causar uma consequência desagradável.
- Vulnerabilidade: grau de perda para um dado elemento ou grupo dentro de uma área afetada por um processo.

- d) Suscetibilidade: indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso do solo, expressando-se segundo classes de probabilidades de ocorrência.
- e) Risco: probabilidade de ocorrer um efeito adverso de um processo sobre um elemento. Relação entre perigo e vulnerabilidade, pressupondo sempre a perda.
- f) Área de risco: área passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Os fatores de risco para encostas íngremes são: cortes no terreno com inclinação e altura excessivas, cortes feitos em terrenos com fissuras ou quaisquer discontinuidades e mesmo encostas naturais que apresentam alteração da consistência do solo (terra sobre rocha) e grande declividade (IPT, 1991).

Segundo Monteiro (1999), problemas peculiares às condições do subdesenvolvimento como improvisação caótica na urbanização expontânea sobrepujando a planejada e presença de “pobreza” e sub habitação em “favelas” extremamente precárias e frágeis, localizadas em sítios de alto risco, como as várzeas dos córregos ou nas vertentes íngremes de morros onde a vulnerabilidade é agravada pelo desmatamento e espessura do manto de alteração das rochas sob climas tropicais quentes e úmidos.

As áreas identificadas como de deslizamento, e que apresentam os maiores riscos para a população e propriedades, ocorrem em locais de ocupação irregular no município, caracterizadas como moradias subnormais, que modificam profundamente as condições originais das áreas de encosta dos morros, introduzindo novos elementos a elas, tais como (PRIMAC, 2002):

- Desmatamento;
- Mudança nos cursos de drenagem natural;
- Execução de cortes no terreno gerando taludes íngremes e aterros lançados não consolidados;

- Instalações de mangueiras para ligações de água que, apresentando vazamentos, se transformam em vetores e focos de erosão e zonas de fraquezas para ocorrências de deslizamentos das encostas;
- Lançamento de águas pluviais e servidas sobre encostas e sobre habitações localizadas a jusante sem disciplinamento algum.

Além desses fatores, o rompimento de adutoras e a existência de grande número de fossas sanitárias num mesmo local podem provocar escorregamentos em condições de ocorrência de chuva. Esses problemas podem ser solucionados por técnicas adequadas para a contenção de encostas, mas, mais do que isso, pela ação coordenada entre poder público e a comunidade local, para a conservação da cobertura vegetal das encostas e um correto sistema de coleta e deposição final de resíduos sólidos.

Uma análise dos fatores condicionantes dos escorregamentos revela que a grande maioria dos eventos registrados no interior das favelas possui um caráter induzido, mostrado no relatório IPT (1981) e lembrado em Vitte e Guerra (2004), cujos fatores podem ser divididos em dois grupos de intervenção antrópica:

- a) Grupo 1 – execução de cortes (taludes escavados com geometria – altura e inclinação – superior ao que o material geológico pode suportar) e aterros inadequados (não compactados e de baixa resistência), pela impermeabilização dos terrenos (devido ao aproveitamento de toda área útil para construção, com conseqüente concentração de águas pluviais) e pelo lançamento de águas servidas (tubulações que não se prolongam em um sistema adequado de drenagem superficial e coleta de esgotos);
- b) Grupo 2 – lançamento e concentração de lixo doméstico, que alcança até 3m de espessura real. A deposição do lixo – material sem coesão e de alta porosidade, que atinge rapidamente alto grau de saturação e excessivo aumento de peso – se dá prioritariamente em áreas nas quais a cobertura vegetal foi removida e/ou locais onde ocorreram anteriormente escorregamentos superficiais.

Seguem os autores, informando que a combinação dos fatores agrupados no primeiro conjunto justifica, por exemplo, a larga predominância dos escorregamentos e das corridas de

massa superficiais, de pequeno volume e magnitude, em relação aos demais tipos. Dois mecanismos de ruptura estão associados a esses movimentos de massa: o primeiro está ligadas à infiltração das águas pluviais e servidas até a transição do solo/aterro com a rocha impermeável, em taludes íngremes, que leva à ruptura do primeiro, seja por redução da sua resistência ao cisalhamento, seja pelo aumento do peso do material mais instável; o segundo mecanismo diz respeito à impossibilidade de infiltração, dado a cimentação do solo superficial. Com a concentração do fluxo superficial das águas pluviais ou servidas sobre solos/aterros, há perda da coesão das suas partículas, iniciando-se um movimento viscoso, que se estende por centenas de metros.

É importante ressaltar que o conceito de moradia subnormal pode variar conforme o contexto histórico ou até mesmo de região para região. Assim, procurou-se adotar nesse estudo, um conceito semelhante ao utilizados pelos técnicos dos órgãos públicos da RMBS. O conceito de ocupação subnormal adotado pelos agentes municipais da Baixada Santista refere-se às seguintes condições (YOUNG e FUSCO, 2006):

- Favelas: autoconstruções na forma de palafitas sobre mangues, nas encostas dos morros, na Serra do Mar, em várzeas, ou menos comumente, em terrenos/glebas dentro de áreas urbanizadas. Basicamente, a tipologia adotada nas favelas de planície e encostas, é o barraco de madeira e, posteriormente, o de alvenaria coberto com telhas de fibro-cimento. Do ponto de vista fundiário, trata-se de um padrão definido por ocupações em áreas sem utilização (ociosas), públicas ou privadas. As favelas em áreas de manguezais encontram-se em áreas da União (terrenos da marinha). Esses terrenos da marinha são faixas ao longo dos canais do estuário e dos córregos que desembocam nos manguezais, e que não foram ocupadas por atividades portuárias;
- Moradias auto-empresendidas em loteamentos irregulares: típicas de periferia, nas encostas de morros e várzeas. Do ponto de vista fundiário, este padrão é definido pela aquisição (pela própria população) de lotes não urbanizados em localizações normalmente afastadas dos centros urbanos, com baixo nível de organização espacial e ausência quase total de infra-estrutura e serviços públicos essenciais;

- Cômodos em Cortiços: esses cômodos podem ser os da planta original, adaptada ou não com subdivisões. Do ponto de vista do acesso, esse padrão é definido por sublocações informais, em sua maioria não regida pela Lei do Inquilinato.

A ocupação de encostas no país, predominantemente associada às populações de baixa renda, tem apresentado efeitos que transcendem às próprias encostas e afetam, de maneira expressiva, a cidade na sua totalidade. Assim, além de colocar em risco a estabilidade dos terrenos propícia, igualmente, o carreamento de materiais pelas drenagens que atingirão as partes baixas da cidade, assoreando rios e contribuindo para o agravamento do problema de inundações. A pressão da população que sofre com as consequências sobre o poder público aumenta, por insatisfação pela ausência da infra-estrutura ou com a sua ineficiência.

Se dentro de padrões técnicos corretos a ocupação de encostas é segura, a omissão do Poder Público a torna, por outro lado, insegura. No contexto atual, que exclui a alternativa da população de baixa renda adquirir terrenos mais favoráveis, a ocupação de áreas sujeita à riscos tende a se expandir, atingindo situações cada vez mais críticas, possibilitando, infelizmente, um importante incremento no número de escorregamento nos morros das encostas quentes e úmidas brasileiras.

2.8 Panorama Mundial

2.8.1 ICL

O ICL – *International Consortium on Landslides* criado em 2002 é uma organização científica internacional não governamental e sem fins lucrativos apoiado pela UNESCO⁶, WMO⁷, FAO⁸, UN/ISDR⁹, UNU¹⁰, IUGS¹¹ e programas intergovernamentais como IHP¹² da UNESCO,

6 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

7 World Meteorological Organization.

8 Food and Agriculture Organization of the United Nations.

9 United Nations International Strategy for Disaster Reduction.

10 The United Nations University.

11 International Union of Geological Sciences.

governos do Japão, Estados Unidos, Itália, Canadá e Noruega. O consórcio foi registrado como uma corporação legal sob leis japonesas para organizações sem fins lucrativos em Agosto de 2002 em Quioto, Japão. O núcleo europeu do ICL foi estabelecido em 2006, dentro da Universidade da Florença, na Itália.

O consórcio conta com 51 organizações de 23 países (Brasil não faz parte até o presente momento) e promove capacitação e pesquisas sobre deslizamentos, especialmente em países em desenvolvimento, além de integrar as geociências e a tecnologia dentro dos contextos sócio-culturais apropriados, no sentido de avaliar e reduzir riscos de deslizamentos urbanos, rurais, incluindo patrimônios culturais, contribuindo para a proteção do meio ambiente. Também procura promover um programa abrangente e multidisciplinar sobre movimentos de massas.

A Figura 2.18 mostra a estrutura da organização que concentra nas atividades do IPL – *International Programme on Landslides*, que por sua vez é assessorado pela RCL – *Research Centre on Landslides*.

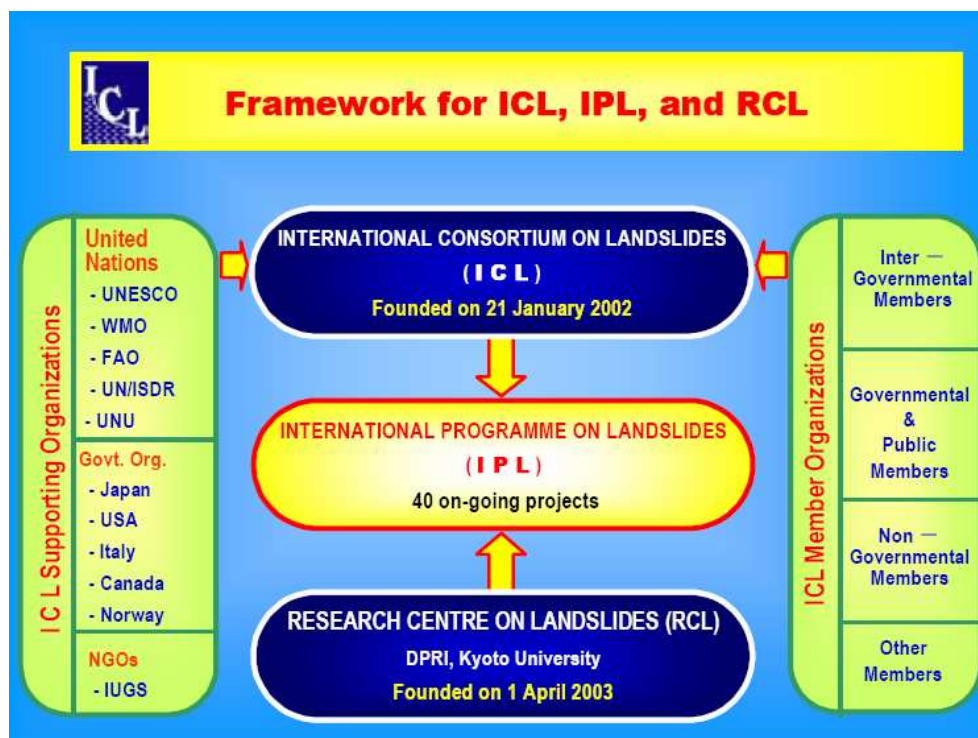


Figura 2.18 – Estrutura de cooperação do ICL, RCL e IPL

Fonte: ICL.

2.8.2 WPWLI

Segundo Pacheco (2005), em sua maioria, os inventários realizados após 1990 passaram a ser baseados nas diretrizes estabelecidas pelo grupo *Working Party on World Landslide Inventory* da UNESCO - WPWLI, composto pela *International Association of Engineering Geology* (IAEG), pela *International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering* (ISSMGE) e pela *International Society for Rock Mechanics* (ISRM). Esse grupo de trabalho foi constituído em 1988, durante o 5º Simpósio Internacional sobre Escorregamentos, em Lausanne (Suíça), contribuindo para o *International Decade for Natural Disaster Reduction* - IDNRD (1990-1999), criando uma padronização internacional para o tema.

Um dos trabalhos mais relevantes realizados pelo WPWLI foi divulgar os princípios e critérios para constituição do inventário mundial, além de preparar uma sugestão de método para a criação de uma unidade básica do inventário; o boletim de escorregamentos. Também foi elaborada uma sugestão de constituição de sumários nacionais, tendo sido estabelecidos métodos para classificação e descrição dos escorregamentos. O glossário multilíngüe de escorregamentos, publicado em 1994, foi um marco para a padronização da linguagem utilizada pelos profissionais de todo o mundo. Em 1995, o WPWLI passou a ser tutelado pela *International Union of Geological Sciences* (IUGS), onde o Brasil faz parte. Antes disso, porém, em 1994, o WPWLI sofreu mudanças com a criação de subgrupos de trabalho, que tratavam de temas como velocidades, causas, geologia, atividade e distribuição dos movimentos. Várias iniciativas de entidades técnico-científicas e órgãos financiadores de pesquisa somaram-se aos trabalhos que conduziram ao Inventário Mundial, contribuindo para aumentar o conhecimento internacional sobre os riscos dos deslizamentos de encostas, indicando ações com vistas à redução de suas conseqüências. Especificamente na Europa, a Comunidade Européia, dentro do *European Programme on Climatology and Natural Hazards* (EPOCH) contratou o projeto "Ocorrência Temporal e Previsão de Escorregamentos", no qual foi levantada a disponibilidade e a existência de tecnologias para agrupamento de dados sobre escorregamentos em diversos países. Este projeto acabou por gerar outro, intitulado "Estabilidade Temporal e Atividade de Escorregamentos com Respeito às Mudanças Climáticas". Já nas Américas do Sul e Central, onde os fenômenos de deslizamento de terra são excepcionalmente freqüentes e desastrosos, a Organização dos Estados Americanos (OEA) organizou cursos periódicos e publicações de

manuais. No Brasil, infelizmente, as iniciativas foram (e ainda são) de caráter isolado, com a elaboração de inventários locais em uma ou outra região.

No estado do Rio de Janeiro, apenas as cidades do Rio de Janeiro (através da Fundação GeoRio) e de Petrópolis (em gestões anteriores da Prefeitura Municipal de Petrópolis, cujas iniciativas, infelizmente, encontram-se hoje em processo de descontinuidade), disponibilizaram os primeiros inventários que seguem as diretrizes da UNESCO.

CAPÍTULO 3 – ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização da Área de Estudo

O município de Guarujá encontra-se no estado de São Paulo, na 2ª Região Metropolitana, sub-região de Santos, que compreende o litoral segundo Reforma Administrativa Regional. (Figura 3.1a). Além do Guarujá, essa região é integrada por oito outros municípios: Santos, São Vicente, Cubatão, Bertioga, Praia Grande, Mongaguá, Itanhém e Peruíbe.

Localiza-se na parte Sudeste da Região Metropolitana da Baixada Santista (Figura 3.1b) e faz divisa a Noroeste com Santos, a Norte com Bertioga - dois municípios que também fazem parte da Região Metropolitana da Baixada Santista - e à Sudeste com o Oceano Atlântico. Possui como característica marcante, ser uma estância balneária, que contém diversos condomínios verticais e horizontais de luxo, onde se concentram sua população flutuante, e tem o turismo como sua principal atividade econômica.

Situa-se na Ilha de Santo Amaro (Figura 3.1c), que ocupa integralmente, separado do continente pelo Canal de Bertioga. Distan 82 quilômetros da Capital.

As principais vias de acesso são: Rodovia Cônego Domênico Rangoni, que faz a ligação com Cubatão e pelo do sistema Anchieta – Imigrantes com a Região Metropolitana de São Paulo ou, ainda, pelas travessias através de balsas, que fazem a ligação entre Santos e Bertioga.

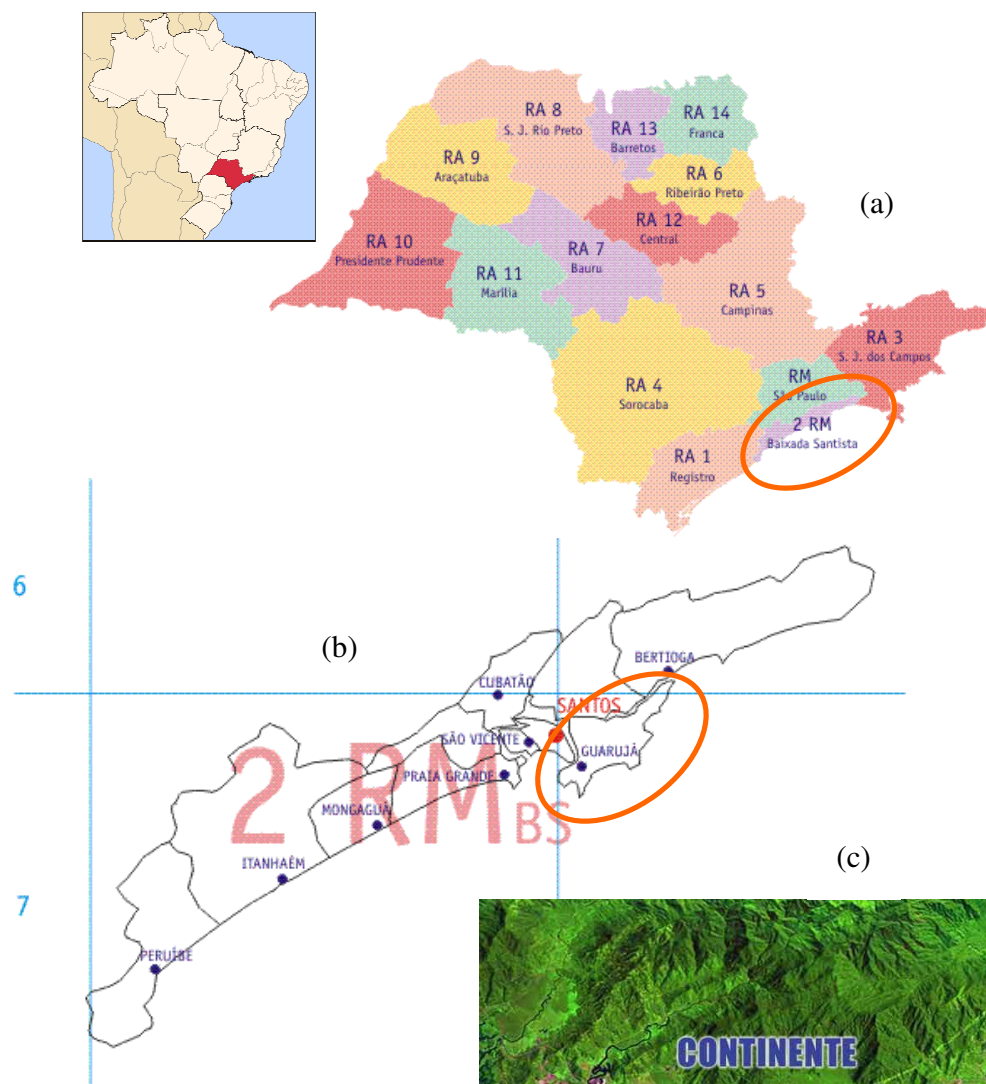


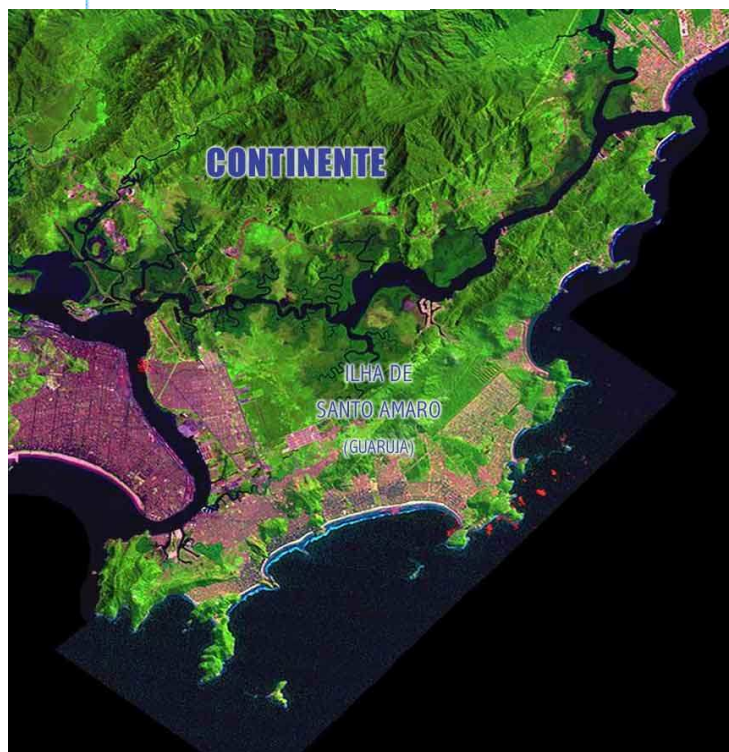
Figura 3.1

(a) Regiões Administrativas e Metropolitanas do estado de São Paulo

(b) 2ª Região Metropolitana – Baixada Santista

(c) Foto satélite de Guarujá

Fonte: IGC e EMBRAPA.

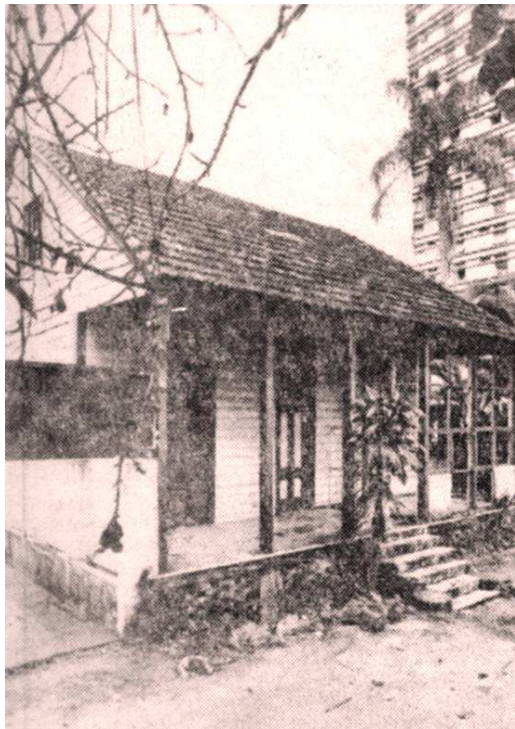


3.2 Histórico e Padrões Gerais de Ocupação

As informações e as fotos antigas que seguem têm por base o jornal eletrônico: <http://www.novomilenio.inf.br/guaruja/>.

Segundo Serrano (1987), no panorama do processo de instalação dos núcleos urbanos brasileiros, Guarujá tem uma participação recente, apesar de ter sido palco dos primeiros desembarques portugueses já na expedição de Martim Afonso de Souza. Mas tanto a Vila de Santo Amaro como alguns assentamentos jesuíticos não puderam sobreviver, dada a indefensabilidade do sítio. Desse modo, a Ilha de Santo Amaro viveu quatro séculos apenas ocupada por atividades agrícolas, extrativas e industriais.

Em fins do século XIX iniciou-se o processo de urbanização de Guarujá, em moldes inéditos no Brasil. Em 1893, na Praia das Pitangueiras, fundou-se a “Vila Balneária”, um empreendimento privado que importou dos Estados Unidos 46 chalés (Figura 3.2), uma igreja e um hotel com 50 quartos, todos pré-fabricados. A iniciativa incluía uma estrada de ferro que ligava o núcleo turístico a uma estação de barcas junto ao Rio do Meio, no estuário.



Dos tempos do balneário original, quando foram importadas dezenas de casas estadunidenses de madeira, pré-fabricadas, para a formação da vila do Guarujá, ainda existia em 1983 este último chalé, na esquina das ruas Mário Ribeiro e Benjamin Constant.

Figura 3.2 – Casas importadas

Fonte: <http://www.novomilenio.inf.br/guaruja/index.html>

Essa instalação inicial estabeleceu os pontos de irradiação da ocupação urbana na Ilha de Santo Amaro. A “Vila Balneária” seria o núcleo gerador do processo de urbanização da zona litorânea que manteve até hoje as características de ocupação por população flutuante, de renda média e alta, oriunda do planalto, instalada em residências destinadas ao lazer de fins de semana e temporada (Figura 3.3).



Guarujá ainda era distrito de Santos, quando esta foto foi tirada, em 1897 - época em que as famílias da alta sociedade paulista começaram a adotar uma solução original para se defenderem do sol em suas tardes de veraneio naquelas praias. Elias Chaves importou

dos Estados Unidos alguns chalés de madeira então considerados elegantes, que (conforme então divulgado) ofereciam o conforto de uma vivenda e ainda podiam levar os banhistas, sobre rodas, até a beira da água, evitando que eles se bronzeassem - o que, na época, era tido como antiestético e vulgar, além de envelhecer prematuramente as pessoas que se expunham ao sol...

Figura 3.3 – Chalés para banhistas

Fonte: <http://www.novomilenio.inf.br/guaruja/index.html>

Este processo de expansão urbana foi possível graças à riqueza gerada pelo ciclo do café, iniciado em meados do século XIX, que exigiu a instalação de infra-estrutura ferroviária e portuária e permitiu que as classes sociais enriquecidas pudessem ter acesso a zonas litorâneas exclusivas para o seu lazer.

