

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

IRAMAYA SEPULCRI SALAROLI

**MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES:
INVENTÁRIO, CARACTERIZAÇÃO E INDICATIVOS DE UM MODELO
COMPORTAMENTAL**

VITÓRIA
2003

IRAMAYA SEPULCRI SALAROLI

**MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES:
INVENTÁRIO, CARACTERIZAÇÃO E INDICATIVOS DE UM MODELO
COMPORTAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental, área de concentração em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Vello Loureiro

VITÓRIA

2003

IRAMAYA SEPULCRI SALAROLI

**MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES:
INVENTÁRIO, CARACTERIZAÇÃO E INDICATIVOS DE UM MODELO
COMPORTAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental, área de concentração em Gestão Ambiental.

Aprovada em 01 de setembro de 2003.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Reginaldo Vello Loureiro
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. João Eduardo Addad
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Frederico Garcia Sobreira
Universidade Federal de Ouro Preto

Agradeço primeiramente aos meus pais por terem me propiciado a descoberta do meu amor pela geologia. Ao Engº Elton Gomes, pela oportunidade de ingresso no mercado de trabalho. Ao meu marido Sandro, pelo apoio na realização deste mestrado. Ao meu gato João, pela companhia freqüente nas horas passadas em frente ao computador.

Às vítimas dos movimentos de massa do município de Vitória:

Morro da Capixaba (Junho de 1999):

- *Keltry de Jesus Santos (5 anos)*
- *Hodillânia de Jesus Santos (1 ano e 10 meses)*

Morro do Jaburu (Fevereiro de 1996):

- *Adeilson Coutinho Sobrinho (19 anos)*

Bairro Consolação (Agosto de 1986):

- *Elizete Maria Trancoso (19 anos)*
- *Cláudio Amante Ferreira (17 anos)*
- *Renilton Luiz Trancoso (14 anos)*
- *Maxsuel Brabosa Miranda (14 anos)*

Morro do Macaco (Janeiro de 1985):

- *Geraldo Vieira, Alcemir Fortunato, Maria Alice dos Santos, Rosa Fortunato, Jair Fortunato, Maria Auxiliadora Viana Salles, Jean Carlos Viana Salles, Vanessa Viana Salles, Nilson Soares Viana, Arlinda Costa, Fernando Tonon, Ely Maria Pires Santos;*
- *Às vítimas resgatadas que não puderam ser identificadas e às que permanecem soterradas sob toneladas de solo e rocha.*

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que ajudaram de alguma forma na realização deste trabalho:

- *Ao meu orientador, Reginaldo Vello Loureiro e co-orientador, Rodolfo Moreira de Castro Junior, pelo dedicado auxílio e valiosas sugestões em todas as etapas de realização deste trabalho;*
- *Ao colega de profissão, Jaci Pereira da Silva Temoteo, pela amizade e expressiva participação na condução dessa dissertação, através de importantes dicas e empréstimo de grande parte do material utilizado.*
- *Ao Prof. Dr. João E. Addad, pelas sugestões efetuadas na fase final deste trabalho;*
- *Ao Laboratório de Topografia e Cartografia da UFES, pelo suporte ao desenvolvimento da dissertação;*
- *À INCAPER, na pessoa do funcionário Dimas, pelo fornecimento dos dados pluviométricos;*
- *À Defesa Civil Municipal de Vitória, especialmente ao Sr. Wilson da Costa, que permitiu a consulta aos laudos de vistoria;*
- *Ao Corpo de Bombeiros, pela disponibilização de todo material relacionado a movimentos de massa presentes na instituição;*
- *À futura Engenheira Ambiental Maria Sepulcri Salaroli e à amiga Michelle Souza Hoffman, pelo auxílio na catalogação dos dados relativos ao Inventário Local;*
- *Ao analista de sistema Frederico Damasceno Bortoloti, pela ajuda nas dúvidas de informática;*
- *Aos colegas de mestrado Jorge Costa de Moura e Tarcilo David, pelas sugestões e companheirismo;*
- *Aos amigos Antônio Liccardo e Marcelo Alves Herzog pelo auxílio na diagramação da capa do CD contendo a dissertação.*