Uma nova fase se abriu com a introdução e difusão do transporte rodoviário. A construção do Caminho do Mar por Washington Luiz exigiu o acesso a Guarujá mediante o sistema de balsas que ligou a Ilha de Santo Amaro à Ponta da Praia em Santos.

Nos primeiros 50 anos do século XX, pode-se dizer que a evolução urbana de Guarujá se deu sob modesto crescimento demográfico e de área construída, e sob as regras do mercado

imobiliário formal. De fato, é possível perceber-se que, no caso das áreas de interesse turístico, o núcleo urbano se manteve nos limites na Praia das Pitangueiras. Na região do Itapema (Figura 3.4), a ocupação das áreas se fez gradualmente, dentro de loteamentos aprovados por famílias dos trabalhadores portuários envolvidos na tarefa de comercialização do café - que se deu com intensidade nas três primeiras décadas do século, até a quebra da bolsa de Nova York em 1929.



Figura 3.4 – Porto de Santos, visto de Itapema entre 1890 e 1910

Fonte: <http://www.novomilenio.inf.br/guaruja/index.html>

Nesse período, o crescimento da classe operária trouxe como resultado a expansão urbana verificada em Itapema e que, por outro lado, foi também incentivada pelas medidas de saneamento da cidade de Santos para debelar as epidemias da febre amarela. Foram extintos os cortiços onde se abrigavam os trabalhadores e suas famílias, obrigando-os a se estabelecer nas periferias, inaugurando o processo de segregação urbana das classes sociais.

Da crise de 1929 até o fim da Segunda Guerra Mundial, o comércio internacional de mercadorias viveu um período de crise que estancou o crescimento urbano na Baixada Santista. Após esta fase, o desenvolvimento urbano entrou em ritmo acelerado (Figura 3.5). As funções portuária, que vinha do século XVI e turística, iniciada no fim do século XIX, passaram a ter um

grande impulso. O porto teve expansão acentuada, mas foi o turismo que sofreu grande explosão e mudança qualitativa. Até a Segunda Guerra Mundial o turismo era caracterizado pela vinda das famílias de alta renda, atraídas pela função balneária da região e pelos cassinos, que se abrigavam nos hotéis e nos palacetes e chácaras à beira-mar.



Figura 3.5 – Guarujá em 1930

Fonte: <http://www.novomilenio.inf.br/guaruja/index.html>

Na década de 40 foi construída a Via Anchieta, o que permitiu à classe média o acesso rápido ao litoral. O resultado não foi o crescimento da rede hoteleira, mas a expansão da atividade de construção imobiliária. O turismo e a construção civil atraíram grandes contingentes de mão-de-obra desqualificada. Essa população com baixa remuneração, não conseguiu alugar-se dentro dos padrões legais de uso ou de implantação de sua moradia, e deram surgimento aos núcleos subnormais (favelas).

Neste mesmo período iniciou-se no entorno a implantação das indústrias, das quais se destacam as que constituem o pólo petroquímico e siderúrgico de Cubatão. A atividade pesqueira apresentou crescimento, em especial em Guarujá e Santos, após a década de 70. Todas essas atividades - portuárias, industriais, turísticas, de construção civil - geraram funções complementares, sejam no setor de comércio, ou dos serviços públicos e privados, atraindo um contingente migratório de população que, somados à especulação imobiliária, agravaram a situação no que tange ao uso e ocupação adequados do solo em Guarujá.

Imperativos de mercado como a especulação imobiliária, somados a convivência do poder público, levaram a uma ocupação de áreas instáveis a risco geológico, acontecendo em sua maioria de maneira inadequada, como loteamentos do ponto de vista técnico e legal, nesse último caso na forma de processo de invasão.

As características físicas dessas áreas não têm sido consideradas no processo de valorização. O meio tropical úmido é instável por definição, prevalecendo os processos de intemperismo químico que são rápidos, constantes e cujas consequências são catastróficas.

A deficiência ou até mesmo a inexistência de políticas públicas habitacionais voltadas para as populações de baixa renda, aliadas à ausência de fiscalização, bem como a fragilidade das regras para impedir a ocupação de áreas ambientalmente frágeis (quanto aos aspectos sanitários, geológicos, entre outros) proporcionou uma ocupação desordenada no local (CARRIÇO 2002).

A busca de localizações convenientes pelos que não conseguiam ter acesso a moradias nas áreas mais nobres, próximas aos pólos geradores de emprego e renda, levou à ocupação das encostas, manguezais e à sobrevivência dos cortiços como alternativa habitacional.

No município do Guarujá, num primeiro momento, as favelas surgiram em decorrência de um transbordamento da ocupação residencial de trabalhadores do município de Santos, dado crescimento do Porto (atividades portuárias). Posteriormente, uma dinâmica econômica própria, principalmente, ligada à construção civil, passou a alimentar o surgimento e crescimento de novos agrupamentos.

Entre as décadas de 70 e 80, ficou definido claramente o padrão de segregação social entre a orla marítima e Vicente de Carvalho. As áreas da orla foram destinadas à população de alta renda (altos valores das propriedades para turismo e veraneio). A população de baixa renda ficou segregada nas planícies de Vicente de Carvalho. Com vínculo de trabalho ligado a construção civil, serviços relacionados ao turismo e indústria naval e petroquímica, a população de baixa renda do Guarujá acabou por ocupar a vasta planície ao norte da Serra de Santo Amaro, onde antes existiam bananais. A própria serra começou a ser ocupada por essa população, reproduzindo terríveis situações de risco geológico (desmoronamentos) verificadas anteriormente nos morros de Santos, e que passou a ser rotineiro, também, em outros municípios litorâneos paulistas (São Sebastião e Ubatuba), constituindo-se em um padrão de desestruturação ambiental.

Outra mudança importante é o crescimento populacional, por causa das intervenções antrópicas que intensificaram os processos que contribuíram para o crescimento do número de

episódios com escorregamentos. De acordo com o SEADE, a população do município saltou dos 150 mil habitantes fixos em 1980 - sem contar os picos que ocorrem nos feriados e finais de semana, assim como a época das férias escolares - para mais de 276 mil em 2002. Segundo o censo/2000, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população fixa da Ilha de Santo Amaro é de 265.155 habitantes. Deste total, 136.830 pessoas (52%) residiam no distrito de Vicente de Carvalho e 128.325, no Guarujá (48%).

Para efeito complementar, o IBGE aponta pelos recenseamentos gerais realizados no nosso país, que em 1950, a população de Guarujá registrava 13 mil habitantes; já em 1960, 40 mil e no ano de 1970, 94 mil habitantes. A evolução do crescimento populacional nas últimas décadas é ilustrada na Figura 3.6.

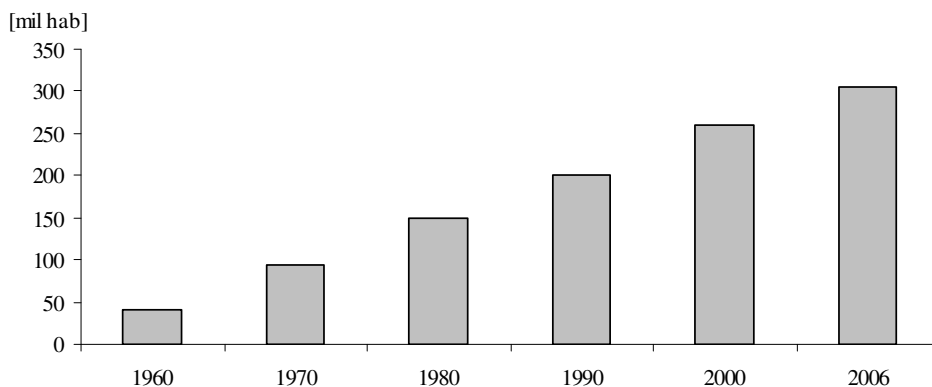


Figura 3.6 – Crescimento populacional do município de Guarujá

Fonte: SEADE – Elaborada pelo autor.

Segundo o Diário Oficial local de 16 de dezembro de 2005 (Figura 3.7) existem 14 áreas de risco no município de Guarujá, com aproximadamente 17 mil habitantes. Deles, a Vila Baiana apresenta a maior concentração de contingentes que convivem e contribuem para o alto índice de escorregamentos.

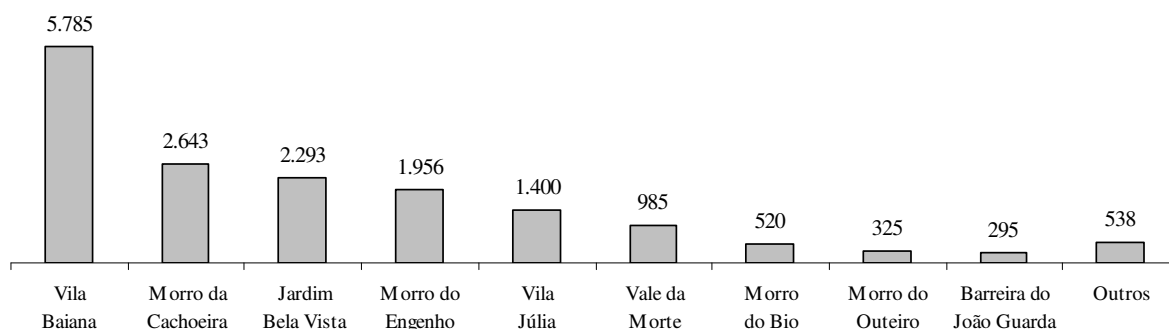


Figura 3.7 – Moradores em áreas de risco no município de Guarujá

Fonte: Diário Oficial Guarujá 16/12/2005 – Elaborada pelo autor.

Além de ser considerada área de risco, a Vila Baiana apresenta uma destacada concentração de moradores no que tange a domicílios subnormais (Tabela 3.1). Segundo dados da prefeitura local, eram 52 ocupações subnormais no município até o ano de 2000, totalizando 103 mil habitantes, perfazendo 39% da população total de Guarujá, que eram de 260 mil pessoas no mesmo ano.

Tabela 3.1 – Maiores concentrações de moradores em domicílios subnormais no Guarujá

Ocupações Subnormais	Habitantes
Perequê	9200
Rã /Sossego / Areião	7386
Vila Baiana	5785
Jardim Primavera	5555
Cachoeira	5499
Prainha	5118
Santa Cruz dos Navegantes	5018
Cidade de Deus / Vila Edna	4372
Jardim Conceiçãozinha	4536
Morrinhos III	3772

Fonte: Adaptado de Young e Fusco (2006).

3.3 Clima

Em termos regionais, a área é dominada pelo anticiclone semi-fixo do Atlântico (GOVERNO DO ESTADO, 1989), que origina a massa tropical atlântica. A área está sujeita as incursões de outros sistemas atmosféricos, sendo que o maior destaque fica por conta do sistema polar atlântico, que atua intra e interanualmente com frequência variável, diminuindo as temperaturas durante o seu domínio e aumentando a pluviosidade por ocasião da chegada de frentes, especialmente em situação de frente semi-estacionária. A área é também influenciada por distúrbios e mutabilidades diversas, como a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) que é um dos principais fenômenos responsáveis pela variabilidade intra-sazonal durante o verão na América do Sul e o principal mecanismo responsável por períodos prolongados de precipitação sobre o sudeste do Brasil.

A região apresenta totais pluviométricos anuais superiores a 2000 mm (ANEXO D), com variabilidades espacial e temporal importantes, mas com concentração no verão. A Tabela 3.2

apresenta a média anual de precipitação para os 5 postos usados nesta pesquisa (Figura 3.8), com base em um período contínuo de 44 anos. Destes, dois localizam-se no próprio município e outros três, em municípios próximos.

Tabela 3.2 – Postos pluviométricos e total pluviométrico anual

Município	Prefixo	Nome	Média Anual (1955-1999)
Santos	E3-041	Caetés	3320 mm
Guarujá	E3-043	Perequê	2390 mm
Guarujá	E3-045	Vicente de Carvalho	2290 mm
Santos	E3-070	Ponta da Praia	2200 mm
Bertioga	E3-106	Bertioga	2520 mm

Fonte: DAEE, SP – Organizada pelo autor.

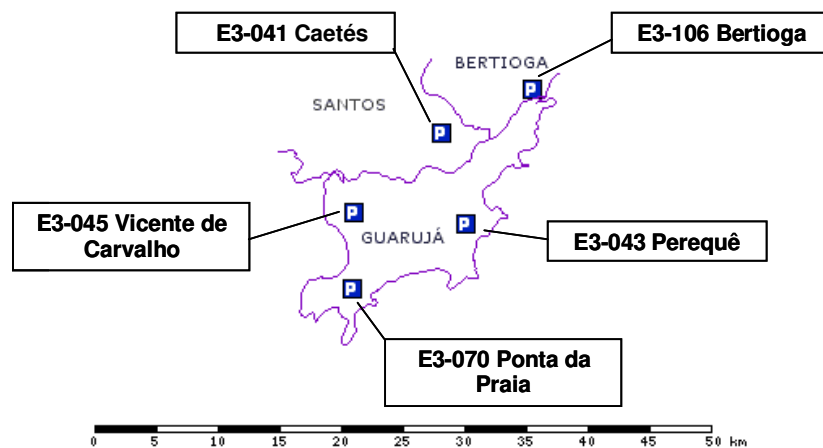


Figura 3.8 – Localização dos postos pluviométricos

Fonte: SIGRH – Adaptado pelo autor.

A seguir, é apresentada breve descrição quanto à localização dos postos pluviométricos (NUNES e MODESTO, 1996):

- Caetês (E3-041): localizado num esporão da Serra do Mar, em situação de baixa encosta, num setor em que a declividade apresenta brusca variação – bem mais acentuada que em relação aos demais postos. Próximo à rodovia BR-101 – Rio-Santos, a área é desabitada e tomada por vegetação de porte (Mata Atlântica). É dos cinco postos, o que registra os montantes mais significativos.
- Perequê (E3-043): na estrada do Perequê, em área de ocupação esparsa, separado da praia por dois morretes que, provavelmente, não contribuem para dinamização orográfica considerável. Transferido em meados de 2002, para a Praia da Enseada, na Vila Júlia, dentro do cemitério municipal.
- Vicente de Carvalho (E3-045): a distância relativa desse posto em relação à configuração da serra responde pelos totais de chuva bem mais modestos em relação aos postos citados. Funciona nas dependências da CESP.
- Ponta da Praia (E3-070): próximo à praia, em área habitada, esse posto está em situação de abrigo, numa face quase de sombra em relação à pluviometria. Esse é o posto que registra os totais menos expressivos de chuva. Originalmente instalada no município de Santos, este posto foi transferido por volta de 10 anos atrás, para as dependências da Defesa Civil do Guarujá, segundo informação do próprio órgão, quando da visita ao local durante trabalho de campo, nos dias 19 e 20 de junho de 2007.
- Bertioga (E3-106): também próximo ao pé da serra, embora localizado em setor de altitude mais modesta. Bem em frente abre-se amplo anfiteatro. Localizado em área de baixa urbanização.

Localmente os atributos físicos exercem influências nos elementos climáticos. Assim, setores distintos do município situados, por exemplo, em áreas com diferentes condições de

abrigo em relação aos ventos, podem apresentar diferentes condições de circulação local e evaporação diversa ou, ainda, em alguns trechos a influência da morfologia pode ser marcante na pluviosidade pelo efeito orográfico, que potencializa a ocorrência das chuvas pela descompressão adiabática resultante da escalada das massas de ar ao transpor um obstáculo topográfico.

As chuvas do meio tropical úmido podem ser divididas basicamente em convectivas, frontais e orográficas (essa última experimentada como um efeito dinamizador), ocorrendo não raro a conjugação entre elas.

Avaliando as principais gêneses de precipitação, Collischonn (2005), coloca que as chuvas frontais ocorrem quando se encontram duas grandes massas de ar, de diferente temperatura e umidade (Figura 3.9). Na frente de contato entre as duas massas o ar mais quente (mais leve e, normalmente, mais úmido) é empurrado para cima, onde atinge temperaturas mais baixas, resultando na condensação do vapor. As massas de ar que formam as chuvas frontais têm centenas de quilômetros de extensão e movimentam-se de forma relativamente lenta, conseqüentemente as chuvas frontais caracterizam-se pela longa duração e por atingirem grandes extensões. No Brasil as chuvas frontais são muito freqüentes na região Sul, atingindo também as regiões Sudeste, Centro Oeste e, por vezes, o Nordeste e o Norte.

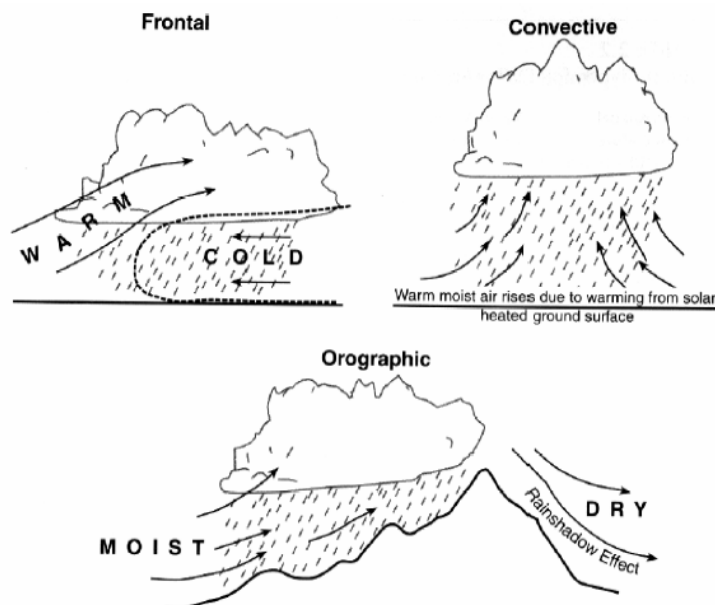


Figura 3.9 – Tipos de precipitação

Fonte: COLLISCHONN, 2005.

Chuvas frontais têm uma intensidade relativamente baixa e uma duração relativamente longa. Em alguns casos as frentes podem ficar estacionárias, e a chuva pode atingir o mesmo local por vários dias seguidos.

As chuvas orográficas ocorrem em regiões em que um grande obstáculo do relevo, como uma cordilheira ou serra muito alta, funcionando como um efeito intensificador, impede a passagem de ventos quentes e úmidos, que sopram do mar, obrigando o ar a subir. Em maiores altitudes a umidade do ar se condensa, formando nuvens junto aos picos da serra, onde chove com muita frequência. As chuvas orográficas ocorrem em muitas regiões do mundo, e no Brasil são especialmente importantes ao longo da Serra do Mar. Alguns autores estudaram essa influência: Conti (1975) avaliou esse efeito no setor leste paulista, Nunes (1990) considerou essa influência em todo o estado de São Paulo e Candido (2003), no setor que engloba partes da depressão periférica, planalto atlântico e ocidental paulista.

As chuvas convectivas ocorrem pelo aquecimento de massas de ar, relativamente pequenas, que estão em contato direto com a superfície quente dos continentes e oceanos. O aquecimento do ar pode resultar na sua subida para níveis mais altos da atmosfera, onde as baixas temperaturas condensam o vapor, formando nuvens, podendo ou não resultar em chuva. Normalmente, porém, as precipitações convectivas ocorrem de forma concentrada sobre áreas relativamente pequenas. No Brasil há uma predominância de eventos originados por esse tipo de gênese, resultando em chuvas de grande intensidade e de duração relativamente curta. Problemas de inundação em áreas urbanas estão, muitas vezes, relacionados às chuvas convectivas.

As chuvas convectivas são, em geral, mais intensas, rápidas e localizadas, enquanto que as frontais são mais demoradas e se estendem por área maior, sendo por isso potencialmente mais significativas para a deflagração de escorregamentos, por conjugarem um forte estado de saturação do solo (chuvas contínuas de longa duração) com fenômenos de desenvolvimento instantâneo (picos de chuva de alta intensidade). Mas dependendo da intensidade localizada das chuvas convectivas, eventos podem ocorrer em decorrência dos fatores pré-dispostos ocasionados pela ação antrópica.

A área de estudo experimenta altas temperaturas ao longo do ano, com pequena amplitude, devido à sua porção latitudinal e influência oceânica. As brisas dominam em termos

de circulação local, e com a chegada das frentes frias, os ventos de componente sul adquirem importância.

3.4 Geomorfologia

O relevo litorâneo do Estado de São Paulo até a Serra do Mar reflete os condicionamentos geológicos predominantes, caracterizando-se por compartimentos distintos definidos por uma região de planalto, com feições amorreadas, uma região de serras e escarpas abruptas e uma planície litorânea de sedimentação. A zona costeira sudeste faz parte da litoral das escarpas cristalinas, segundo classificação de Silveira (1964), que compreende o setor situado entre o sul do Espírito Santo e o Cabo de Santa Marta Grande (SC).

A região da Baixada Santista, incluindo a Ilha de Santo Amaro (Guarujá), abrange parte do complexo cristalino da era Paleozóica do Planalto Atlântico, composto, sobretudo, por formações gnaissicas das escarpas, sustentadas pelos granitos do Pré-Cambriano. É descrita como um modelado revestido por formações superficiais pouco espessas (OLIVEIRA et al., 2007) recobertas pelas florestas tropicais, até os sedimentos costeiros quaternários da planície litorânea, de origem flúvio-marinha, com vegetação pioneira herbácea ou arbórea em solos que apresentam, em geral, hidromorfismo. Os depósitos quaternários, derivados da transgressão Cananéia e transgressão Santos holocênica e refletem as mudanças eustáticas e climáticas ocorridas no período. Os sedimentos derivam, além das variações do nível marinho e efeitos tectônicos recentes, de diferentes fontes de areia, de correntes de deriva litorânea e de sistemas ambientais que os retenham em forma de armadilha, como os sistemas estuarinos vegetados por manguezais.

Onde o embasamento aflora, surgem os morros, que apresentam altitude média em torno de 145 metros, sendo que a Serra do Guararu é o que apresenta maior elevação com 334 metros de altitude. Além desse, podemos citar Serra do Santo Amaro, Morro do Camburi, da Bocaína, da Glória, do Macaco, Piavu, do Botelho, Piquiu, Icanhema, Barra, Limões, Outeiro, Costão das Tartarugas, do Vigia, da Campina (também conhecido como Morro do Maluf), do Pernambuco, Munduba e Morro do Pinto.

Assim, o local é constituído por regiões acidentadas, onde aflora o embasamento cristalino com cobertura vegetal. As áreas urbanas desenvolveram-se inicialmente em locais

planos, com muitos de seus setores conquistados sobre os mangues por meio de aterros. Mas devido principalmente à especulação imobiliária ao longo dos anos, a população de menor poder aquisitivo foi obrigada a ocupar áreas de maior declividade e, conseqüentemente, de maior instabilidade do solo.

3.5 Formações Superficiais

O substrato da região é resultado da evolução de fases tectônicas combinadas com variações do nível do mar e flutuações climáticas regionais (PRIMAC, 2002). Na fase mais recente os principais eventos se resumem na formação do relevo, presença de clima tropical úmido, invasão marinha e deposição de seqüências sedimentares.

De uma forma geral estão presentes:

- (a) *depósitos coluviais*, em encostas, formados por cascalhos (de fragmentos arredondados e angulosos), imersos em matriz areno-siltoargilosa e transportados por tração, suspensão e fluxos de massa;
- (b) *depósitos de tálus*, em sopés de elevações íngremes, constituídos de fragmentos de rocha de dimensões até métricas e resultante de processos gravitacionais;
- (c) *depósito de cones de dejeção*, ao sopé de encostas íngremes, constituídos de fragmentos grosseiros acumulados por torrentes;
- (d) *depósitos aluviais*, em geral arenosos, que se acumulam em calhas de cursos d'água, planícies de inundação e terraços;
- (e) *sedimentos marinhos*, enfeixados na Formação Cananéia e constituídos de areias e argilas que se distribuem extensivamente nas planícies litorâneas e
- (f) *depósitos modernos*, situados na orla litorânea e constituídos de areias, siltes e argilas e depositados em ambientes marinho, flúviomarinho, de mangue, de pântanos, lagunar e eólico.

De acordo com o substrato, a sustentação pode ser diferenciada, bem como a capacidade de infiltração da água precipitada, fatores de importância na deflagração de escorregamentos.

CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização das séries, no que se refere às diferenças de precipitação inter e intra-anuais, considerou-se, em um primeiro momento, séries longas (1955-1999), de maneira a melhor definir as diferenças espaço-temporais.

Para permitir a comparação entre o trabalho elaborado no final da década de 1980 e a presente atualização, foram selecionados os mesmos cinco postos pluviométricos pertencentes à rede do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE.

O levantamento de episódios de escorregamentos no município de Guarujá foi efetuado por pesquisa em arquivos eletrônicos de jornais (A Tribuna e O Estado de São Paulo) e registros da Coordenação Estadual de Defesa Civil – CEDEC. A Comissão Municipal de Defesa Civil – COMDEC foi contatada e gentilmente enviou informações referentes aos episódios ocorridos no município no período de 1991 a junho de 2002.

O estudo da precipitação acumulada de 4 dias (96 horas) para o município de Guarujá foi elaborado para apenas um posto determinado como o mais representativo do conjunto para as medidas na escala diária. Aplicando a Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis*), com o uso do pacote computacional Statistica, o valor da carga (*loading value*) mais elevado no componente 1 foi o posto E3-070 Ponta da Praia, escolhido para representar toda a área.

Os dados pluviométricos do período analisado (1991-1999) foram obtidos no *site* do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH, que disponibiliza toda a rede de postos pluviométricos mantida pelo DAEE.

Para uma caracterização geral da pluviosidade da área utilizaram-se dados de um período histórico de 45 anos (1955-1999). Após completar os registros ausentes dessa série histórica, calcularam-se as médias mensais no período, definindo para o município os meses mais chuvosos (janeiro a março). Para sanar as falhas de medição diárias foi elaborada uma triangulação, com base na localização topográfica dos postos pluviométricos, sendo que o posto mais próximo daquele em análise foi escolhido para adotar as leituras faltantes. É importante ressaltar que a precipitação varia bastante no local e que qualquer procedimento para suprir as falhas reveste-se em maior ou menor grau de subjetividade. Optou-se, neste trabalho, por substituir as falhas por medidas efetivamente registradas nos outros postos, por entender-se que essa técnica é menos

artificial do que, por exemplo, substituir os dados ausentes por uma média espacial (com base em outros dados) ou temporal (com base em outros meses ou anos).

No caso de coincidir de nesse posto escolhido também não ter tido a leitura disponível, um terceiro posto aproximadamente equidistante dos dois primeiros foi adotado:

- Dados ausentes do E3-041 foram substituídos pelo E3-106 ou vice-versa
Na ausência dos dois, foi adotado dado do posto E3-043.
- Dados ausentes do E3-045 foram substituídos pelo E3-070 ou vice-versa
Na ausência dos dois, foi adotado dado do posto E3-043.
- Dados ausentes do E3-043 foram substituídos pelo E3-045 ou vice-versa
Na ausência dos dois, foi adotado dado do posto E3-070.

A Figura 4.1 ilustra, de maneira geral, a estrutura da pesquisa. Após realizar comparação de episódios pluviais associados a escorregamentos no município de Guarujá entre períodos distintos, foi constatado um aumento substancial no período mais recente (1991-2001): 496, contra 81 no período anterior (1965-1988). Durante a procura das causas, a Vila Baiana se destacou como local recorrente de concentração de eventos nos dois períodos. A escala anual mostrou diminuição nas medidas pluviométricas em 4 dos 5 postos pluviométricos utilizados e na comparação entre períodos, houve variação negativa do período mais recente em relação à média histórica.

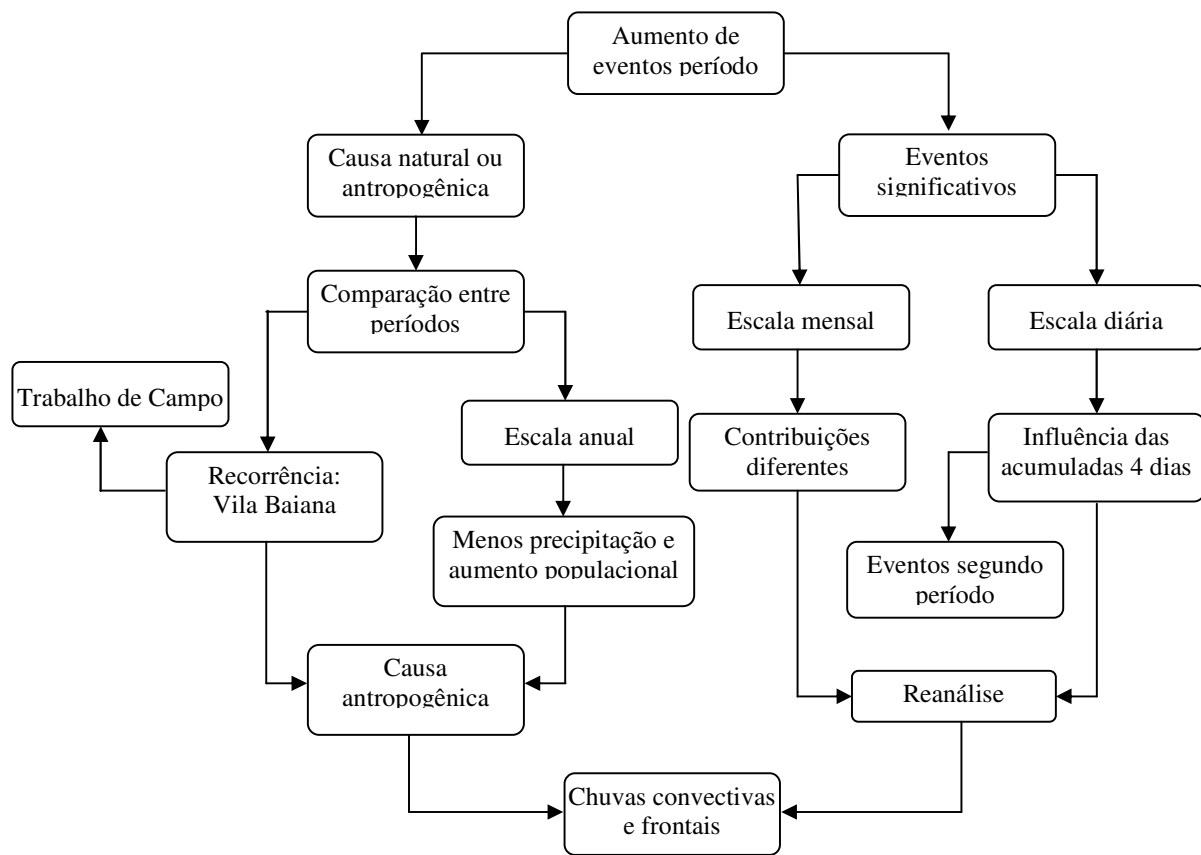


Figura 4.1 - Estrutura da pesquisa

Fonte: Elaborada pelo autor.

Dentre os eventos mais significativos registrados nos dias 25 março de 1991 (60 ocorrências) e 19 fevereiro de 1993 (35 ocorrências) ocorreram na escala mensal, padrões diferentes de distribuição da precipitação, com forte anomalia no primeiro. Quanto à escala diária, o PPDC adota chuvas acumuladas de 3 dias para sua operação. Nesta pesquisa realizou-se o uso de acumuladas de 4 dias para as análises, no intuito de caracterização de padrões que pudessem contribuir na detecção e prevenção dos eventos de escorregamento. A participação efetiva desta foi comprovada no estudo das causas dos eventos mais significativos.

A análise da anomalia em escala mensal foi feita tendo por base os mapas disponibilizados pelo CPTEC – INPE, que por sua vez foram elaborados de acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Os meses em questão foram aqueles do segundo período de análise, quando se destacaram a maior quantidade de eventos de escorregamentos, ou

seja, março de 1991 e fevereiro de 1993. Dentre o acervo disponível, foram escolhidos referentes à anomalia de precipitação, número de dias com chuva e precipitação acumulada.

O trabalho de campo foi realizado em companhia do pessoal da Defesa Civil de Guarujá, com visitas técnicas nas principais áreas de risco de movimentos de massas e coleta de dados atualizados sobre os eventos e trabalhos realizados ou em andamento em conjunto com o poder público.

Para reanálise em escala diária recorreu-se a cartas sinóticas disponibilizadas pela Marinha do Brasil e através de composições disponíveis pelo *Climatic Diagnostic Center* (CDC) da *National Ocean & Atmospheric Administration* (NOAA) do governo estadunidense. Os mapas foram obtidos através dos parâmetros da Tabela 4.1 e 4.2 nas escalas diária e mensal, respectivamente.

Tabela 4.1 – Parâmetros e dados utilizados para gerar os mapas de reanálise (escala diária)

http://www.cdc.noaa.gov/Composites/Day/	
Daily Mean Composites	
Variables	Precipitation Rate 1000mb
Enter Year, Month and Day for composites	1991 03 25 e 1993 02 19
Plot type	Anomaly
Map projection	custom
Latitude	-35; 5
Longitude	-75; -35
Projection	Cylindrical equidistant

Fonte: CDC / NOAA – Elaborada pelo autor.

Tabela 4.2 – Parâmetros e dados utilizados para gerar os mapas de reanálise (escala mensal)

<http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/Composites/printpage.pl>

Monthly / Seasonal Climate Composites	
Variable	GPCP – precipitation 1000mb
Beginning	mar/91 ou feb/93
Ending	mar/91 ou feb/93
Years for composite	1991 ou 1993
Values to composite on	Anomalies
Map projection	custom
Latitude	-35; 5
Longitude	-75; -35
Projection	Cylindrical equidistant

Fonte: CDC / NOAA – Elaborada pelo autor.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

A situação ambiental no município do Guarujá é um reflexo do que ocorre em todo o país, em que a crescente concentração urbana, realizada de forma pouco ou nada planejada, gera grandes conflitos. Inundações, contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos, falta de saneamento básico e de um tratamento correto do lixo, bem como deslizamentos, são problemas recorrentes no meio urbano atual, em especial nos municípios litorâneos, como pode ser observado nas Tabelas 5.1 e 5.2, onde a cidade se destaca em todos os quesitos, revelando uma situação preocupante para o poder público e para a população. O levantamento foi realizado pelo Programa Regional de Identificação e Monitoramento de Áreas de Habitação Desconforme¹³ – PRIMAH, através da Agência Metropolitana da Baixada Santista – AGEM, com objetivo de identificar, qualificar e quantificar as habitações desconformes da Região Metropolitana da Baixada Santista.

Tabela 5.1 – Identificação de áreas de risco na Região Metropolitana da Baixada Santista

Municípios	Áreas de Inundações	Áreas de Erosões	Áreas de Deslizamentos
Bertioga	18	1	1
Cubatão	11	0	8
Guarujá	31	12	15
Itanhaém	7	2	2
Mongaguá	10	0	3
Peruíbe	24	0	1
Praia Grande	37	0	0
Santos	31	0	10
São Vicente	90	1	8

Fonte: PRIMAC 2002 - Tabela organizada pelo autor.

¹³ Habitações que apresentam estruturas inadequadas e/ou construídas desobedecendo a legislação local.

Tabela 5.2 – Áreas de risco na Região Metropolitana da Baixada Santista – RMBS

Áreas com risco de deslizamento						Causas		
Municípios	Risco para Casas	Risco para Barracos	Risco para Comércio	Risco para Indústrias	Risco para Vias	Declividade Acentuada	Movimento Terra	Remoção Cobertura Vegetal
Bertioga	0	0	0	0	1	1	1	1
Cubatão	0	8	0	0	4	7	7	7
Guarujá	4	15	1	1	7	28	22	27
Itanhaém	0	0	0	0	3	2	0	1
Mongaguá	0	0	0	0	1	2	2	1
Peruíbe	0	0	0	0	1	1	1	1
Praia Grande	0	0	0	0	0	0	0	0
Santos	3	1	0	0	7	6	4	5
São Vicente	4	1	0	0	3	7	3	4
Total RMBS	11	25	1	1	27	54	40	47

Fonte: PRIMAC 2002 - Tabela adaptada pelo autor.

A Figura 5.1 mostra a distribuição das precipitações ao longo dos meses, revelando haver concentração importante no semestre primavera-verão (53% nos meses de fevereiro e março ou 74% entre dezembro a março), padrão típico das áreas tropicais costeiras do Brasil. Evidencia, também, que o posto Caetês apresenta as alturas pluviométricas mais elevadas, principalmente nos meses mais chuvosos (APÊNDICE B). Destaca-se a concentração de ocorrências nos meses mais chuvosos, fator importante para a deflagração de deslizamentos.

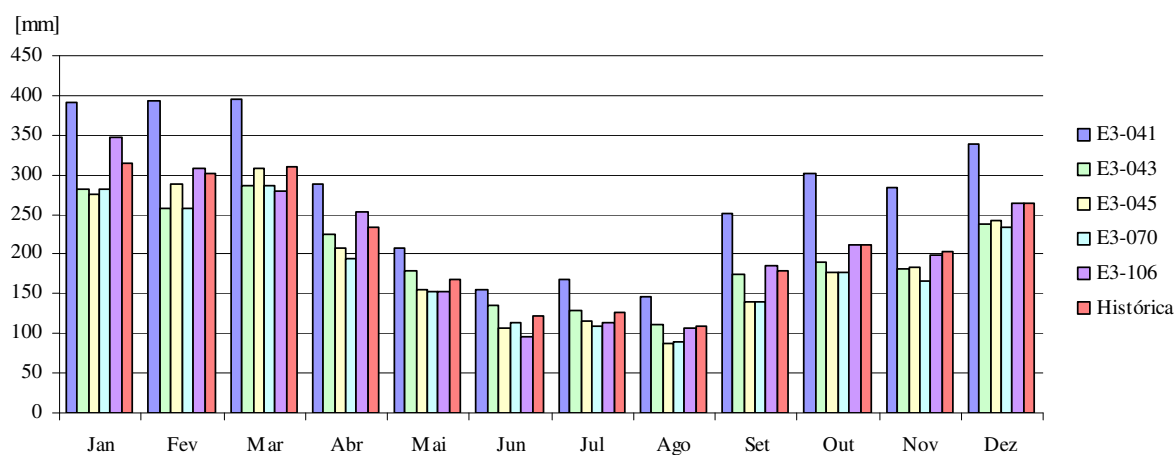


Figura 5.1 - Médias pluviométricas mensais (mm) entre 1955 e 1999, por posto

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

A Figura 5.2 ilustra as médias das diferenças percentuais anuais entre os postos para os períodos avaliados, ou seja, o primeiro período, que consiste entre os anos de 1965 a 1988 e o segundo período, de 1991 a 1999 demonstrando que houve menor pluviosidade no período mais recente, apesar do incremento acentuado de eventos de deslizamento no município.

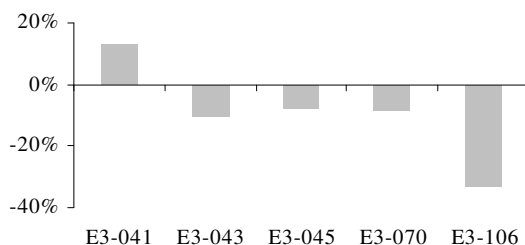


Figura 5.2 – Variação percentual da precipitação anual entre os períodos

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

A comparação refere-se ao segundo período em relação ao primeiro, assim como a Figura 5.3, mostrando que as maiores diferenças (médias) entre os dois períodos ocorreram em abril, julho e dezembro, nos três casos, com diminuição dos montantes.

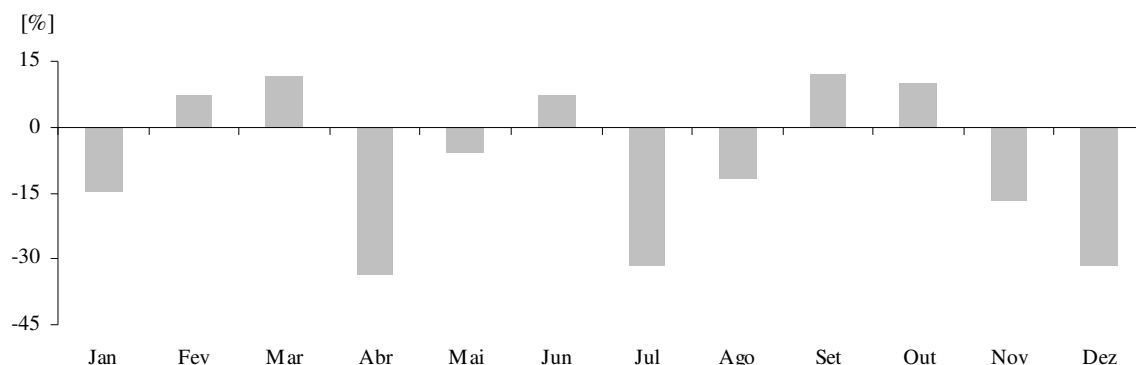


Figura 5.3 - Variação percentual da precipitação mensal entre os períodos

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

Complementando esta informação acima, segue a Figura 5.4, apresentando um confronto entre as médias dos volumes de chuva mensal para os períodos avaliados, mostrando a alternância quanto ao registro de alturas de maior precipitação.

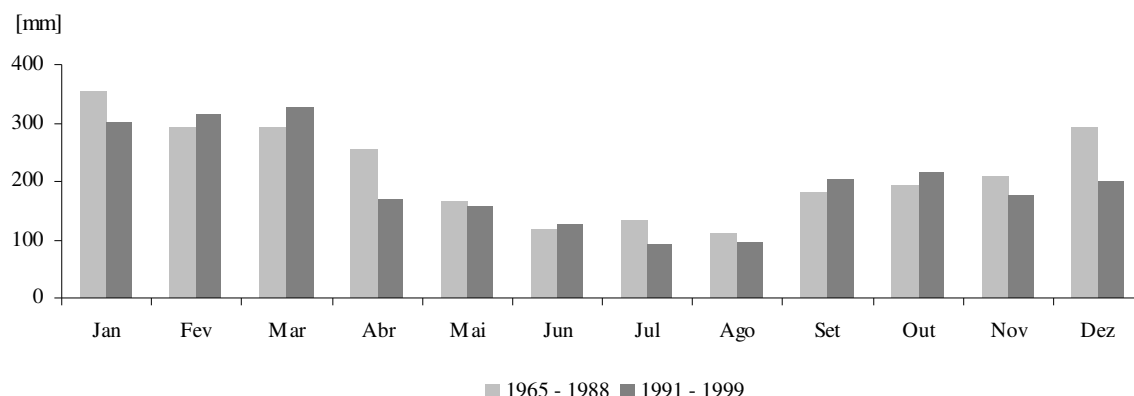


Figura 5.4 - Comparação da precipitação mensal entre os períodos

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

Apesar de os períodos comparados entre si constituírem intervalos de tempo relativamente pequenos, a intenção foi de reforçar que neles a variação anual das medidas pluviométricas não se constitui em um fator primordial para o grande aumento da quantidade de episódios pluviais associados a escorregamentos no município de Guarujá. Pelo contrário (Figura 5.2), com exceção do posto Caetés (E3-041), que apresentou um incremento de 13% no período mais recente, nos demais ocorreu diminuição dos montantes pluviais anuais, com destaque para o posto Bertioiga

(E3-106), com diminuição de 33%. Ao mudar de escala de análise para mensal (Figura 5.3), a tendência de queda se mantém - dezembro e janeiro - mesmo com o aumento nos meses de fevereiro e março, a amplitude da variação positiva é relativamente menor que a variação negativa dos meses de dezembro e janeiro, em dissonância com a grande evolução do número de ocorrências de deslizamentos nesta época do ano.

Assim, o fato da ocupação urbana ser a principal fonte do aumento notável nos registros de escorregamentos no município ganha força - apesar de ser a chuva o fator fundamental na deflagração dos deslizamentos. Uma comparação dos dados pluviométricos nos períodos de 1965-1988 e 1991-1999 consta no APÊNDICE C. Ela contém totais anuais pluviométricos por posto e as respectivas médias; quando comparados com a média anual da série histórica (1955-1999), mostram que os valores não apresentaram significativa variação, mas apresentam uma tendência de diminuição dos montantes pluviométricos quando comparados entre os períodos nas escalas anual e mensal.

Utilizando os dados recebidos pela Comissão Municipal de Defesa Civil – COMDEC e pesquisa em arquivos eletrônicos de jornais (A Tribuna e O Estado de S.Paulo), foi feito um levantamento mensal e anual das ocorrências de deslizamentos no período de 1991 até 2002 (Tabela 5.3). Notam-se números elevados de eventos no mês de março de 1991 (76 eventos) e fevereiro de 1993 (80 eventos). A Figura 5.5 ilustra a distribuição mensal dos episódios entre 1991 a 2001, destacando que, como esperado, os escorregamentos concentram-se nos meses mais chuvosos na região, ou seja, entre dezembro e março.

Segundo Guidicini e Iwasa (1976) e outros, as escarpas da Serra do Mar, no sudeste brasileiro, são palco de movimentos coletivos de massas de solo e rocha, com conseqüências, às vezes, catastróficas. A freqüência com que tais movimentos ocorrem é, de longe, superior a que os órgãos de imprensa registram. É natural que assim seja, continuam os autores, pois os escorregamentos só ganham as manchetes de jornais na medida em que, de alguma forma, afetam os pontos de ocupação humana. Escorregamentos em áreas despovoadas, afastadas dos centros de ocupação, dificilmente serão registrados na imprensa, e suas ocorrências passarão quase sempre despercebidas.

Tabela 5.3 – Ocorrências de deslizamentos no município de Guarujá

Mês	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Jan	1	2	4	1	2	1	3	5	17	15	7
Fev	15	1	80	2	4	2	0	15	4	4	1
Mar	76	3	10	6	16	21	0	0	6	4	2
Abr	1	1	7	0	1	2	2	1	1	0	0
Mai	3	2	0	1	5	0	1	2	0	0	0
Jun	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
Jul	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Ago	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Set	0	1	1	0	2	4	0	2	0	4	0
Out	0	13	1	0	4	1	0	12	1	0	2
Nov	0	5	1	0	8	0	0	0	0	9	0
Dez	1	0	1	0	2	0	0	0	19	28	2
Total	97	29	106	11	46	32	11	37	49	64	14

Fonte: COMDEC – Guarujá. Tabela organizada pelo autor.

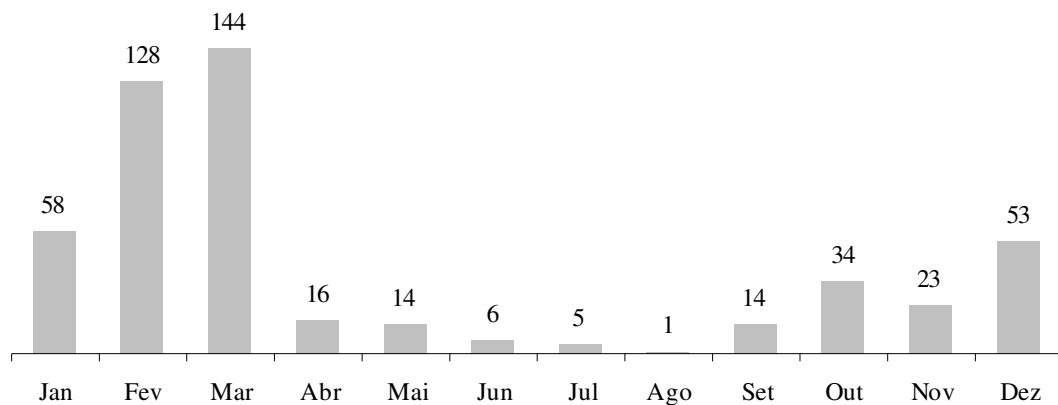


Figura 5.5 – Distribuição mensal dos eventos (1991 a 2001)

Fonte: COMDEC – Guarujá. Gráfico organizado pelo autor.

Os dados pluviométricos mensais dos 5 postos utilizados neste trabalho, que possibilitaram o confronto com a média pluviométrica histórica, mostraram que ocorreram medidas muito acima da média durante o mês de março do ano de 1991 (Figura 5.6 e APÊNDICE D), o que deflagrou a alta incidência de escorregamentos em diversos pontos do município. Mas no caso do mês de fevereiro de 1993 isto não se repetiu na maioria dos postos, o que revela que para alguns casos o nível mensal não é suficiente para a análise de escorregamentos.

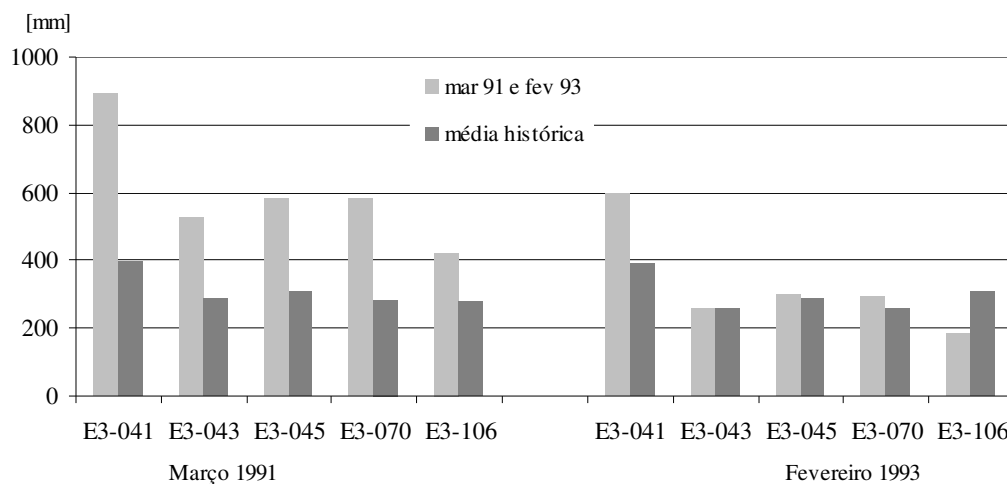


Figura 5.6 – Índice pluviométrico das estações nos meses de março de 1991 e fevereiro de 1993

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

Segue a Figura 5.7, referente à contribuição mensal de precipitação para os anos de 1991 e 1993, assinalando grande concentração no mês de março de 1991 (27% da precipitação anual – APÊNDICE E), enquanto que no ano de 1993 a distribuição das chuvas ocorreu de forma mais equilibrada (APÊNDICE F).