RESUMO

Os aspectos fisiográficos, as características intrínsecas dos terrenos e o crescente aumento populacional que se intensificou nas últimas décadas, com a conseqüente ocupação desordenada das encostas, têm levado à ocorrência de movimentos de massa em Vitória-ES, principalmente em épocas chuvosas. Busca-se a identificação da problemática dos movimentos de massa no Município, através da elaboração de um inventário local, da caracterização dos movimentos e da determinação de indicativos de modelos comportamentais. O inventário foi realizado através do cadastro de 1122 acidentes geológicos e geológico-geotécnicos no Município de Vitória, em um período de 18 anos, entre 1984 e 2001, utilizando Sistema de Informações Geográficas (SIG's) como ferramenta básica de registro e análise dos dados. A caracterização dos movimentos de massa envolve o agrupamento dos dados do inventário na forma de gráficos e a determinação dos fatores condicionantes dos movimentos de massa no Município estudado. O procedimento de análise empregado na determinação de indicativos de modelos comportamentais utiliza métodos comparativos com base nos fatores condicionantes dos movimentos de massa, de modo a obter pontos com comportamentos homogêneos frente aos movimentos. O avanço do conhecimento da problemática envolvida nas questões dos movimentos de massa no Município de Vitória visa auxiliar na definição de medidas corretas de mitigação de suas conseqüências, através da sugestão de implantação de um plano preventivo.

Palavras-chaves: riscos ambientais, movimentos de massa, fatores condicionantes dos movimentos de massa, sistema de informação geográfica.

ABSTRACT

The physiographic aspects, the intrinsic characteristics of the lands and the population growth that have been intensified during the last decade, resulted in a disorganized occupation on the slope, have brought the occurrence of mass movements in Vitória – E.S., mainly during the rainy periods. This dissertation focus the identification of mass movement problems in the city, through the study and analysis of a local inventory, characterization of the movements and the determination of the indicators of behavior. The inventory was realized through the register of 1122 geological and geologic–geotecnic accidents in the city of Vitória, during a period of 18 years, from 1984 to 2001, using Geografic Information System (GIS's) as a basic tool of data register. The characterization of the mass movement involves the gathering of data from the inventory, in the form of graphics, and an analysis of the determination of the mass movement conditional factors in the city. The analysis procedure used in the determination of the indicators of behavior models used comparative methods based on conditional factors of risk, in order to obtain points of homogeneous behavior of the mass movement of Vitória. The advance of knowledge of the problems involved in the mass movements in Vitória looks toward the definition of the correct counter measures in mitigating the consequences, through the suggestions of the implementation of a preventive plan.

Key words: environmental risks, mass movement, conditional factors, geographic information system.

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 01 - Vista parcial das obras de contenção do Morro do Macaco na década de 80.....	76
Foto 02 - Vista parcial das obras de contenção do Morro do Macaco na década de 80.....	76
Foto 03 - Vista aérea, em junho de 2001, das obras de contenção executadas no Morro do Macaco após o acidente de 1985	77
Foto 04 - Vista do acidente ocorrido em 2001 no Morro Gugirica.	79
Foto 05 - Vista da escarpa rochosa a montante da Avenida Leitão da Silva ...	80
Fotos 06 e 07 - Vista do cômodo, cuja parede desmoronou e vitimou duas crianças	82
Foto 08 - Detalhe do banheiro da moradia. Notar excessiva umidade na parede devido à infiltração das águas pluviais.....	82
Foto 09 - Vista de talude de corte instável na Ilha do Príncipe, Vitória-ES	86
Foto 10 - Vista de moradia implantada sobre pilotis mal dimensionados. Local: Bairro Alagoano, Vitória-ES	87
Foto 11 - Vista parcial de moradia construída entre blocos e matacões. Local: Morro da Piedade, Vitória-ES	88
Foto 12 - Vista de lasca rochosa (interior da área circundada) sujeita a queda no bairro Comdusa	104
Foto 13 - Vista aérea de escarpa rochosa no Morro Consolação onde se destacam duas linhas de fratura. Na linha de fratura à direita da figura ocorreu um acidente de dezembro de 2000	107
Foto 14 - Vista de jusante de linha de fratura que condicionou o acidente geológico no Morro Consolação.....	107