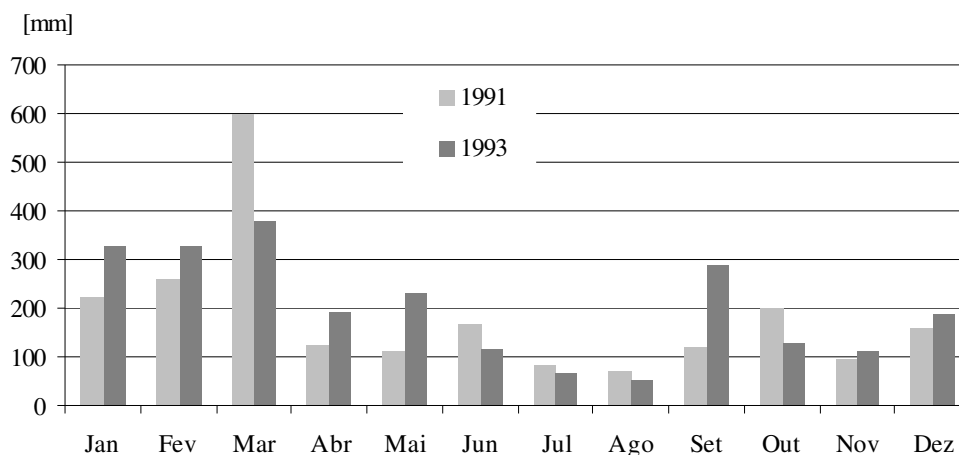


Figura 5.7 – Contribuição mensal da precipitação nos anos de 1991 e 1993

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

Na escala zonal, o efeito El Niño de 1990 a 1993 foi considerado como forte segundo classificação do CPTEC - INPE¹⁴ (APÊNDICE G), quando registrou-se anomalias máximas positivas na superfície do mar no Oceano Pacífico (ANEXO E) em 1991/1992, ocasionando temperaturas acima do normal na região sudeste (ANEXO F) e influenciando as chuvas acima dos padrões habituais, principalmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro na região onde se localiza o município de Guarujá, justificando a anomalia dos meses de março de 1991 e fevereiro de 1993 na região litorânea do estado de São Paulo (Figuras 5.8a e 5.8b), e evidenciando que em ambos houve registro de chuva praticamente no mês inteiro nos meses correspondentes (Figuras 5.9a e 5.9b), com acumuladas significativas (Figuras 5.10a e 5.10b) na mesma região.

Segundo o Boletim de Monitoramento e Análise Climática (CLIMANÁLISE¹⁵), durante os anos de 1991 a 1993, dentro do período do episódio El Niño estendido de 1990 a 1994, os sistemas que atuam sobre o Brasil tiveram comportamento anômalo. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) estava muito fraca e não se deslocou para sul de fevereiro a abril, como é o normal. Os vórtices ciclônicos em altos níveis que atuam no verão na região NE também não

¹⁴ Segundo as fontes de informação: Rasmusson e Carpenter 1983, *Monthly Weather Review*, Ropelewski e Halpert 1987, *Monthly Weather Review*. *Cold episode sources* Ropelewski e Halpert 1989, *Journal of Climate*. *Climate Diagnostics Bulletin*. A intensidade dos ventos é baseada no padrão e magnitude das anomalias da TSM do Pacífico Tropical.

¹⁵ <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/nino.html>

causaram precipitação. A convecção associada à Alta da Bolívia foi fraca, assim como e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) em alguns meses da primavera e verão. A maioria dos sistemas frontais não se deslocou de sul para norte, e foi intensificado na região sul do Brasil pelo jato subtropical, o que causou enchentes em algumas localidades do sul.

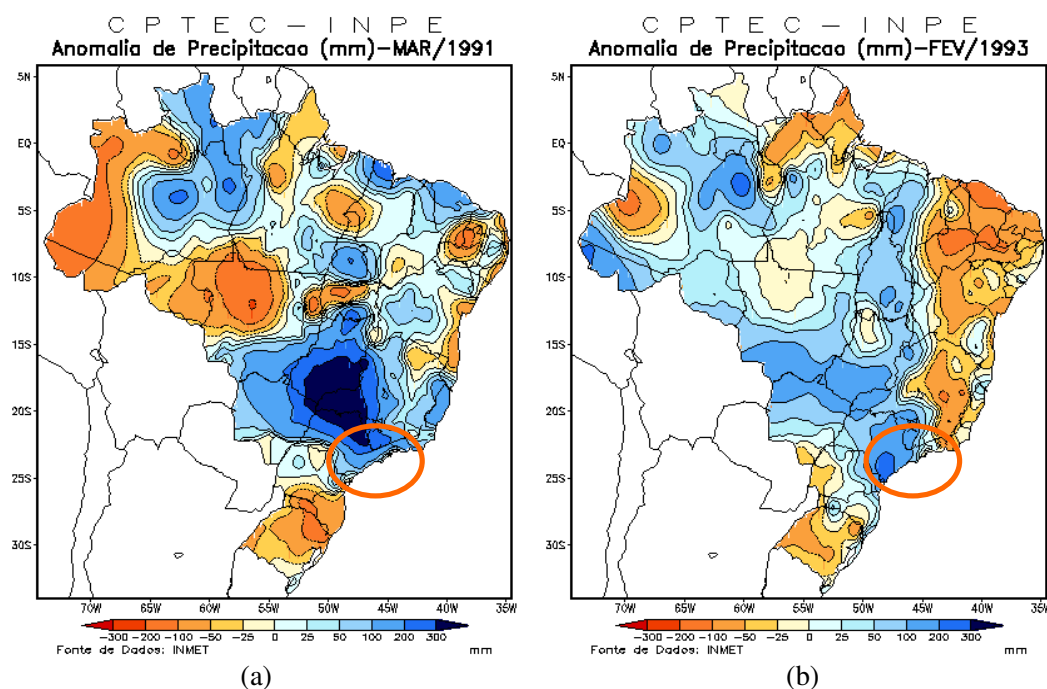


Figura 5.8 - Anomalias de precipitação nos meses de (a) março de 1991 e (b) fevereiro de 1993

Fonte: CPTEC – INPE.

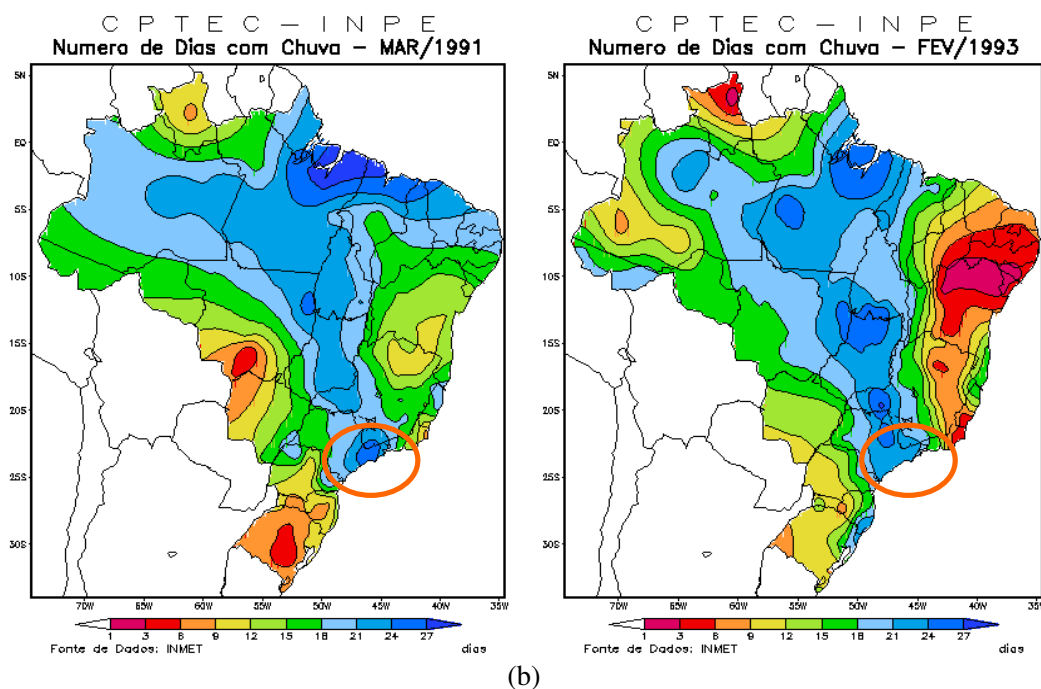


Figura 5.9 – Número de dias com chuva nos meses de (a) março de 1991 e (b) fevereiro de 1993

Fonte: CPTEC – INPE.

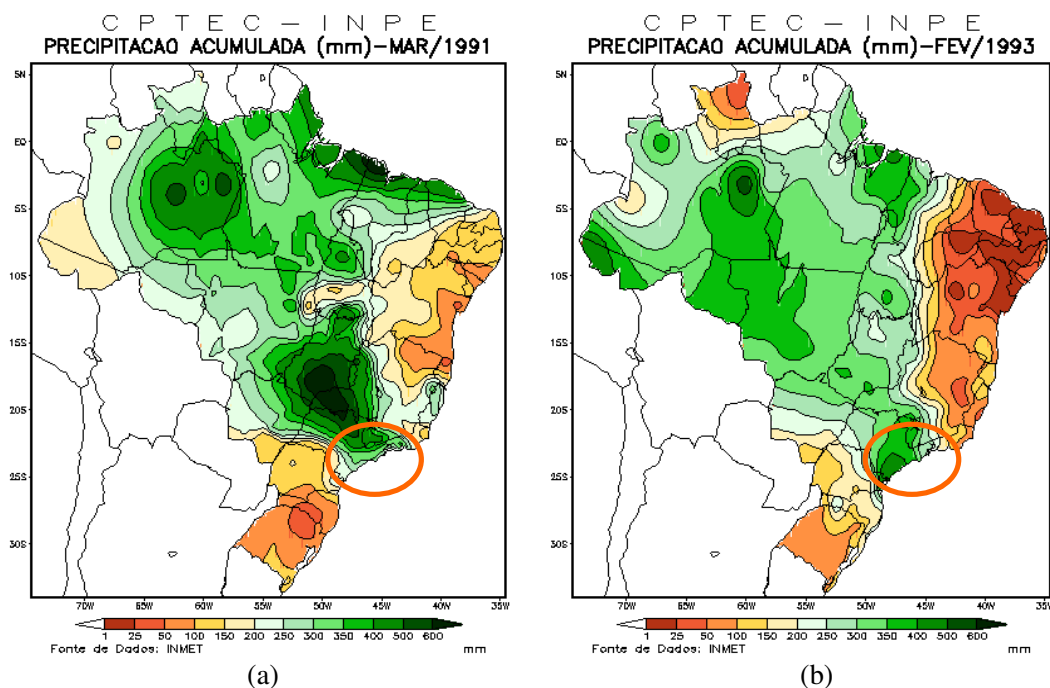


Figura 5.10 – Precipitação acumulada nos meses de (a) março de 1991 e (b) fevereiro de 1993

Fonte: CPTEC – INPE.

Consultando os registros recebidos da COMDEC no intuito de apontar possíveis causas das 76 ocorrências do mês de março de 1991 (Tabela 5.3), verificou-se que somente no dia 25 desse mês foram 35 eventos (Figura 5.11), dos quais a Vila Baiana e o Vale da Morte, seguido do Morro do Outeiro, concentraram a maior parte dos deslizamentos apurados (Figura 5.12).

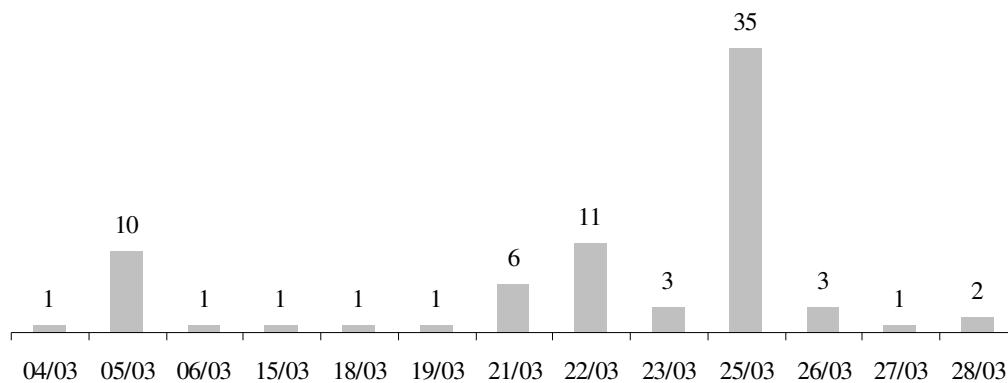


Figura 5.11 – Eventos de escorregamentos em março de 1991 (Total 76)

Fonte: COMDEC – Guarujá. Gráfico organizado pelo autor.

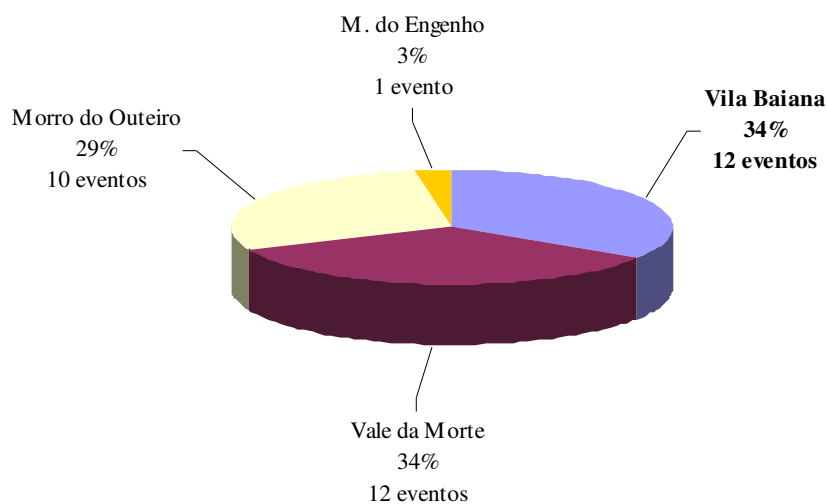


Figura 5.12 – Distribuição espacial dos eventos de 25 de março de 1991

Fonte: COMDEC – Guarujá. Gráfico organizado pelo autor.

Ainda na Tabela 5.3, destaca-se, também, o registro de 80 episódios no mês de fevereiro de 1993, com 60 eventos concentrados somente no dia 19 (Figura 5.13), dos quais novamente a Vila Baiana surge como foco de maior quantidade de registros de escorregamento, seguido do Morro do Engenho e Morro da Cachoeira (Figura 5.14). Para apurar as causas, é preciso mudar a escala temporal de trabalho, ou seja, a análise diária permite apontar melhor as razões do ocorrido, levantando os dados pluviométricos dos postos na data específica e também nos dias antecedentes, devido à dinâmica contínua dos processos físicos envolvidos em um escorregamento de encosta. Com esse procedimento é possível, igualmente, apontar se houve valores marcantes nas medidas pluviométricas, correlacionando com os locais de maior incidência de eventos.

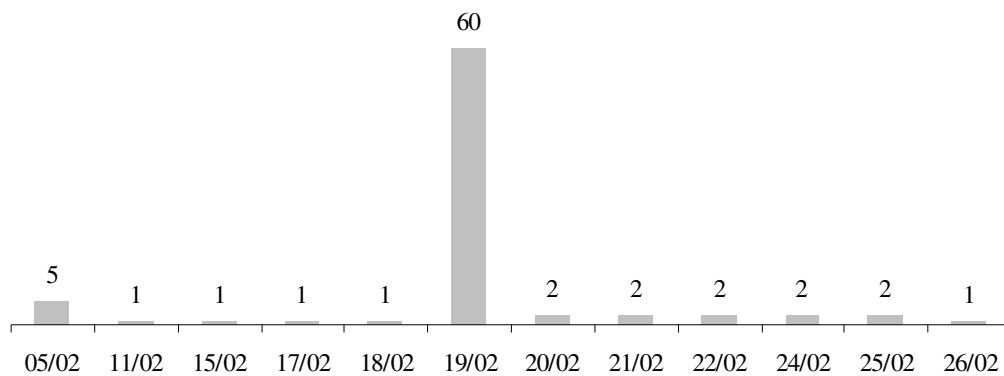


Figura 5.13 – Eventos de escorregamentos em fevereiro de 1993 (Total 80)

Fonte: COMDEC – Guarujá. Gráfico organizado pelo autor.

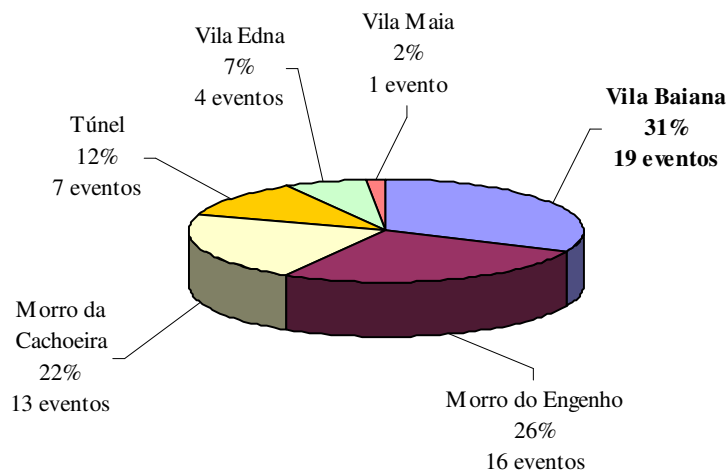


Figura 5.14 – Distribuição espacial dos eventos de 19 fevereiro de 1993

Fonte: COMDEC – Guarujá. Gráfico organizado pelo autor.

Comparando o montante de chuva dos dias 25 de março de 1991 e 19 de fevereiro de 1993 (Figuras 5.15 e 5.16 – APÊNDICE H) percebem-se padrões distintos para cada uma das datas; na segunda o total pluviométrico é mais concentrado (chuva de gênese convectiva), ao contrário da primeira data, quando os valores são mais equilibrados entre os postos avaliados, assim como a distribuição temporal (24 até 96 horas), caracterizando-se uma precipitação frontal, com a participação ativa da precipitação por 96 horas, neste caso. A quantidade elevada de registros de movimentos de massa deflagrados por ambos os casos mostra que a incidência desses episódios calamitosos é independente da gênese das precipitações.

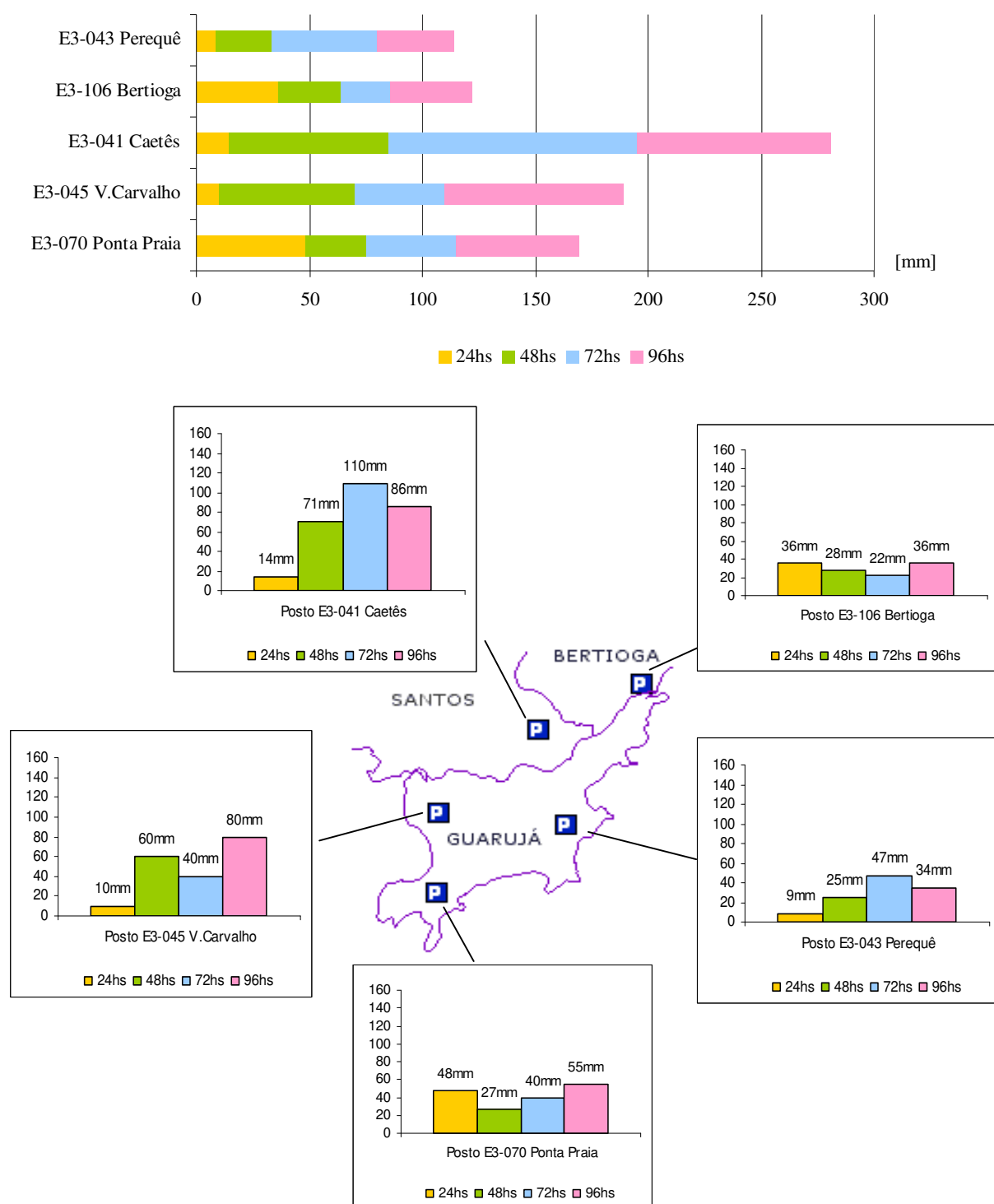


Figura 5.15 – Precipitação acumulada em 25 de março de 1991

Fonte: SIGRH. Organizado pelo autor.

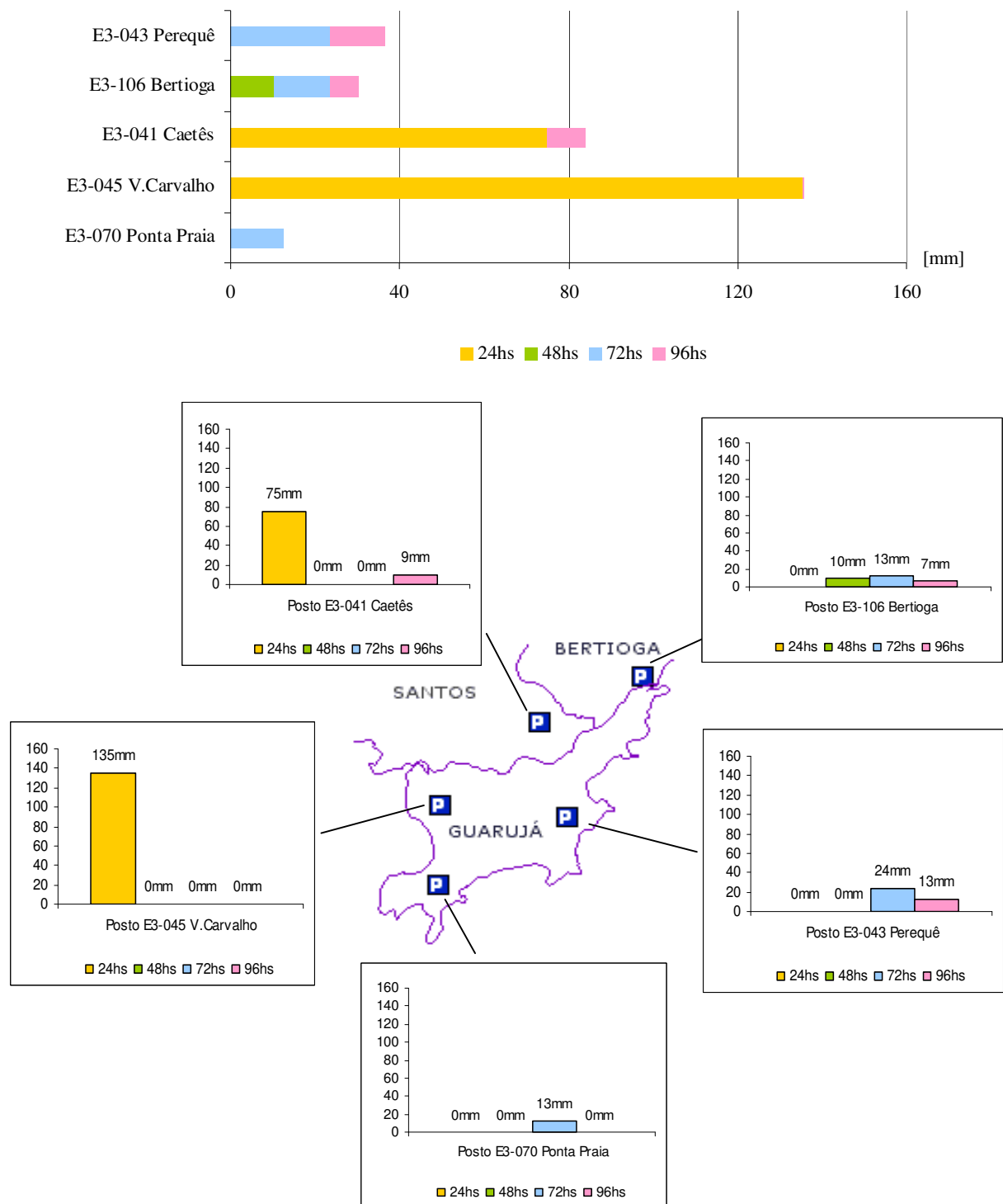


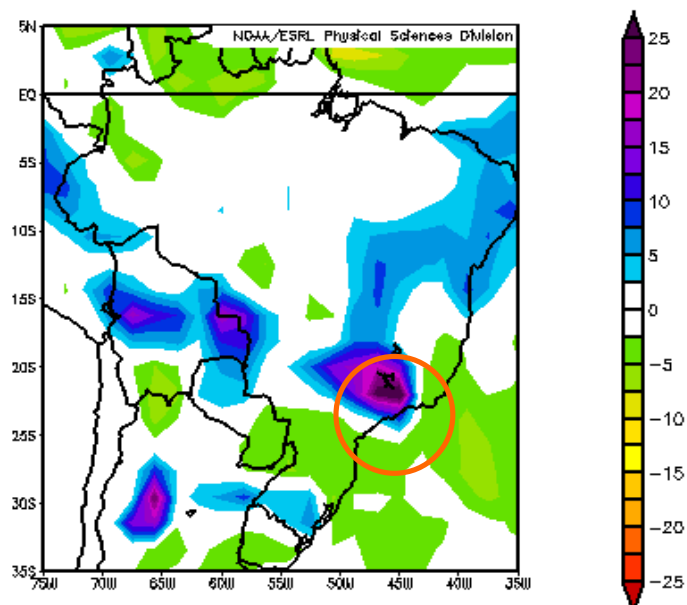
Figura 5.16 – Precipitação acumulada em 19 de fevereiro de 1993

Fonte: SIGRH. Organizado pelo autor.

Ao verificar a pluviosidade na escala diária (Figura 5.17) nota-se uma forte anomalia positiva no dia 25 de março de 1991 (Figura 5.17a), exatamente no litoral paulista, ao contrário do dia 19 de fevereiro de 1993 (Figura 5.17b), confirmando a diferença de gênese da chuva que afetou o município nestas datas, quando foram registrados os maiores números de eventos de movimento de massa no local. A mesma tendência foi registrada após consulta de anomalia de precipitação (mm/dia) nos meses em questão (março de 1991 e fevereiro de 1993 – ANEXO G).

Segundo Galina, Pereira Filho, Fernandes e Silva (2006), eventos de escorregamentos no município entre 1998 e 2003 estiveram fortemente associadas com a atuação de sistemas mistos, sobretudo aqueles compostos por bandas estratiformes extensas, com presenças de núcleos e linhas convectivas. Foi observada a importância da orografia na organização desses núcleos convectivos, uma vez que a região da Baixada Santista está fortemente sujeita ao reforço dos efeitos orográficos por conta da aproximação da linha de costa da Serra do Mar. Foram constatadas, também, expressivas quantidade de eventos de escorregamentos deflagrados durante a atuação de sistemas frontais.

25 março 1991
(a)



19 fevereiro 1993
(b)

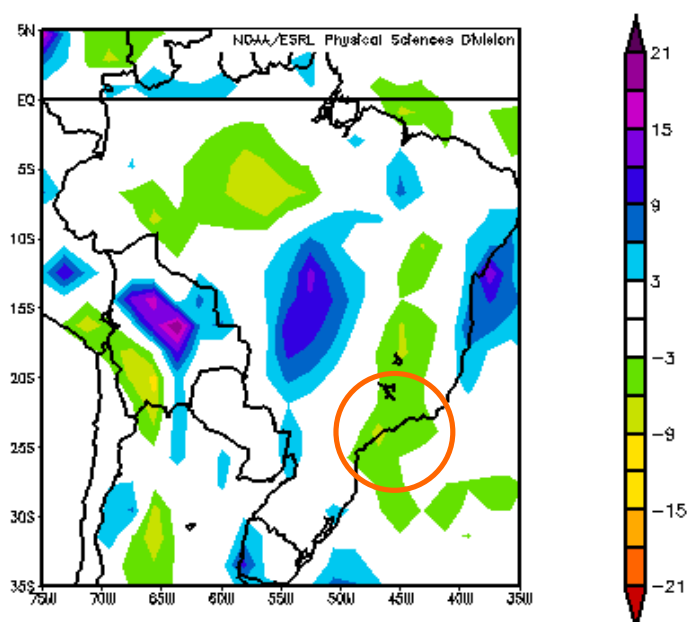
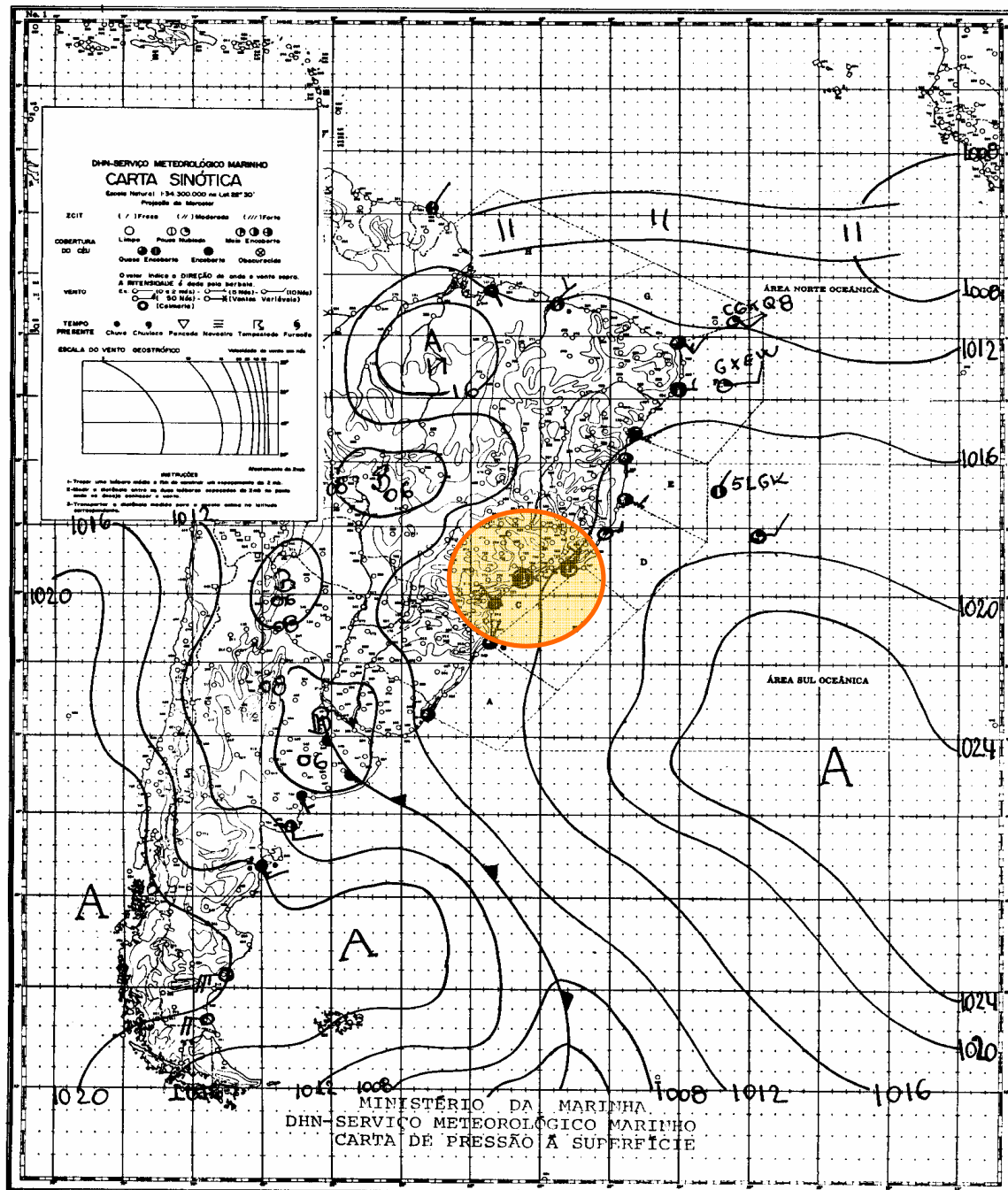


Figura 5.17 – Anomalias de precipitação diária (a) 25 de março de 91 e
(b) 19 de fevereiro de 1993

Fonte: Reanálise CDC / NOAA. Organizado pelo autor.

Consultando as cartas sinóticas da marinha, as tendências até agora se confirmam, pois no dia 25 de março de 1991 (Figura 5.18) a linha estacionária encontrava-se sobre o litoral paulista (em destaque), juntamente com um sistema de baixa pressão, que esteve presente ao redor da região costeira nos dias anteriores (ANEXO H), ocasionando chuvas de duração e extensão maiores, situação bem distinta quando comparada ao ocorrido no dia 19 de fevereiro de 1993 (Figura 5.19 e ANEXO I).

1200 HMG DO DIA 19 (SEXTA-FEIRA) DE FEVEREIRO DE 1993



DHN-5927-1
24 (00-VIII-1992

Figura 5.19 – Carta sinótica do dia 19 de fevereiro de 1993

Fonte: Marinha do Brasil.

Nesta pesquisa procurou-se verificar a influência das chuvas acumuladas de 4 dias ou 96 horas na deflagração dos eventos de escorregamentos. A Figura 5.20 e o APÊNDICE I ilustram a participação desta parcela entre os anos de 1991 a 2001, não sendo possível identificar algum padrão que possa colaborar para o uso efetivo em escala anual, mas destacam-se os anos de 1991 (24%) e 2001 (26%). No ano de 1991 foram registradas 97 ocorrências no total, dos quais 76 somente no mês de março, com forte correlação com a anomalia e a gênese da chuva (frontal) apontada nesta pesquisa, enquanto que em 2001 foram registradas somente 14 ocorrências ao longo do ano.

Convém lembrar que nessa etapa o posto pluviométrico E3-070 Ponta da Praia foi usado como representativo da área (maior valor de carga pela análise de componentes principais), conforme discorrido anteriormente.

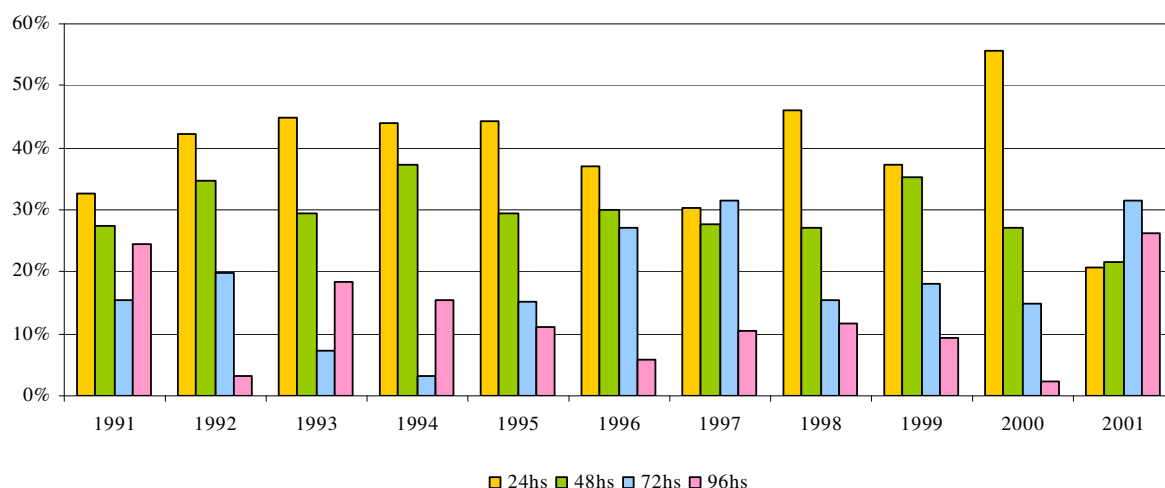


Figura 5.20 – Participação das chuvas acumuladas nos eventos

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

A Tabela 5.4 e a Figura 5.21 (APÊNDICES J e K) mostram o resultado da comparação dos eventos de escorregamento entre os períodos. A Vila Baiana permanece como local de incidência de destaque: de quarto lugar no primeiro período (1965 a 1989), com 11% do total de 81 eventos, para o primeiro lugar, com 34% do total de 496 eventos no período posterior (1991 a 2001). Vale registrar que o aumento substancial entre os períodos também se deveu à pressão imobiliária, acentuada pela condição socioeconômica em geral da população local, ocupando espaços cada vez mais suscetíveis à ocorrências de movimentos de massas, além do desenvolvimento da técnica (evolução da informática, registro e acesso aos dados), que favorece atualmente o acesso mais universal a esse tipo de registro.

Tabela 5.4 – Comparativa de ocorrências de deslizamentos no Guarujá

Período considerado		1965 a 1989		1991 a 2001		
Total ocorrências registradas		81 eventos		496 eventos		
Maiores concentrações espaciais de ocorrências	Morro da Glória	15 eventos	20%	Vila Baiana	171 eventos	34%
	Vila Sônia	10 eventos	12%	Morro da Cachoeira	62 eventos	12%
	Vila Júlia	10 eventos	12%	Morro do Engenho	55 eventos	11%
	Vila Baiana	9 eventos	11%	Vale da Morte	29 eventos	6%

Fontes: Governo do Estado, 1989 e COMDEC – Guarujá. Tabela organizada pelo autor.

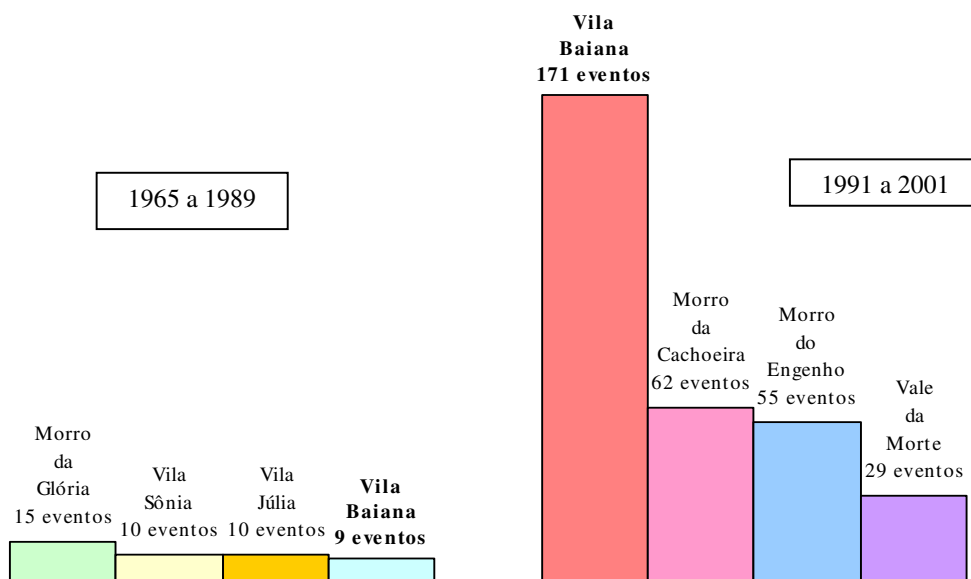


Figura 5.21 – Síntese de alguns dos eventos entre os períodos
Fontes: COMDEC e Carta Geotécnica Guarujá, 1989 – Gráfico organizado pelo autor.

No Guarujá, cerca de 90% das ocupações concentram-se em aglomerações com população significativa, e a maioria dessas ocupações encontra-se, igualmente, localizada nas encostas dos morros, margens de estradas e áreas verdes remanescentes suprimidas por essas ocupações (YOUNG e FUSCO, 2006). Com uma população estimada de quase 6 mil habitantes no local, a Vila Baiana (Figura 5.22 e ANEXO J), apresenta a alvenaria como material de construção predominante. As construções localizam-se, principalmente, nas encostas de morro, coexistindo ocupação de áreas públicas e particulares. O entorno possui ruas com toda a infra-estrutura urbana exceto rede de esgoto. Na ocupação existe rede de energia elétrica e telefone e o abastecimento de água, em grande parte das moradias, é feito por meio de bica, e o esgoto é lançado em valas descobertas. O assentamento remonta a 1962, segundo dados da Prefeitura Municipal. Próximo à área, existem vários equipamentos urbanos, tais como: creches, escolas, posto de saúde e grêmio recreativo. A ocupação está consolidada, porém, ainda há áreas para expansão em direção à encosta. Está previsto a remoção de várias moradias pela Prefeitura. A principal desconformidade é o fato de as ocupações serem preponderantemente em áreas públicas e em encosta de morros (ANEXO K).



Figura 5.22 – Vista da Vila Baiana

Fonte: PRIMAHD – RMBS.

Segundo as diretrizes do Ministério das Cidades, uma das ferramentas mais importantes para o processo de planejamento urbano são as Zonas de Especial Interesse Social – ZEIS, que ajudarão a promover a inclusão social, a regularização fundiária e a urbanização de várias áreas precárias e ilegais das nossas cidades. A lei complementar nº. 108/2007, que institui o novo Plano Diretor, a lei de zoneamento, uso, ocupação e parcelamento do solo do município de Guarujá, classificam Vila Baiana como ZEIS (Figura 5.23), definidas como áreas do território municipal com destinação específica e normas próprias de uso e ocupação do solo destinado, primordialmente, à produção, manutenção e sustentabilidade de habitação de interesse social, ocupados pela população de baixa renda familiar, onde exista interesse em se promover a regularização jurídica da posse, a legalização do parcelamento do solo e sua integração à estrutura urbana, fomentando a inclusão no zoneamento da cidade de uma categoria que permita, mediante um plano específico de urbanização, estabelecer padrões urbanísticos próprios para determinados assentamentos. A maior parte das ZEIS coincide com as áreas de risco de movimentos de massa, ilustradas na Figura 6.2.

CAPÍTULO 6 – TRABALHO DE CAMPO

Nos dias 19 e 20 de junho de 2007 realizou-se o trabalho de campo no município de Guarujá de modo a fazer um reconhecimento da área de estudo, com especial atenção às áreas de ocupação de morros, onde rotineiramente são registrados deslizamentos de encostas, além de obter informações qualitativas para consubstanciar esta investigação.

O primeiro lugar visitado foi a Vila Baiana (Figura 6.1), onde somente foi possível o contato visual à distância (por motivos de segurança, após alerta de morador local) do conjunto de habitações subnormais construídas dentro do perímetro considerado como área de risco.



Figura 6.1 – Vila Baiana

Fonte: Autor. Registrada em 19 de junho de 2007.

Notou-se que muito próximo há um condomínio de alto padrão, também em área de morro, que igualmente apresenta riscos de deslizamento, principalmente na faixa de contato entre

a Vila Baiana e o condomínio fechado, como registrada na Figura 6.2, onde aparece uma porção desmatada da vegetação (em destaque), consequência de movimento de massa.



Figura 6.2 – Vista aérea da Vila Baiana

Fonte: COMDEC – Guarujá.

Na sequência, nas dependências da Defesa Civil do Guarujá, recepcionados pelo diretor Élvio José da Silva, foram-nos apresentados a estrutura e o trabalho realizado pela sua equipe. Houve a consulta do banco de dados, com fotos de vários eventos de escorregamento registrados em diferentes setores do município e registros atualizados dos escorregamentos e das medições pluviométricas de alguns postos.

No final do primeiro dia e na companhia do geólogo e técnico da Defesa Civil local, Carlos Adolfo Silva Fernandez, foram visitados alguns locais de risco do município (Morro da Cachoeira, Morro do Engenho, Vila Edna, Bela Vista ou Macaco Molhado, Vila Júlia, Vale da Morte e Vila Baiana), assinaladas na Figura 6.3, que ilustra o plano de sobrevôo realizado em 2007, para registro aéreo dos locais de risco.

Foi-nos repassado pelo técnico Carlos Adolfo dados de eventos referentes a escorregamentos atualizados no município (Tabela 6.1) e registros de alturas pluviométricas diárias das estações de Perequê, Ponta da Praia e Caetês, desde o mês de dezembro de 1998 até abril de 2007, assim como informações sobre ações preventivas e corretivas nos locais de risco realizados pela sua equipe e membros do poder público, constituindo-se uma visão do contexto histórico e de suas especificidades nos locais de risco de escorregamentos, localizados na sua maioria nas encostas da Serra do Morro de Santo Amaro.

Uma cópia do relatório técnico parcial do IPT de junho de 2006 sobre apoio à prevenção e erradicação de riscos em assentamentos precários no município foi também nos concedida, onde foram identificadas 17 áreas que contêm assentamentos precários, com riscos ambientais resultantes da conjunção das características do meio físico, dos processos de ocupação urbana e da alta suscetibilidade das moradias, conferindo grande vulnerabilidade às populações. Também foi constatado que os acidentes gerados por movimentos de massas são os que apresentam maior possibilidade de identificação prévia. As evidências que antecedem a maioria dos escorregamentos (trincas, degraus de abatimento, estalos em rochas, estufamento de muros, inclinação de árvores, postes, etc.) possibilitam, desde que monitoradas, a adoção de medidas que reduzam os danos.

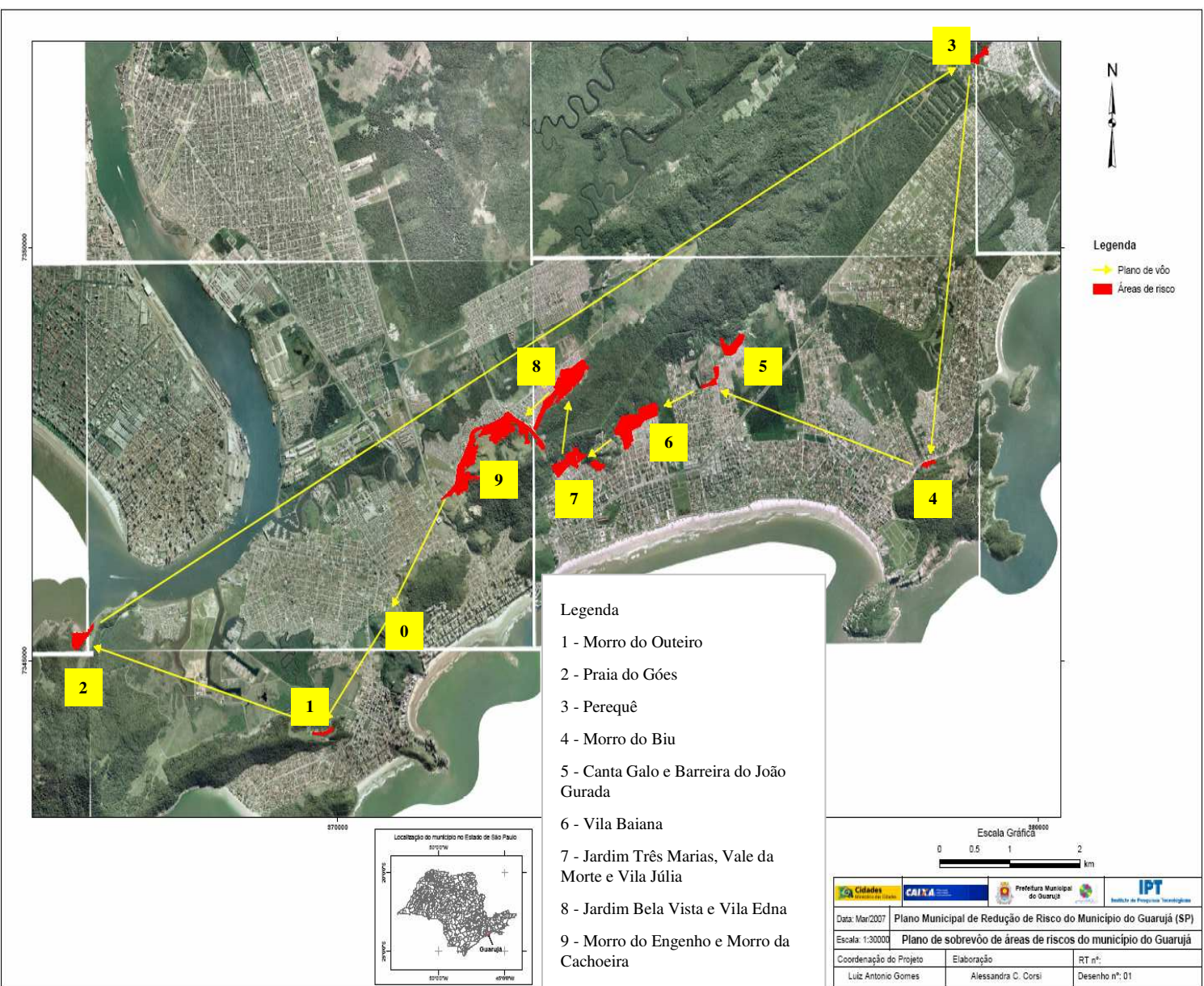


Figura 6.3 – Áreas de risco do município de Guarujá

Fonte: COMDEC Guarujá. Adaptado pelo autor.