Foto 15 - Vista da trinca em processo de expansão em 28 de março de 2000 no Morro Grande	108
Foto 16 - Vista do acidente ocorrido em nove de abril de 2000, condicionado por abertura de fratura fechada em corpo rochoso no Morro Grande.....	108
Foto 17 - Vista de junta de fratura que individualiza lasca rochosa sujeita a deslocamento no Morro Santa Clara.....	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Número de registros de ocorrência e de possibilidade de ocorrência nas três instituições pesquisadas.....	59
Gráfico 02 - Distribuição anual dos movimentos de massa baseado em dados do Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e Projeto MAPENCO.....	60
Gráfico 03 - Precipitação anual entre os anos de 1984 e 2001.....	61
Gráfico 04 - Distribuição das “possibilidades de ocorrência” por ano nas instituições pesquisadas.....	63
Gráfico 05 - Distribuição mensal das ocorrências de movimento de massa segundo dados do Corpo de Bombeiros (1984-1999), Defesa Civil (1995-2001) e Projeto MAPENCO (1999-2001).	64
Gráfico 06 - Precipitação média mensal entre os anos de 1925 e 2001.	65
Gráfico 07 - Tipologia das ocorrências de movimento de massa segundo dados do Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e Projeto MAPENCO.....	70
Gráfico 08 - Tipologia das possibilidades de movimentos de massa segundo dados do Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e Projeto MAPENCO.....	70
Gráfico 09 - Prejuízos causados por movimentos de massa no Município de Vitória segundo registros do Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e Projeto MAPENCO.....	72
Gráfico 10 - Distribuição dos movimentos de massa por unidade geológico-geotécnica	74
Gráfico 11 - Relação entre episódios de chuva e a respectiva faixa de pluviosidade.....	95