Tabela 6.1 – Escorregamentos em Guarujá (1991 a 2006)

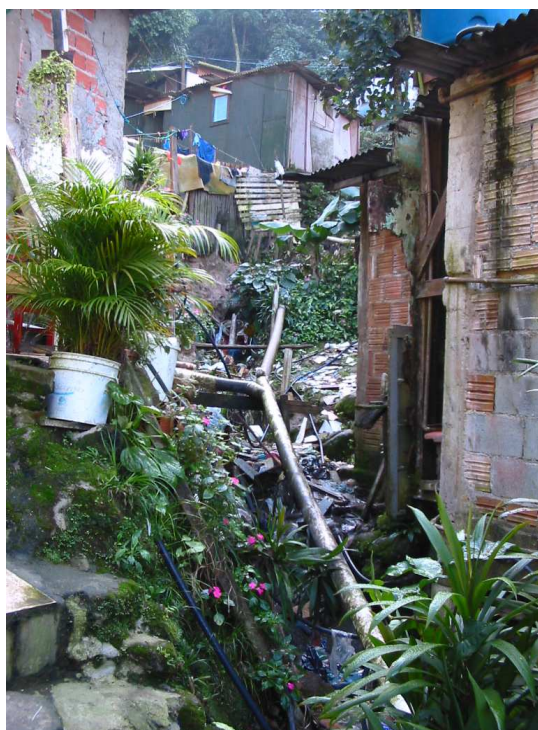
Ano	Remoções Preventivas	Nº de Óbitos	Vistorias	Escorregamentos
1991	370	1	140	96
1992	0	0	73	30
1993	230	0	182	105
1994	0	0	52	12
1995	58	0	86	44
1996	0	0	52	34
1997	21	0	74	11
1998	56	0	47	37
1999	115	0	56	30
2000	170	1	104	55
2001	98	0	72	40
2002	90	0	41	27
2003	89	0	53	37
2004	58	0	35	27
2005	270	2	128	86
*2006	54	0	89	46
Total	1679	4	1284	717

* Referentes a partir de 1º de dezembro de 2005 até 30 de novembro de 2006.

Fonte: COMDEC Guarujá.

No segundo dia a equipe da defesa civil foi deslocada para distribuição de material sobre prevenção em áreas de risco para os moradores do Vale da Morte, situado próximo ao cemitério municipal e do túnel que interliga a região portuária e a enseada. Assim, foi possível presenciar *in loco* os problemas referentes à queda de árvores pela falta de estabilização do solo e plantações inadequadas de bananeira, assim como cortes irregulares de talude, aterros, alta densidade de ocupação, afloramento de rochas e blocos. As construções de alvenaria predominam na base da encosta, mais antigas, e contam com maior infra-estrutura, em comparação com as moradias subnormais implantadas na porção superior e de ocupação mais recente.

Existe a preocupação em relação ao avanço das ocupações no entorno da Serra de Santo Amaro, atingindo sempre cotas mais altas, chegando a um ponto em que exista o encontro da porção do lado da enseada com as ocupações do lado voltado para o continente. A configuração da encosta apresenta padrões de drenagem definidas que potencializam os riscos para as moradias locais, principalmente aquelas no fundo do vale, muitas das quais construídas sobre canais e valas que transportam esgoto, lixo e águas pluviais, foco de proliferação de doenças (Figuras 6.4a e 6.4b). Obras pontuais de melhoria foram realizadas pela própria comunidade local, representada pela associação de moradores.



(a)



(b)

Figura 6.4a – Canal de drenagem no Vale da Morte

Figura 6.4b – Moradia sobre canal de drenagem no Vale da Morte

Fonte: Autor. Registradas em 20 de junho de 2007.

De maneira a ter um panorama mais geral do município, foi percorrida por conta própria no destino Perequê e Nova Perequê, passando pelo Morro do Bio e Sorocotuba, onde foram notadas mudanças nos padrões de ocupação das encostas. No Morro de Sorocotuba, onde se instalou um condomínio de alto padrão, foram observadas antigas cicatrizes de deslizamento de encosta, denunciadas pela presença de uma espécie de samambaia (Figura 6.5) que logo se instala após esse tipo de evento, também usados em interpretação de imagens de satélite e detectados por sensores específicos para referenciar movimentos de massas ocorridos no passado, pela distinção do padrão da vegetação local. A planta em questão é conhecida como samambaia das taperas ou do campo (*Pteridium aquilinum*), que se desenvolve em solos ácidos e vegeta em áreas desmatadas (surge depois de derrubada da mata) beira de estradas, capoeiras e bordos de matas.



Figura 6.5 – Samambaia em cicatriz de deslizamento de encosta

Fonte: Autor. Registrada em 20 de junho de 2007.

De forma a obter dados referentes à atividade turística do município, obras de infraestrutura, população flutuante, entre outras, foi feita uma visita no final da manhã à Secretaria de Turismo do Guarujá. Na ocasião, o Diretor de Promoções Turísticas, senhor Newton Wagner Milanez repassou diversas informações sobre o turismo no município. A última temporada de verão (entre dezembro de 2006 e primeira semana de fevereiro de 2007) levou 3,6 milhões de pessoas à cidade, o que representou um aumento de quase 10% em relação ao período anterior, quando 3,2 milhões de turistas escolheram a cidade para passeios e descanso. O crescimento é ainda mais significativo quando comparado com a temporada 2004/2005, que registrou 2,7 milhões de pessoas. Vale ressaltar que justamente na época das chamadas temporadas, os registros de escorregamentos são mais freqüentes, sobrecarregando bastante a necessidade de suprimento adequado dos serviços de infra-estrutura do município.

CAPÍTULO 7 - PREVENÇÃO

(informações baseadas segundo o IPT (1991) e a Defesa Civil do município de Blumenau / SC)

Um desastre comum em épocas de chuvas fortes são os deslizamentos que ocorrem nas encostas ou nos cortes e aterros feitos com técnicas inadequadas. Quando nessas áreas são implantados loteamentos e ocupados por moradias, têm-se as condições próprias de risco de desastres. Os fatores de risco para encostas íngremes são: cortes no terreno com inclinação e altura excessivas, cortes feitos em terrenos com fissuras ou quaisquer descontinuidades e mesmo encostas naturais que apresentam alteração da consistência do solo e grande declividade.

Nos terrenos de aterros sanitários, por ser um material sem coesão e muito poroso, o lixo rapidamente fica saturado de água e o peso muito aumentado provoca seu escorregamento, podendo até mesmo comprometer a superfície de terrenos planos. O problema pode se agravar quando o lixo é descarregado em local que recebe o lançamento das águas servidas ou em linhas naturais de drenagem.

As encostas submetidas à remoção indiscriminada da vegetação oferecem risco de deslizamento. A falta de cobertura vegetal adequada faz com que o impacto da água da chuva cause deslocamentos superficiais no solo, facilitando deslizamentos de terra.

Além desses fatores, as descargas de águas servidas ou águas pluviais, o rompimento de adutoras e a existência de grande número de fossas sanitárias em um mesmo local podem provocar deslizamentos em condições de chuva.

Esses problemas podem ser solucionados por técnicas adequadas para contenção de encostas mas, mais do que isso, pela ação coordenada entre poder público e a comunidade local, para a conservação da cobertura vegetal das encostas e um correto sistema de coleta e deposição final de resíduos sólidos.

Observação

Olhar atentamente sinais de problemas futuros, como o aparecimento de rachaduras e trincas em construções. Também o surgimento de valas e de erosão requer atenção especial. As árvores, juntamente com os postes de energia indicam, através de sua inclinação, o movimento do

solo. Outro sinal são os muros: geralmente quando a terra se move eles ficam estufados, provocando uma espécie de "barriga" e rachaduras.

Prevenção

As encostas ocupadas caoticamente podem ter suas condições de segurança melhoradas, mediante amplo trabalho de ações interativas entre governo e a comunidade local; essa última deve ter o entendimento do problema e as medidas coletivas devem ser definidas por consenso. As atividades preventivas, de caráter permanente, podem ser divididas em:

a) Obras de infra-estrutura

- Controle das águas servidas;
- Sistema de drenagem das águas pluviais;
- Rede de abastecimento d'água;
- Rede de esgotos sanitários;
- Serviço de coleta do lixo urbano.

b) Obras não-estruturais

- Desenvolvimento de ação entre os órgãos governamentais envolvidos na solução do problema e da comunidade local, definindo as soluções mais adequadas;
- Desenvolvimento de diretrizes, objetivando a gradual reordenação urbanística das encostas ocupadas de forma caótica;
- Formulação de critérios para a definição de projetos habitacionais seguros e de baixo custo, adaptados às condições topográficas das encostas;
- Formulação de critérios para a gradual correção de erros cometidos na fase caótica da ocupação, permitindo que a maior dimensão dos lotes seja paralela à curvas de nível.

c) Obras estruturais

Os tipos de obras objetivando a estabilização de encostas estão em constante evolução, em função do surgimento de novas técnicas e dos aprofundamentos dos conhecimentos sobre o mecanismo de estabilização. De um modo geral, as obras de estabilização de encostas são subdivididas em:

c.1) Obras sem estrutura de contenção

- Retaludamento;
- Drenagem superficial;
- Drenagem profunda;
- Drenagem de estruturas de contenção;
- Proteção superficial, com materiais naturais;
- Proteção superficial, com materiais artificiais.

c.2) Obras com estrutura de contenção

- Muros de gravidade convencionais: é importante que entre o maciço e o muro seja desenvolvida uma camada drenante de areia e que este dreno possa eliminar a água.
- Estabilização de blocos de pedra e de matacões: nestas obras, os blocos de rocha são fixados por intermédio de chumbadores, tirante de aço, montantes de concreto engatados nas rochas.

c.3) Obras de proteção contra massas escorregadias

Estas obras compreendem as barreiras vegetais e os muros de espera¹⁶. A ocupação das encostas é possível, desde que realizada de forma racional e de acordo com parâmetros técnicos

¹⁶ Obras similares aos muros de arrimo, com finalidade de impedir passagem de massas escorregadas ou transportadas por processos de erosão, que podem ocorrer a montante.

adequados e bem definidos. Infelizmente, nestes últimos anos as encostas vêm sendo invadidas de forma caótica e sem o mínimo de planejamento.

Medidas de prevenção para proteção da propriedade particular

- Antes de adquirir um terreno procurar a Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal para saber da viabilidade de construção no local.
- Limitar o desmatamento de seu terreno ao estritamente necessário.
- Manter o solo, principalmente os taludes e encostas, sempre protegido da erosão, seja por meio de vegetação ou por meio de alguma obra de engenharia.
- Fazer drenagem do seu terreno e, se puder usar canaletas de cimento para obter um bom escoamento das águas, evitando infiltrações.
- Procurar sempre adaptar sua construção à topografia local, evitando assim, movimentos de terra desnecessários e perigosos.
- As encostas acidentadas, os topos dos morros e as margens dos cursos d'água, constituem Áreas de Preservação Permanente (APP), que não devem ser ocupadas. Portanto, antes de adquirir seu lote, consultar a Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal.

Por fim, Augusto Filho (1995) lembra que para se adotem medidas corretivas ou preventivas corretas, do ponto de vista técnico-econômico, é necessário identificar precisamente os fatores responsáveis pela movimentação. Nessas identificações, percebe-se que, em muitos casos, a principal causa não pode ser removida. Assim, a prevenção dá-se pela redução de seus efeitos de maneira contínua ou intermitente.

CAPÍTULO 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas de registro dos eventos pouco mudaram entre os dois períodos confrontados. Citam-se como exemplos a Vila Baiana e a Vila Júlia e os Morros da Cachoeira e do Engenho, que no trabalho inicial e também nesta atualização foram locais de registro constante desses eventos catastróficos, demonstrando que o Poder Público tem indicação das áreas que necessitam obras urgentes, de maneira a diminuir o sofrimento das populações afetadas e os prejuízos ao poder público.

Ainda que o nível anual seja bastante genérico para esse tipo de análise, notou-se que o período trabalhado nesta pesquisa apresentou alturas pluviais inferiores em quatro dos cinco postos avaliados, reforçando que o agravamento dos problemas ambientais estão mais diretamente relacionados ao uso da terra. Na escala mensal foram registrados no período mais recente da análise (1991 – 2001) montante de chuvas inferiores quando comparados com as alturas pluviométricas do período anterior (1965 – 1988).

Segundo o IPT (1981), as ocorrências de escorregamentos catastróficos estão associadas a episódios de chuvas superiores a 300 mm diários para o município vizinho de Santos. Por outro lado, constata-se que algumas alturas pluviométricas consideradas baixas, mas que provocam escorregamentos, estão associados à pluviosidade previamente acumulada no período chuvoso. Assim, a consideração a ser feita é em relação às chuvas intermitentes de longa duração, que criam condições de encharcamento e saturação do solo, que igualmente devem ser tomadas na análise.

O estudo de escorregamentos em geral pode ser organizado em 3 fases:

- Detecção e classificação;
- Monitoramento de deslizamentos em atividade;
- Análise e predição temporo-espacial (distribuição temporal e espacial) dos eventos.

Nesta pesquisa procurou-se identificar as ocorrências mais significativas ocorridas entre 1965 e 2001 (montantes e localização) e apontar as possíveis causas. Foram usadas escalas temporais distintas (anual, mensal e diário) de acordo com o assunto em foco. A base de dados consultada (COMDEC – Guarujá) não indicou a classificação dos eventos, mas mostrou quando e

onde eles aconteceram. O monitoramento das atividades correntes está sob cargo da Defesa Civil local junto com órgãos competentes através do PPDC. Numa tentativa de afinar a calibração no sentido de predição dos eventos foi feito uso de chuvas acumuladas de 4 dias, diferente dos 3 dias usados pelo plano de prevenção em vigência. A análise durante o período de 1991 a 2001 não mostrou padrões que pudessem justificar positivamente a vantagem de uso das acumuladas desta extensão. Por outro lado, foi decisivo quando da análise do padrão de chuvas frontais, que por serem de maior duração e influírem na saturação do solo, poderão ser usados para prevenção dos futuras ocorrências.

A análise da escala diária concentrou-se nos dois episódios de maior destaque no recorte considerado (1991-2001), ou seja, os 35 deslizamentos ocorridos em 25 de março de 1991 juntamente com os 60 registrados no dia 19 de fevereiro de 1993. Vale destacar que levantamentos posteriores não foram possíveis devido à falta de dados disponíveis nos postos pluviométricos de rede do DAEE a partir de junho de 2002. Gêneses de chuva distintas foram encontradas nas duas datas, comprovando que os locais (principalmente encostas de morros) são altamente suscetíveis a movimentos de massa deflagrados pela precipitação (convectiva ou frontal), potencializados pela ocupação desenfreada por setores menos favorecidos da população.

Segundo Young e Fusco (2006), a maioria dos assentamentos clandestinos e/ou ocupações subnormais apresentam-se na forma de aglomerados populacionais que ultrapassam 1000 habitantes. Tais ocupações têm colocado a maior parte da população em situação de risco (deslizamentos, entre outros). Estes riscos, associados à falta de infra-estrutura, serviços, atendimentos e remanejados adequados tornam essa população cada vez mais vulnerável, revelando uma profunda desigualdade social causada pelo processo de segregação e exclusão da maioria da população para as porções mais frágeis, insalubres e deterioradas, criando uma geografia que demarca claramente bairros de “qualificados e desqualificados”, mantendo ilusoriamente cada qual no seu espaço, com profundas diferenças na qualidade de vida, acesso a bens e serviços.

O planejamento urbano, seguem os autores, é um importante instrumento de ação que o poder público local dispõe para criar um ambiente urbano adequado ao desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida. Nesse sentido, ele pode propiciar uma ação consciente no processo de desenvolvimento. Entretanto, dentro da lógica local, essa ação será tanto mais eficaz quanto mais estiver apoiada na realidade e nos anseios da população de maneira integrada e,

fundamentalmente, nos recursos socioeconômicos e jurídicos à disposição do administrador municipal.

Por sua vez, Monteiro (1999) lembra que a compreensão do problema da desorganização dos espaços urbanos sob impactos pluviais concentrados requer montagens de estratégias bem mais complexas. Não poderá advir de enfoques setoriais: meteorológico, hidrológico, urbanístico, mas de todos eles integrados em um sistema cuja alta complexidade exige – do geógrafo – uma perspicácia para montar uma rede de investigação onde – malgrado a inevitável precariedade das fontes de informação – possam ser “pinçados” os mais variados informes capazes de produzir uma “aproximação” à compreensão do fenômeno em foco.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Deslizamentos catastróficos durante século XX

Ano	Local	Causa	Impacto
1911	Tajiquistão (antiga União Soviética)	Terremoto Usoy M = 7.4	Destruição de vila Usoy; 54 mortos
1919	Indonésia (Java)	Erupção do vulcão Kalut	5.110 mortos; 104 vilas destruídas ou danificadas
1920	China (Ningxia)	Terremoto Haiyuan	100.000 mortos; muitas vilas destruídas
1921	Tajiquistão (antiga União Soviética)	Derretimento neve	500 mortos
1933	China (Sichuan)	Terremoto Deixi M = 7.5	6.800 mortos por deslizamentos; 2.500 afogados quando a barreira de contenção rompeu
1939	Japão (Hyogo)	Chuva forte	505 mortos/desaparecidos; 130.000 habitações destruídas ou severamente danificadas pelos movimentos de massa e/ou inundações
1949	Tajiquistão (antiga União Soviética)	Terremoto Khait M = 7.5	12.000 a 20.000 mortos ou desaparecidos; 33 vilas destruídas
1953	Japão (Wakayama)	Chuva forte	460 mortos/desaparecidos; 4.772 habitações destruídas por movimentos de massa/inundações
1953	Japão (Kyoto)	Chuva forte	336 mortos/desaparecidos; 5.122 habitações destruídas por movimentos de massa/inundações
1958	Japan (Shizuoka)	Chuva forte	1.094 mortos/desaparecidos; 19.754 habitações destruídas por movimentos de massa/inundações
1962	Peru (Ancash)	x	4.000 a 5.000 mortos; maior parte da vila de Ranrahirca destruída
1963	Itália (Friuli-venezia-Griulia)	x	2.000 mortos; cidade de Longarone fortemente danificada; total de danos: US\$200 milhões em 1963
1964	United States (Alaska)	Terremoto Prince William Sound M = 9.4	Estimativa de danos US\$280 milhões em 1964

M = magnitude

Fonte: USGS. Adaptado pelo autor.

APÊNDICE A – Deslizamentos catastróficos durante século XX (continuação)

Ano	Local	Causa	Impacto
1965	China (Yunnan)	x	4 vilas; 444 mortos
1966	Brasil (Rio de Janeiro)	Chuva forte	1.000 mortos por deslizamentos e inundações
1967	Brasil (Serra das Araras)	Chuva forte	1.700 mortos por deslizamentos e inundações
1970	Peru (Ancash)	Terremoto M = 7.7	18.000 mortos; município de Yungay destruída; Ranrahirca parcialmente destruída
1974	Peru (Huancavelica)	x	Vila de Mayunmarca destruída, 450 mortos; rompimento da barreira de contenção de 150m de altura causando inundação
1980	Estados Unidos (Washington)	Erupção do Mount St. Helens	Maior escorregamento mundial em volume deslocado; somente 5 a 10 mortos devido evacuação, mas de maior dano causado
1983	Estados Unidos (Utah)	Derretimento neve e chuva forte	Destruição de estradas de ferro e rodovias; sem vítimas fatais
1983	China (Gansu)	x	237 mortos; soterramento de 4 vilas
1985	Colômbia (Tolima)	Erupção do Nevado del Ruiz	4 municípios e vilas destruídas; enchente no vale do rio Lagunillas matou mais de 20.000 na cidade de Armero
1986	Papua Nova Guiné	Terremoto Bairaman M = 7.1	Vila de Bairaman destruída por corrida de massa devido rompimento barragem; evacuação preventiva; paisagem local imensamente afetada
1987	Equador (Napó)	Terremoto Reventador M = 6.1 and 6.9	1.000 mortos; muitos quilômetros do oleoduto trans-equatorial e estradas destruídas; perda total: US\$ 1 bilhão em 1987
1994	Colômbia (Cauca)	Terremoto Paez M = 6.4	Diversos municípios parcialmente destruídos pelo movimento de massas; 271 mortos; 1.700 desaparecidos; 158 feridos; 12.000 desalojados
1998	Honduras, Guatemala, Nicarágua, El Salvador	Furacão Mitch	Cerca de 10.000 mortos na inundação e deslizamentos na região. Vulcão Casitas em Nicarágua causa grandes corridas de massa

M = magnitude

Fonte: USGS. Adaptado pelo autor.

APÊNDICE B – Índices pluviométricos (em mm) entre 1955 e 1999

Postos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
E3-041	390	393	396	288	207	156	168	147	252	301	283	338
E3-043	282	257	287	224	179	136	128	112	174	189	181	239
E3-045	276	289	307	207	155	106	116	88	140	177	183	243
E3-070	281	258	286	195	153	113	109	90	140	177	167	234
E3-106	347	308	279	253	154	96	114	108	186	211	199	264
Média Histórica	315	301	311	233	169	122	127	109	179	211	203	264

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

APÊNDICE C – Chuvas anuais

	1965 a 1988 (pluviosidade em mm)				
	Estações Pluviométricas - DAEE				
	E3-041	E3-043	E3-045	E3-070	E3-106
Ano	Total	Total	Total	Total	Total
1965	3486	3156	2685	2930	3285
1966	2265	3200	3152	3404	3440
1967	2503	2495	2711	2711	3381
1968	2699	1674	1561	1561	2699
1969	1784	2499	1972	1868	2436
1970	3186	2180	2015	2097	1436
1971	3033	2200	2178	1996	2712
1972	3122	2261	2167	1760	3951
1973	3699	2964	2712	2587	4466
1974	2708	2057	1750	1452	2734
1975	3944	2511	2318	2051	3683
1976	4124	2890	2733	2591	5318
1977	3055	2866	2331	2106	2834
1978	2284	2011	2319	2200	1318
1979	3369	1908	2480	2168	2545
1980	2791	2232	2372	2307	1771
1981	3069	1979	2040	2005	2481
1982	3376	2136	2255	2380	3286
1983	4099	2784	3180	3134	2546
1984	2756	1373	1717	1601	2011
1985	2913	1840	1834	1902	2023
1986	4497	2867	2988	2898	1555
1987	3319	1974	2271	2210	2327
1988	4564	2513	2653	2573	3284
Média	3194	2357	2350	2270	2813
1965-1988	2597				
Histórica	2543				
Variação (+)	2,1%				

	1990 a 1998 (pluviosidade em mm)				
	Estações Pluviométricas - DAEE				
	E3-041	E3-043	E3-045	E3-070	E3-106
Ano	Total	Total	Total	Total	Total
1991	3579	2320	1999	2028	1168
1992	3899	2195	1915	1649	1972
1993	4179	2552	1995	1892	1455
1994	3584	2086	2047	2025	1469
1995	4310	2350	2938	2928	1422
1996	3351	2275	2295	2136	3361
1997	2843	1540	1859	1883	1669
1998	3334	2032	2210	2056	1552
1999	3375	1834	2315	2084	2811
Média	3606	2132	2175	2076	1875
1991-1999	2373				
Histórica	2543				
Variação (-)	6,7%				

Diferença percentual entre os dois períodos
(segundo período em relação ao primeiro)

E3-041	E3-043	E3-045	E3-070	E3-106
+13%	-11%	-8%	-9%	-33%

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

APÊNDICE D – Precipitação nos meses de maior ocorrência

	Março 1991 76 ocorrências	Fevereiro 1993 80 ocorrências
Posto: E3-041		
Chuva	890 mm	600 mm
Média Histórica	400 mm	400 mm
Posto: E3-043		
Chuva	520 mm	260 mm
Média Histórica	290 mm	260 mm
Posto: E3-045		
Chuva	580 mm	300 mm
Média Histórica	300 mm	290 mm
Posto: E3-070		
Chuva	580 mm	290 mm
Média Histórica	290 mm	290 mm
Posto: E3-106		
Chuva	420 mm	190 mm
Média Histórica	280 mm	300 mm

Fonte: SIGRH. Tabela organizada pelo autor.

APÊNDICE E – Contribuição mensal de precipitação (mm) dos anos de 1991 e 1993

Mês	1991	%	1993	%
Jan	225	10%	328	14%
Fev	259	12%	327	14%
Mar	600	27%	382	16%
Abr	125	6%	193	8%
Mai	111	5%	233	10%
Jun	169	8%	117	5%
Jul	82	4%	67	3%
Ago	71	3%	53	2%
Set	120	5%	288	12%
Out	202	9%	129	5%
Nov	97	4%	111	5%
Dez	159	7%	187	8%
Total	2219	100%	2415	100%

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

APÊNDICE F – Precipitação mensal (mm) por posto pluviométrico

Mês	Posto	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Fev	E3-070	226	37	292	360	534	255	26	350	279
	E3-045	226	70	298	295	481	415	26	487	324
	E3-041	375	166	600	721	694	564	42	615	392
	E3-106	204	12	188	351	313	939	49	356	392
	E3-043	265	22	257	295	269	365	26	372	244
	Média	259	61	327	405	458	508	34	436	326
Mar	E3-070	580	151	290	434	398	555	80	234	190
	E3-045	580	135	310	423	434	555	80	220	270
	E3-041	890	238	679	503	437	692	169	404	247
	E3-106	423	167	161	222	84	261	65	166	247
	E3-043	526	138	470	377	95	570	89	202	184
	Média	600	166	382	392	290	527	97	245	228

Dados ausentes

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

APÊNDICE G – Ocorrências de El Niño

Legenda	Anos	Anos (cont.)
Forte	1877 - 1878	1953
Moderado	1888 - 1889	1957 - 1959
Fraco	1896 - 1897	1963
	1899	1965 - 1966
	1902 - 1903	1968 - 1970
	1905 - 1906	1972 - 1973
	1911 - 1912	1976 - 1977
	1913 - 1914	1977 - 1978
	1918 - 1919	1979 - 1980
	1923	1982 - 1983
	1925 - 1926	1986 - 1988
	1932	1990 - 1993
	1939 - 1941	1994 - 1995
	1946 - 1947	1997 - 1998
	1951	

Fonte: CPTEC – INPE. Adaptado pelo autor.

APÊNDICE H - Participação diária das chuvas acumuladas nos eventos

Data	24hs (mm)	48hs (mm)	72hs (mm)	96hs (mm)	Total (mm)	24hs	48hs	72hs	96hs	Total	
25/03/91	9	25	47	34	114	7%	22%	41%	30%	100%	E3-043 Perequê
	36	28	22	36	122	29%	23%	18%	30%	100%	E3-106 Bertioga
	14	71	110	86	281	5%	25%	39%	31%	100%	E3-041 Caetês
	10	60	40	80	189	5%	32%	21%	42%	100%	E3-045 V.Carvalho
	48	27	40	55	169	28%	16%	23%	32%	100%	E3-070 Ponta Praia
19/02/93	0	0	24	13	36	0%	0%	65%	35%	100%	E3-043 Perequê
	0	10	13	7	30	0%	34%	44%	22%	100%	E3-106 Bertioga
	75	0	0	9	84	89%	0%	0%	11%	100%	E3-041 Caetês
	135	0	0	0	136	100%	0%	0%	0%	100%	E3-045 V.Carvalho
	0	0	13	0	13	0%	0%	100%	0%	100%	E3-070 Ponta Praia

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

APÊNDICE I – Participação anual das chuvas acumuladas nos eventos

	24hs (mm)	48hs (mm)	72hs (mm)	96hs (mm)	Total (mm)	24hs	48hs	72hs	96hs	Total
1991	643	541	307	483	1974	33%	27%	16%	24%	100%
1992	354	289	166	27	835	42%	35%	20%	3%	100%
1993	500	329	81	206	1117	45%	29%	7%	18%	100%
1994	302	256	23	106	687	44%	37%	3%	15%	100%
1995	742	495	252	187	1675	44%	30%	15%	11%	100%
1996	368	298	268	59	992	37%	30%	27%	6%	100%
1997	108	99	112	37	357	30%	28%	31%	10%	100%
1998	404	237	135	102	878	46%	27%	15%	12%	100%
1999	367	348	179	93	988	37%	35%	18%	9%	100%
2000	1029	504	274	43	1849	56%	27%	15%	2%	100%
2001	219	228	331	277	1056	21%	22%	31%	26%	100%

Fonte: SIGRH – Elaborada pelo autor.

APÊNDICE J – Distribuição dos eventos (1965 a 1988)

Local	Período	Eventos
Morro da Glória	1966 a 1983	15
Vila Sônia	1978 a 1983	10
Vila Júlia	1973 a 1988	10
Vila Baiana	1978 a 1988	9
Morro do Pitiú	1973 a 1988	6
Morro do Tejereba	1966 a 1982	5
Rodovia Guarujá - Bertioga	1965 a 1986	5
Vila Cachoeira	1978 a 1986	4
Morro do Botelho	1970 a 1985	4
Morro das Astúrias	1976 a 1977	2
Morro do Engenho	1987	2
Vila Maia	1965 a 1966	2
Estrada do Guaiúba	1973	2
Estrada do Iporanga	1972	1
Vila Zilda	1978	1
Outros	1969 a 1976	3

Fonte: GOVERNO DO ESTADO, 1989.

APÊNDICE K – Distribuição dos eventos (1991 a 2001)

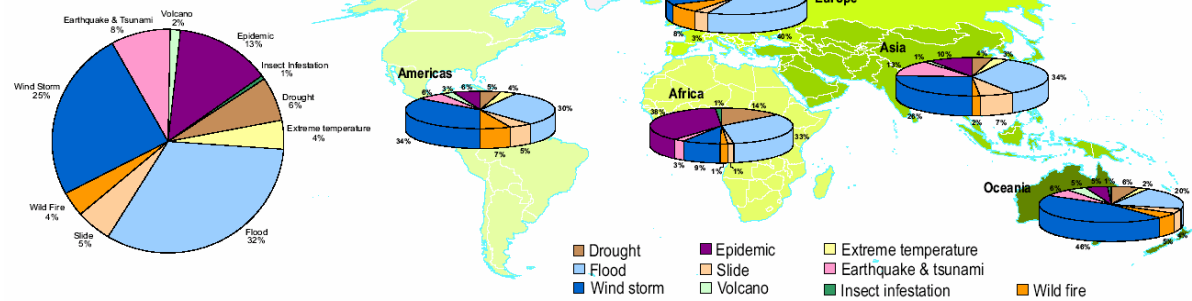
Local	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Total local
Vila Baiana	49	13	38	3	13	9	4	9	18	13	2	171
M. da Cachoeira	3	3	18	1	7	6	0	5	4	10	5	62
M. do Engenho	6	2	21	3	5	2	2	1	4	9	0	55
Vale da Morte	15	0	4	1	0	1	0	2	6	0	0	29
Vila Edna	1	3	6	1	1	1	0	1	4	2	0	20
Morro Santa Luzia	0	0	0	0	0	0	0	11	5	2	2	20
Jardim Três Marias	1	4	3	0	3	0	1	0	2	5	0	19
Morro do Bui	11	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	13
Vila Júlia	5	0	2	0	0	4	0	1	0	0	0	12
M. do Sorocotuba	0	1	0	0	2	0	0	1	0	3	1	8
Vila Maia	1	0	1	0	3	2	1	0	0	1	0	9
Túnel	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	8
M. do Botelho	0	0	1	1	0	3	1	0	0	0	0	6
Praia do Góes	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2	0	5
Morro do Pitiú	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	5
Asa Delta	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	4
Barreira João Guarda	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	4
Jardim Las Palmas	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
Barra Funda	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
Km 08	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Sobre as Ondas	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3
Serra do Guarurú	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	3
M. do Tegereba	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Morro do Outeiro	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
S. Cruz dos Naveg.	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
S. de Santo Amaro	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
Av. Puglise	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
Est. De Pernambuco	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
Km 14,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Ponta das Galhetas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Rua Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Rua do Contorno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Morro do Vigia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Cachoeira	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Km 14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Morro da Península	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Nova Pereque	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Usina da Emurg	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Atrás da Delegacia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Km 13,5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Morro do Monduba	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Estr. de Santa Cruz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Mirante da Enseada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total anual	97	29	106	11	46	32	11	37	49	64	14	496

Fonte: COMDEC Guarujá. Tabela organizada pelo autor.

ANEXOS

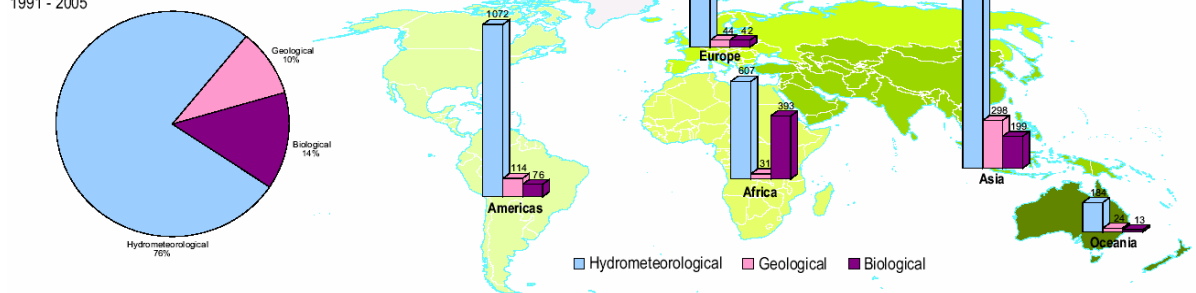
ANEXO A – Distribuição mundial dos desastres por tipologia

World distribution of disasters by type
1991 - 2005



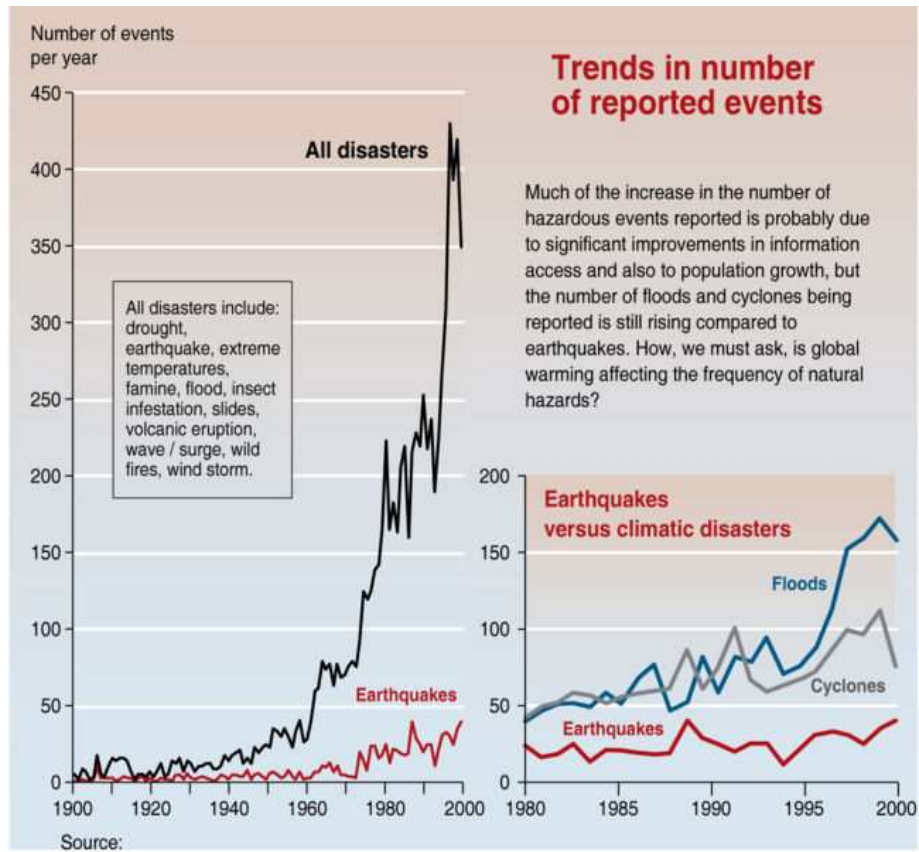
Regional distribution of natural disasters by origin
1991 - 2005

World distribution of disasters by origin
1991 - 2005



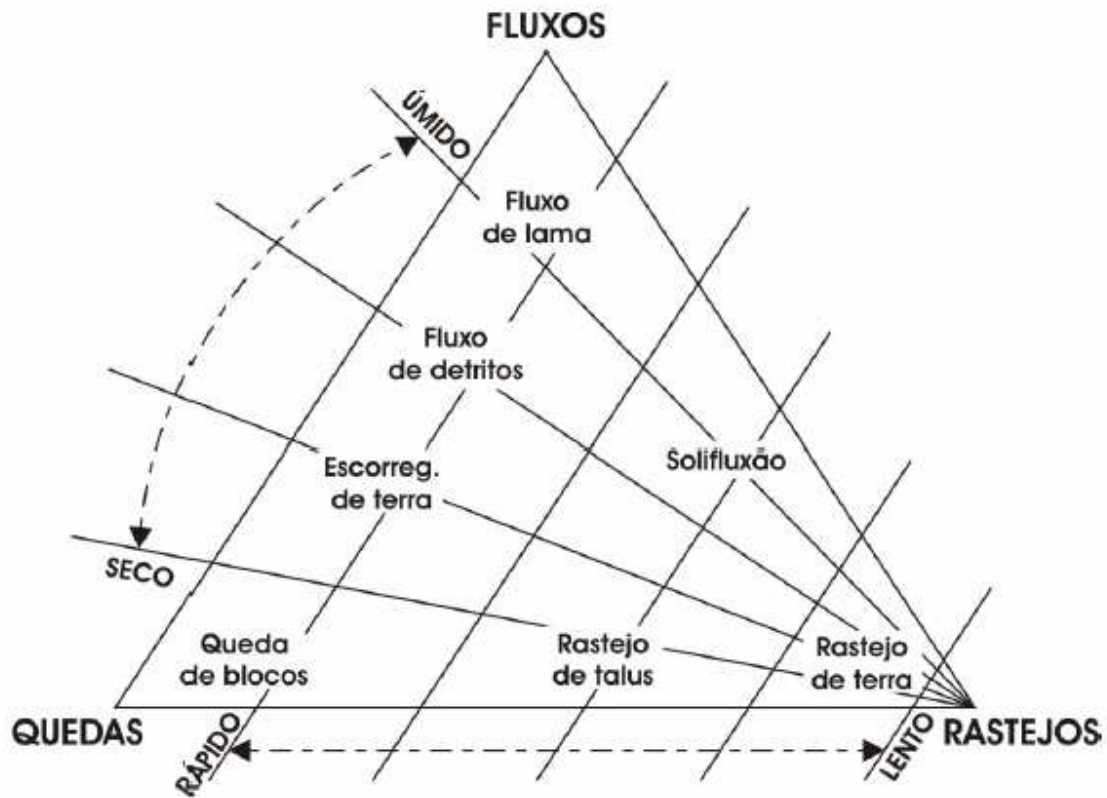
Fonte: EM-DAT

ANEXO B - Tendência dos eventos desastres naturais



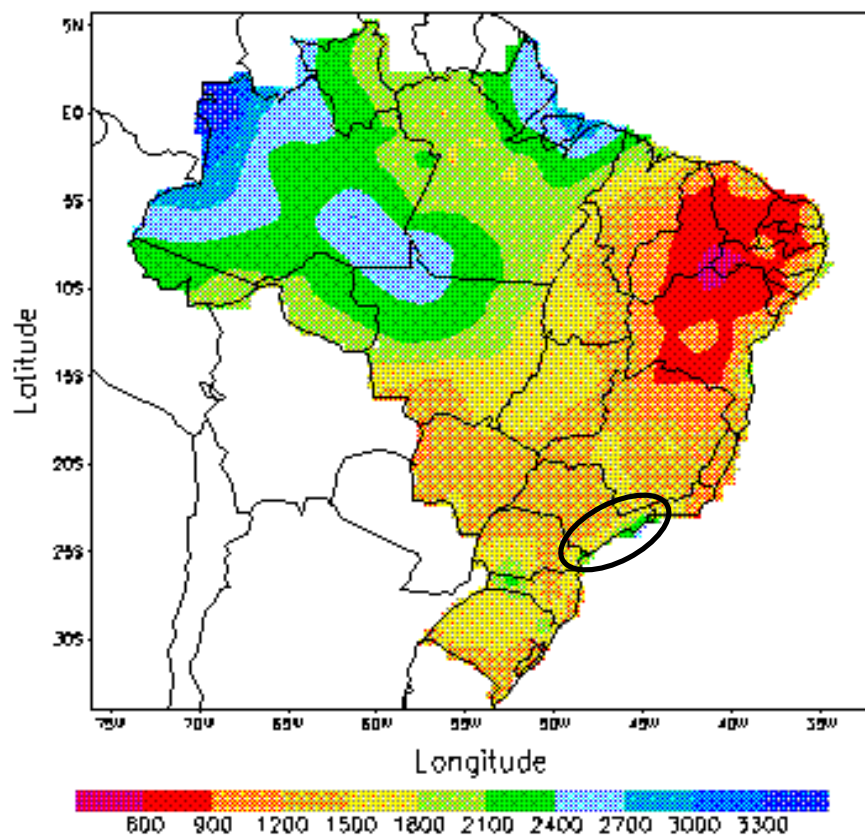
Fonte: UNEP.

ANEXO C – Classificação de movimentos de massa



Fonte: MARCELINO, 2004.

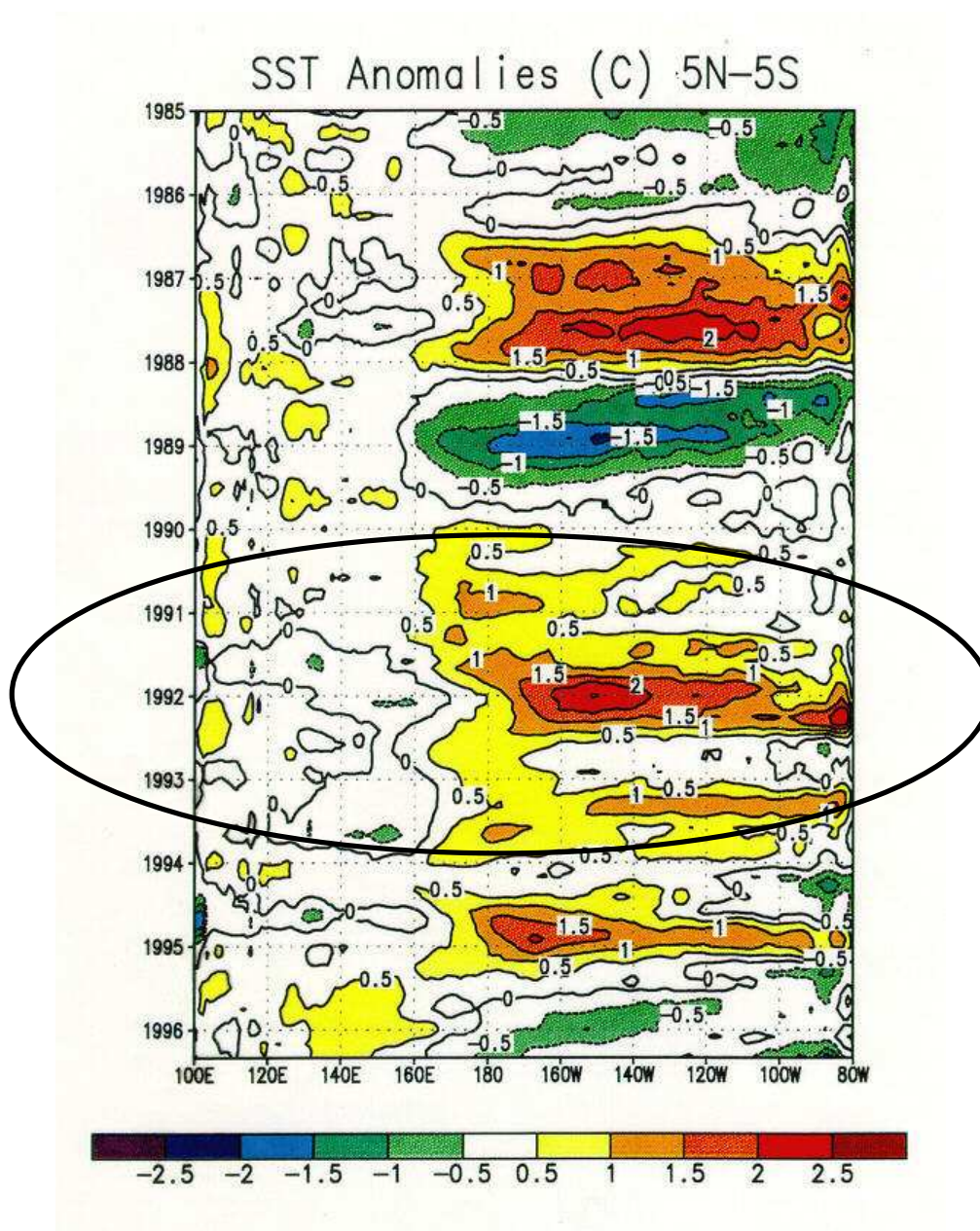
ANEXO D – Precipitação anual acumulada (mm) entre 1961 a 1990



Escala 1:56.250.000

Fonte: INMET.

ANEXO E - Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico, de 1985 a 1995



Sea Surface Temperature – SST

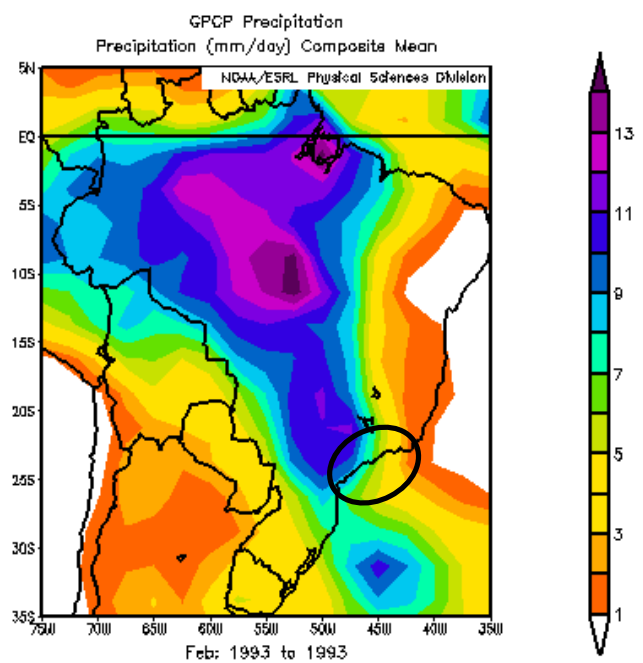
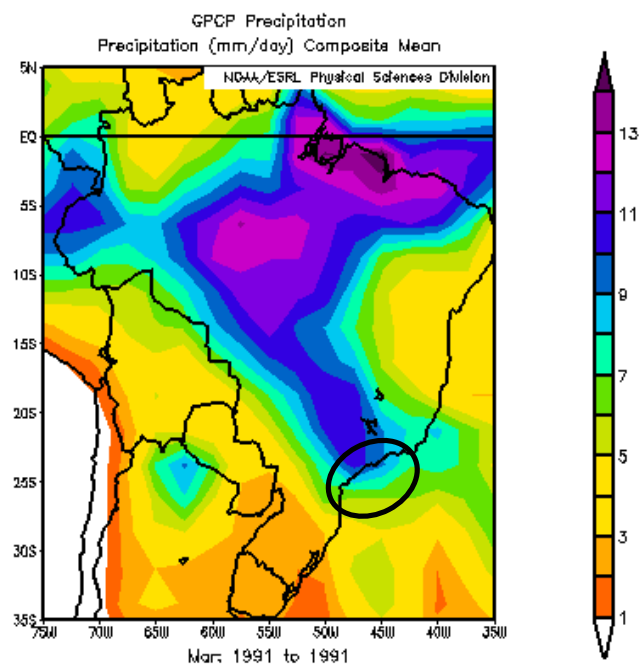
Fonte: CPTEC – INPE. Adaptado pelo autor.

ANEXO F – Efeitos do El Niño



Fonte: CPTEC – INPE.

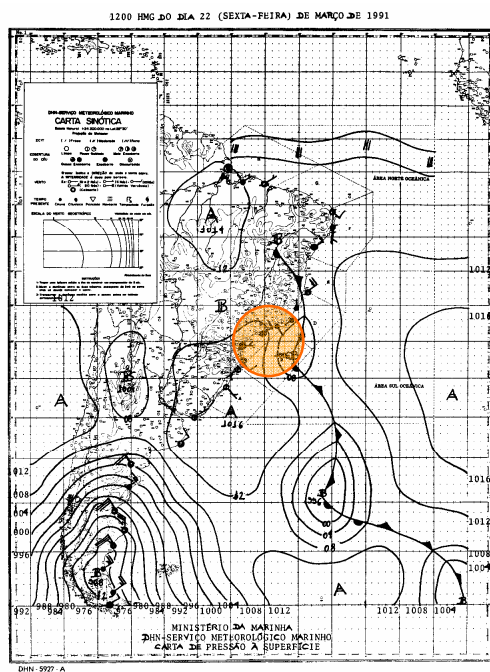
ANEXO G – Anomalia de precipitação nos meses de março de 1991 e fevereiro de 1993



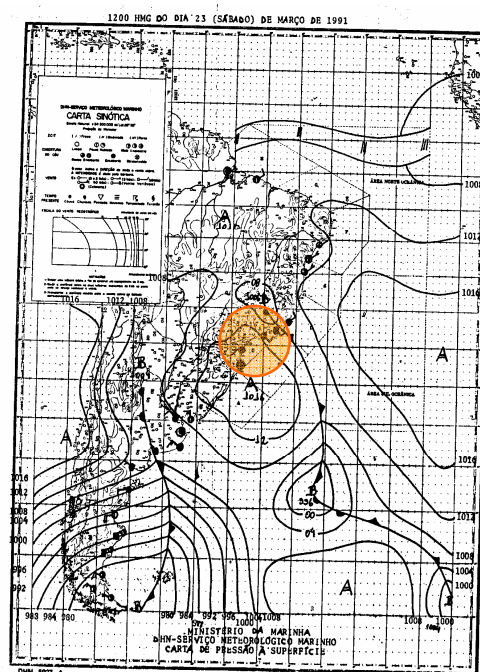
Fonte: CDC / NOAA.