Gráfico 12 - Registro dos episódios coletados	96
Gráfico 13 - Diagrama de dispersão com acumulado de 02 dias	98
Gráfico 14 - Diagrama de dispersão com acumulado de 03 dias	98
Gráfico 15 - Diagrama de dispersão com acumulado de 04 dias	99
Gráfico 16 - Diagrama de dispersão com acumulado de 05 dias	99
Gráfico 17 - Diagrama de dispersão com acumulado de 06 dias	100
Gráfico 18 - Diagrama de dispersão com acumulado de 07 dias	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Distribuição dos registros por instituição pesquisada.....	57
Tabela 02 - Distribuição das perdas de vida humana por bairro/ morro.....	73
Tabela 03 - Evolução da ocupação dos principais bairros situados em encostas do Município de Vitória	85
Tabela 04 - Origem das ocorrências utilizadas nos ensaios de correlação.....	91
Tabela 05 - Histórico de precipitação (em mm) e data das ocorrências.....	92
Tabela 06- Relação entre as ocorrências e o somatório de chuvas contínuas.....	93
Tabela 07 - Episódios de chuva acima do índice de 36,5mm de pluviosidade.....	94
Tabela 08 - Relação entre a Unidade Geomorfológica e a frequência de ocorrência de movimentos de massa no Município de Vitória ..	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Principais unidades geológico-geotécnicas associadas a encostas.....	38
Quadro 02 - Classificação dos principais tipos de movimentos de massa segundo Varnes (1978)	42
Quadro 03 - Distribuição dos bairros e morros de Vitória por poligonal	67
Quadro 04 - Evolução da ocupação dos principais bairros situados em encostas do Município de Vitória	85
Quadro 05- Indicativos comportamentais dos movimentos de massa do Município de Vitória	121
Quadro 06 - Níveis do plano de monitoramento proposto.....	124
Quadro 07 - Ações associadas a cada nível de periculosidade	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização do Município de Vitória.....	26
Figura 02 - Imagem de satélite de Vitória e municípios vizinhos, com destaque para a Ilha de Vitória.....	27
Figura 03 - Fluxograma da metodologia adotada.....	30
Figura 04 - Classificação dos riscos ambientais segundo Cerri (1993).....	39
Figura 05 - Croqui esquemático de uma queda..	44
Figura 06 - Croqui esquemático de um tombamento.	44
Figura 07 - Croqui esquemático de um escorregamento do tipo rotacional.. ...	45
Figura 08 - Croqui esquemático de um escorregamento do tipo translacional..	46
Figura 09 - Croqui esquemático do movimento de massa tipo expansão lateral.....	46
Figura 10 - Croqui esquemático do movimento de massa do tipo corrida.....	47
Figura 11 - Croqui esquemático de um movimento do tipo complexo, envolvendo escorregamento rotacional e queda.....	47
Figura 12 - Subdivisões dos agentes deflagradores dos movimentos de massa	49
Figura 13 - Tela do Microsoft Excel mostrando parcialmente o cadastro dos dados.....	55
Figura 14 - Tela do Sistema de Informações Geográficas SPID® mostrando o cadastro das informações relativas a movimentos de massa.....	56

Figura 15 - Distribuição geográfica das poligonais com os registros de movimento de massa por instituição.....	68
Figura 16 - Ilustração do armazenamento em ambiente SIG dos pontos de movimento de massa, pontos de alto risco, obras de contenção e das linhas de fratura (com e sem presença de material alterado em seu interior)	113
Figura 17 - Ilustração do armazenamento em ambiente SIG do mapa de densidade ocupacional.....	114
Figura 18 - Ilustração do armazenamento em ambiente SIG do mapa de unidades geológico-geotécnicas.....	115
Figura 19 - Mapa de declividade gerado no SIG ArcView 3.2.....	116
Figura 20 - Tela do Sistema de Informações Geográficas ArcView mostrando a seleção de fatores condicionantes de risco, em uma das consultas realizadas	118
Figura 21 - Tela do Sistema de Informações Geográficas ArcView mostrando a sobreposição dos temas movimentos de massa, obras de contenção e pontos de alto risco à zona homogênea gerada	119

LISTA DE SIGLAS

- ABGE- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
- ABMS- Associação Brasileira de Mecânica dos Solos
- AGAMA- Agrupamento de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente
- CAJUN- Caminhando Juntos
- DIGEM- Departamento de Informação Geológica Mineira
- ESRI- Environmental System Research Institute
- IAEG- International Association for Engineering Geology and Environmental
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INCAPER- Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
- IPES- Instituto de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento Jones dos Santos Neves
- IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- ISRM- International Society for Rock Mechanics
- ISSMFE- International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering
- LTC- Laboratório de Cartografia e Topografia
- ONU- Organização das Nações Unidas
- PCRJ- Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro
- PDU- Plano Diretor Urbano

Projeto MAPENCO – Mapeamento Geológico-Geotécnico das Encostas do Município de Vitória

SBC- Sociedade Brasileira de Cartografia

SBG- Sociedade Brasileira de Geologia

SIG (GIS)- Sistema de Informações Geográficas (Geographics Information System)

SPID- Sistema de Processamento de Informações Digitais

UFES- Universidade Federal do Espírito Santo

UNESCO- Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

USGS- United States Geological Survey

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 APRESENTAÇÃO	23
1.2 OBJETIVOS	25
1.2.1 Objetivo geral	25
1.2.2 Objetivos específicos	25
1.3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
1.4 METODOLOGIA	27
1.4.1 Revisão bibliográfica	28
1.4.2 Inventário Local dos Movimentos de Massa	28
1.4.3 Definição das características dos movimentos de massa	28
1.4.4 Indicativos de um modelo comportamental	29
1.4.5 Sugestões, conclusões e recomendações	29
1.5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	31
1.6 ASPECTOS LEGAIS REFERENTES À OCUPAÇÃO DE ENCOSTAS	32
1.6.1 Legislação Federal	32
1.6.2 Legislação Estadual	33
1.6.3 Legislação Municipal	34
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	37
2.1 ASPECTOS CONCEITUAIS	37
2.2 RISCOS	38
2.3 MOVIMENTOS DE MASSA	41
2.3.1 Movimentos gravitacionais de massa	41
2.4 INVENTÁRIO DE MOVIMENTOS DE MASSA	48
2.5 FATORES CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA	48
2.6 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG's)	51
2.7 ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADO A MOVIMENTOS DE MASSA	51

3 INVENTÁRIO LOCAL DE MOVIMENTOS DE MASSA.....	54
3.1 APRESENTAÇÃO.....	54
3.2 COLETA E ARMAZENAMENTO DE DADOS.....	54
3.3 SUB-TEMAS DO INVENTÁRIO LOCAL.....	57
4 SÍNTESE DOS DADOS DO INVENTÁRIO.....	58
4.1 INTRODUÇÃO.....	58
4.1.1 Número de ocorrências e possibilidade de ocorrências.....	58
4.1.2 Distribuição anual dos movimentos de massa.....	59
4.1.3 Distribuição mensal dos movimentos de massa.....	63
4.1.4 Distribuição geográfica dos movimentos de massa.....	66
4.1.5 Tipologia dos movimentos de massa.....	69
4.1.6 Perdas diretas dos movimentos de massa.....	72
4.1.7 Características geológico-geotécnicas.....	73
4.2 MOVIMENTOS DE MASSA COM REGISTRO DE VÍTIMAS FATAIS OCORRIDOS NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA NOS ÚLTIMOS 20 ANOS .	75
4.2.1 Morro do Macaco.....	75
4.2.2 Rua Pedro Lima do Rosário, Gugirica.....	78
4.2.3 Morro do Jaburu.....	80
4.2.4 Morro da Capixaba.....	81
5 ESTUDO DOS FATORES CONDICIONANTES.....	83
5.1 APRESENTAÇÃO.....	83
5.2 EVOLUÇÃO URBANA E SÓCIO-ECONÔMICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA.....	83
5.3 CARACTERÍSTICAS DE USO E OCUPAÇÃO.....	86
5.4 ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	89
5.4.1 Ensaio de correlação entre precipitação e movimentos de massa	90
5.5 ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E ESTRUTURAIS	101
5.5.1 Aspectos geológicos.....	102
5.5.2 Aspectos geomorfológicos.....	103

5.5.3 Aspectos estruturais	105
6 INDICATIVOS DE UM MODELO COMPORTAMENTAL	110
6.1 APRESENTAÇÃO	110
6.2 ENSAIO DE APLICAÇÃO NA ÁREA PILOTO.....	111
6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS	117
6.4 CONSIDERAÇÕES.....	121
7 SUGESTÕES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	123
7.1 SUGESTÕES PARA O GERENCIAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO NAS ENCOSTAS DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA	123
7.1.1 Índices pluviográficos	123
7.1.2 Mapeamento geológico-geotécnico	124
7.2 CONCLUSÕES	125
7.3 RECOMENDAÇÕES.....	127
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
9 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	139
ANEXOS	145

“A natureza não se defende, vinga-se.”

A. Einstein