ANEXO H – Cartas sinóticas de 22 a 25 março de 1991

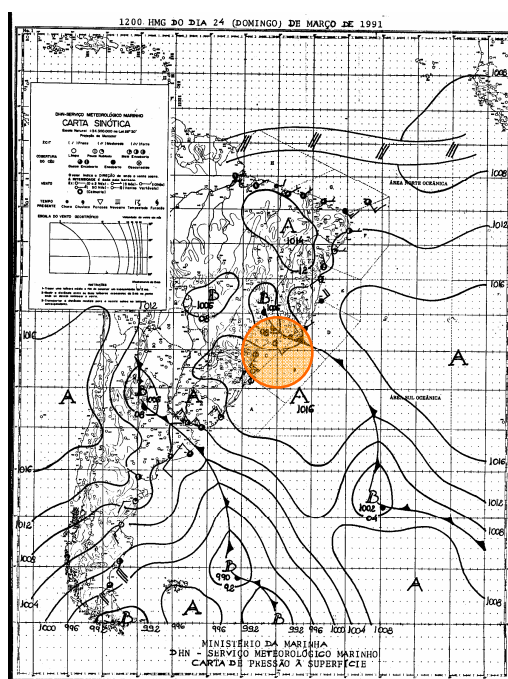
22 março 1991



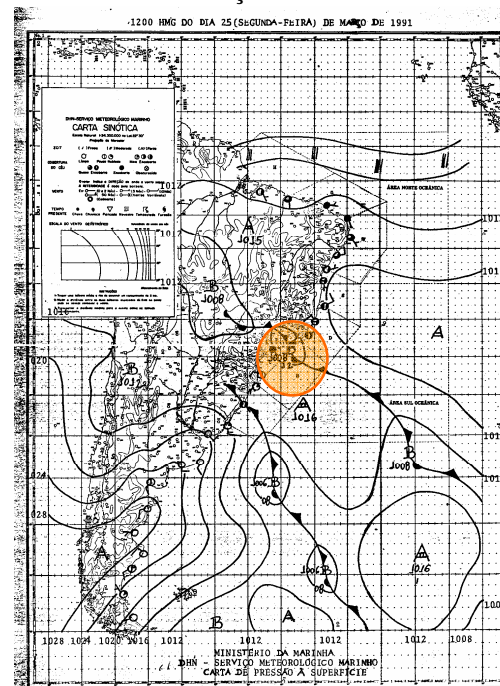
23 março 1991



24 março 1991



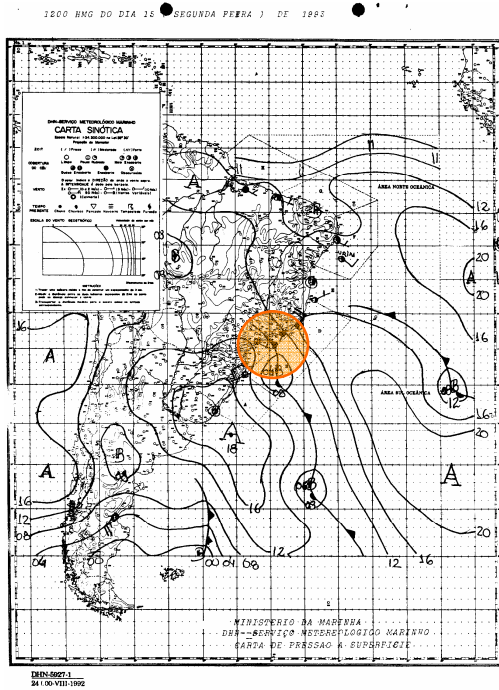
25 março 1991



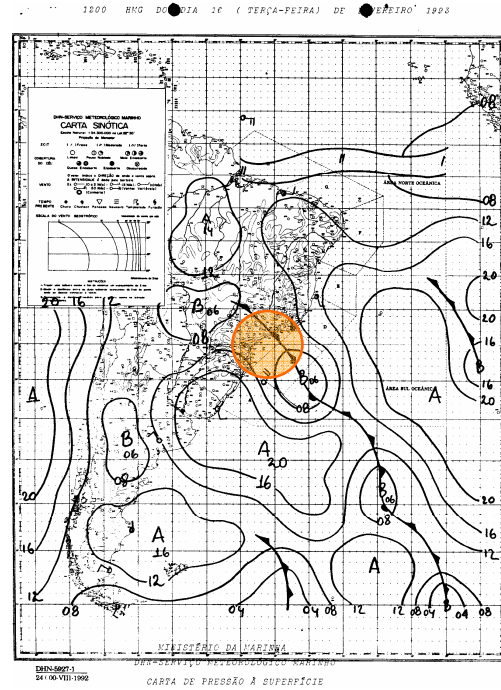
Fonte: Marinha do Brasil. Adaptado pelo autor.

ANEXO I – Cartas sinóticas de 15 a 19 fevereiro de 1993

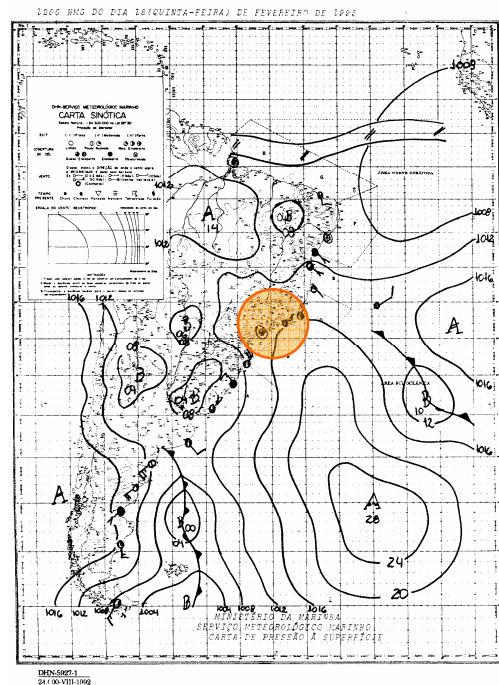
15 fevereiro 1993



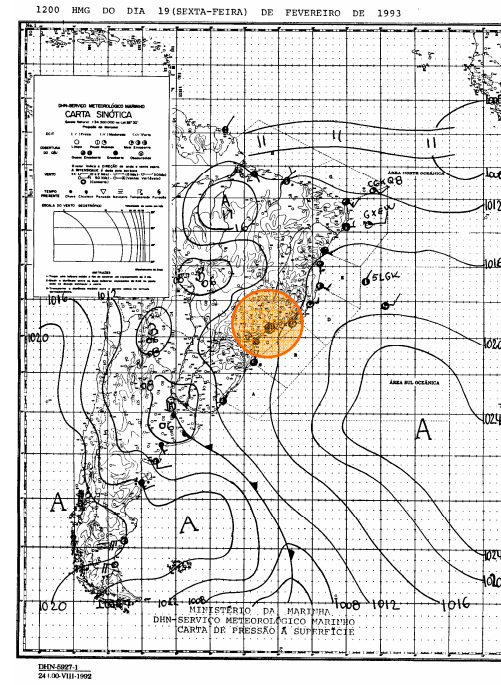
16 fevereiro 1993*



18 fevereiro 1993



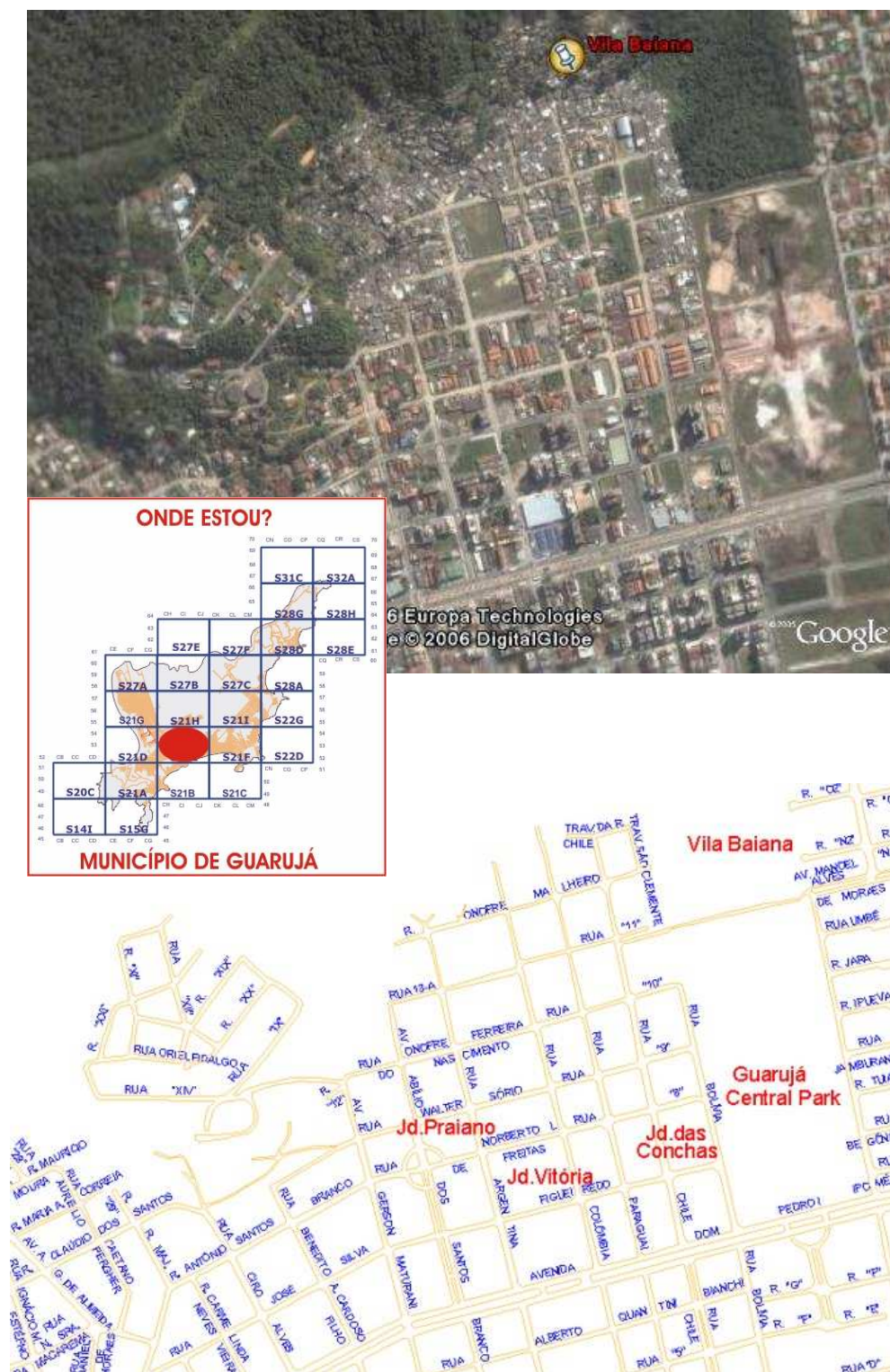
19 fevereiro 1993



*17 de fevereiro não disponível.

Fonte: Marinha do Brasil. Adaptado pelo autor.

ANEXO J – Vista e localização da Vila Baiana



Fontes: AGEM e GOOGLE EARTH. Figura organizada pelo autor.

ANEXO K – Fotos da Vila Baiana



Fonte: COMDEC - Guarujá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M.F.P.; SILVA FILHO, F.C.; ALMEIDA, M.S.S. Análise de movimentos em encostas naturais através de monitoramento por instrumentação – caso Coroa Grande – RJ. *Rev. Tecnologia, Fortaleza*, v. 26, n. 1, p. 46-71, 2005.

Disponível em: <http://www.unifor.br/notitia/file/1056.pdf>. Acesso em: 08 maio 2007.

AUGUSTO FILHO, O. 1992. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: ABMS/ABGE. p. 721-733.

AUGUSTO FILHO, O. 1995. Escorregamentos em encostas naturais e ocupadas: análise e controle, Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia: IPT, Divisão de Geologia. *Série Meio Ambiente*.

AYALA, I.A. Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Investigaciones Geográficas, *Boletín del Instituto de Geografía*, Universidad Nacional Autónoma de México, n. 41, 2000. Disponível em:

<http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/boletin/bol41/b41art1.pdf>.

Acesso em: 17 maio 2007.

CANDIDO, D.H. *Relação entre precipitação e altimetria na área entre o vale do Rio Tietê e a Serra da Mantiqueira*. Campinas, 2002. Monografia de conclusão de curso, Instituto de Geociências – Universidade Estadual de Campinas.

CARRIÇO, J.M. *Legislação Urbanística e Segregação Espacial nos Municípios da Região Metropolitana da Baixada Santista*. São Paulo, 2002. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo.

COLLISCHONN, W. Alguns Fundamentos de Hidrologia. Apostila Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005. Disponível em: <http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/HIDP%2086/apostila%203%20Precipita%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 19 maio 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed., São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 185p.

CONTI, J.B. *Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista*. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo. 1975. 82 p. (Série Teses e Monografias, 18).

CRUZ, O. *A Serra do Mar e o Litoral na área de Caraguatatuba: contribuição à geomorfologia tropical litorânea*. São Paulo: Instituto de Geografia – Universidade de São Paulo. 1974. 181p.

DE PLOEY, J. *The ambivalent effects of some factors of erosion*. Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain, t. XXXI, pp. 171-181, 1981.

DIAS, F.P.; HERRMANN, M.L.P. *Análise da Susceptibilidade a Deslizamentos no Bairro Grande, Florianópolis, SC*. Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra, Vol. 21 (1): 91-104, 2002. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

GALINA, M.H., PEREIRA FILHO, A.J., FERNANDES, C.A.S., SILVA, F.D.S. 2006. Caracterização de Eventos Meteorológicos associados a Movimentos Gravitacionais de Massa no Município de Guarujá – Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA: OS CLIMAS E A PRODUÇÃO DO ESPAÇO NO BRASIL, 7, 2006, Rondonópolis. *Anais*, Rondonópolis: UFMT. 2006. CD-ROM.

GOVERNO DO ESTADO. *Carta Geotécnica do Município de Guarujá*. São Paulo: Instituto Geológico - Secretaria do Meio Ambiente - Instituto de Pesquisas Tecnológicas - Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico. São Paulo, 1989.

GUERRA, A.T. *Dicionário Geológico - Geomorfológico*. Rio de Janeiro: Secretaria de Planejamento da Presidência da República; Fundação IBGE, 1980. 446p.

GUIDICINI, G.; IWASA, O.Y. *Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido*. Publicação n. 1080, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1976. Texto original do trabalho apresentado no Simpósio “Landslides and other mass movements” da International Association for Engineering Geology, 15-16 setembro 1977, Praga, Checoslováquia.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). *Ocupação de encostas*, São Paulo, 1991. 217p.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). *Identificação e cadastramento preliminar das casas e áreas críticas quanto a escorregamentos nos morros de Santos*. Relatório IPT, (14.738), 1981.

KELLER, E.A. *Environmental Geology*. Prentice-Hall, UK, 562 p. 2000.

MARCELINO, E. de O. *Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto*. São José dos Campos, 2004. 228p. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos – São Paulo.

MARCELINO, E de O., NUNES, L.H., KOBAYAMA, M. Banco de dados de Desastres Naturais: análise de dados globais e regionais. *Caminhos de Geografia - Revista on line*, v.7, n.19, p. 130-149, out. 2006 (<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.htm>).

MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco*. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – UFSC. 2003. CD-ROM.

MONTEIRO, C.A.F. *O estudo geográfico do clima*. Cadernos Geográficos, n.1, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Geociências, 72p. 1999.

NUNES, L.H. *Impacto Pluvial na Serra do Paranapiacaba e Baixada Santista*. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo, 1990.

NUNES, L.H.; MODESTO, R.P. *Pluviometria e Problemas Ambientais No Município do Guarujá*. Revista do Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 10, p. 59-71, 1996.

NUNES, L.H.; MODESTO, R.P. *Comportamento pluviométrico nos municípios atendidos pelo Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC*. Rev. Instituto Geológico. São Paulo, 13(1), p. 47-57, jan./jun. 1992.

OLIVEIRA, M.L.J; VIDAL-TORRADO, P; OTERO, X.L e FERREIRA, J.R. *Mercúrio Total em Solos de Manguezais da Baixada Santista e Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo*. Revista Quim. Nova, v.30, p.519-524, 2007. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000300003&script=sci_arttext&tlng=pt.
Acesso em: 01 outubro 2007.

PACHECO, M.P. *Monitoramento Ambiental: Uma Estratégia para Minimização de Desastres Naturais*. Instituto Politécnico – Universidade Estadual do Rio de Janeiro. 2005. Disponível em:
<http://www.iprj.uerj.br/figuras/MonitoramentoAmbiental.pdf>. Acesso em: 19 março 2006.

PENTEADO, M.M. *Fundamentos de Geomorfologia*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1980. 185p.

PELLING, M. *Natural Disasters and Development in a Globalizing World*. London: Routledge, 2003, 272p.

PISANI, M.A.J. *Áreas de risco (associado a escorregamentos) para a ocupação urbana: detecção e monitoramento com o auxílio de dados de sensoriamento remoto via orbital*. São

Paulo, 1998. 188p. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Civil - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PRIMAC - Programa Regional de Identificação e Monitoramento de Áreas Críticas de Inundações, Erosões e Deslizamentos. Projeto financiado com recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Novembro. 2002.

SANTOS, A. R. *A Grande Barreira da Serra do Mar: da Trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes*. O Nome da Rosa, 2004. 122p.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE – Instituto Geológico. *Diretrizes para a regeneração sócio-ambiental de áreas degradadas por mineração de saibro (caixas de empréstimo)*, Ubatuba, SP. 2004

SERRANO, F.E. *Assentamentos subnormais em Guarujá*. Trabalho para o curso de pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo, abr. 1987.

SMITH, K. *Environmental hazards. Reducing risk and reducing disaster*. London: Routledge. 2006. 250p.

SILVEIRA, J. D. (1964) Morfologia do litoral. In: AZEVEDO, A. (ed.) *Brasil: a terra e o homem*. São Paulo, Cia. Editora Nacional, p. 253-305, 1965.

SOUZA JR, S.B.; SATYAMURTY, P.; NUNES, L.H. e SOUSA, A.J. da S. *Chuva intensa no setor sul do sudoeste brasileiro: o caso de 1967 em Caraguatatuba*. XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007. Aracaju, Sergipe, 5p. CD-ROM.

TOBIN, G.A; MONTZ, B.E. *Natural hazards: explanation and integration*. New York: The Guilford Press, 1997. 382p.

VAZ, L.Z. Apostila de Geologia Ambiental. Instituto de Geociências – Universidade Estadual de Campinas, 2003. Disponível em:

www.ige.unicamp.br/site/arquivos/20030523123226-Apostila%20Prof.%20VAZ.doc.

Acesso em: 25 abril 2007.

VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T., orgs. *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 280p.

YOUNG, A.F.; FUSCO, W. *Espaços de Vulnerabilidade Sócio-ambiental para a População da Baixada Santista: identificação e análise das áreas críticas*. Disponível em:

http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_373.pdf.

Acesso em: 29 março 2007.

BIBLIOGRAFIA

ABBOT, P.L. *Natural Disasters*. San Diego State University, USA, WCB. 1996. 438p.

EYLES, R. J. *Slip-triggering rainfalls in Wellington City, New Zealand*. New Zealand Journal of Science, Vol.22, p.117-121, 1979.

FUKUOKA, M. *Landslides associated with rainfall*. Geotechnical Engineering, 11:1, 1980.

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

Instituto Florestal (IF) – DERSA - Prefeitura Municipal de Cubatão - CETESB. *Relatório sobre as invasões e ocupação urbana das encostas da Serra do Mar ao longo da via Anchieta*. Agosto, 1983.

NUNES, L.H.; GUTJAHR, M.R.; PEREIRA, P.R.B.; TAVARES, R. *Os estudos climáticos na análise ambiental em meio tropical úmido*. , Instituto Geológico – Secretaria do Meio Ambiente – SP, 1994.

NUNES, L.H.; MODESTO, R.P. *Pluviometria e problemas ambientais no município do Guarujá*. Revista do Departamento de Geografia – USP. Vol.10, 1996.

ONODERA, T. YOSHINAKA, R. & KAZAMA, H. *Slope failures caused by heavy rainfall in Japan*. Engineering Geology. Vol. 2, 1974.

STERNBERG, H.R. Enchentes e movimentos coletivos do solo no Vale do Paraíba em dezembro de 1948 – Influência da exploração destrutiva das terras. Revista Brasileira de Geografia – XI (2):223 – 262, Abril-Junho, 1949.

FONTES DE CONSULTA

Agencia Metropolitana da Baixada Santista

<http://www.agem.sp.gov.br/>

CEDEC – Coordenação Estadual de Defesa Civil

<http://www.defesacivil.sp.gov.br/indice.php3>

COMDEC Guarujá - Comissão Municipal de Defesa Civil

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e estudos Climáticos

http://www.cptec.inpe.br/clima/monit/monitor_brasil.shtml

CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

<http://www.cred.be/>

DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica

<http://www.daee.sp.gov.br/>

Dartmouth College – Hanover – New Hampshire - USA

<http://www.dartmouth.edu/~floods/archives/>

Defesa Civil do Município de São Paulo

<http://sampa3.prodam.sp.gov.br/comdec/index.html>

DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A.

<http://www.dersa.sp.gov.br/>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/>

EM-DAT – Emergency Disasters Data Base

<http://www.em-dat.net/>

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano

CDROM - Sumário de Dados da Região Metropolitana Baixada Santista - 1997

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

<http://www.seade.gov.br>

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

<http://www.fao.org/>

Fotos antigas do Município de Guarujá

<http://www.novomilenio.inf.br/guaruja/index.html>

História das Estradas

http://www.estradas.com.br/histrod_anchieta.htm

IAEG – International Association of Engineering Geology

<http://www.iaeg.info/>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CDROM - Mapa Índice do Brasil

Mapeamento Geral do Brasil – Primeira Edição

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

<http://www.ibge.gov.br>

ICL – International Consortium on Landslides

<http://icl.dpri.kyoto-u.ac.jp/>

IG – Instituto Geológico

<http://www.igeologico.sp.gov.br/>

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico

<http://www.planejamento.sp.gov.br/home/igc/>

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

<http://www.inmet.gov.br/>

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

<http://www.inpe.br/>

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

<http://www.ipt.br/>

ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction

<http://www.unisdr.org/>

ISRM – International Society for Rock Mechanics

<http://www.isrm.net/>

ISSMGE – International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

<http://www.issmge.org/home/index.asp?sid=296&mid=1>

IUGS – International Union of Geological Sciences

<http://www.iugs.org/>

Jornal – A Tribuna

<http://atribunadigital.globo.com/>

Jornal – Folha de São Paulo

<http://www1.folha.uol.com.br/folha/arquivos/>

Jornal – O Estadão

<http://www.estado.estadao.com.br/search/form-jornal.html>

NCEP – National Centers for Environmental Prediction

<http://www.ncep.noaa.gov/>

NOAA – National Ocean & Atmospheric Administration

<http://www.noaa.gov/>

OEA – Organização dos Estados Americanos

<http://www.oas.org/main/portuguese/>

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

<http://www.pbh.gov.br/siga/habitacao/risco.htm>

Prefeitura Municipal de Guarujá

<http://www.guaruja.sp.gov.br/>

Prevenção

<http://www.blumenau.sc.gov.br/defesa/deslizamento.htm>

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

<http://www.seade.gov.br/>

Secretaria Nacional de Defesa Civil

<http://www.defesacivil.gov.br/index.asp>

SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos

<http://www.sigrh.sp.gov.br>

Site turístico de Guarujá

<http://www.guaruja.com.br/>

SMA – Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo

<http://www.ambiente.sp.gov.br/>

UNEP – United Nations Environment Programme

<http://www.unep.org/>

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

<http://portal.unesco.org/>

UNU – United Nations University

<http://www.unu.edu/>

WHO – World Health Organization

<http://www.who.int/en/>

WMO – World Meteorological Organization

<http://www.wmo.ch/>