PROJETO

Análise e Mapeamento das Áreas de Risco a Movimentos de Massa e Inundações nos Municípios de Gaspar, Ilhota e Luis Alves (Complexo do Morro Baú), SC

FAPESC - Convenio 163192010-8
Chamada Publica 010-2009

Coordenador
Edison Ramos Tomazzoli

Organizadores
Daniel Galvao Veronez Parizoto
Edison Ramos Tomazzoli
Janete Josina de Abreu
Joel Robert Geoges Marcel Pellerin

Depto. De Geociências - UFSC
Florianópolis - Dezembro de 2012

EXECUÇÃO DO PROJETO: DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS – UFSC.
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CORPO TÉCNICO

Coordenação do projeto
Prof. Dr. Edison Ramos Tomazzoli

Professores Pesquisadores
Prof. Dra. Angela da Veiga Beltrame
Prof. Dra. Janete Josina de Abreu
Prof. Dr. João Carlos Rocha Gré
Prof. Dr. Jöel Robert G. Marcel Pellerin
Prof. Dr. Juan Antonio Altamirano Flores
Prof. Dra. Maria Lúcia de Paula Herrmann
Prof. Dr. Masato Kobiyama

Doutorandos do Departamento de Geociências
Daniel Galvão Veronez Parizoto
Lucia Pinto Camargo

Mestrandos do Departamento de Geociências
Claudio Henschel de Matos
Fernanda Bauzys
Graziela Mazieiro Pinheiro Bini
Harideva Marturano Égas
Mari Angela Machado

Mestrandos do Departamento de Engenharia Civil
Gabriel Muniz de Araújo Lima

Graduandos do Departamento de Geociências
Cyntia Alves Fernanda de Oliveira
Guilherme Ramos Ribeiro

Graduandos do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Leonardo Romeiro Monteiro

Bolsistas do Projeto
Érico Albuquerque dos Santos
Guilherme Ramos Ribeiro
João Cardia Mazzetti
João Pedro Tauscheck Ziclisnski
Leonardo Romeiro Monteiro
Leandro Eugênio Souza

Servidores Técnico-Administrativos
José Henrique Villela
Sergio Paiva

Elaboração de Relatório Final
Prof. MSci Daniel Galvão Veronez Parizoto
Prof. Dr. Edison Ramos Tomazzoli
Profa. Dra. Janete Josina de Abreu
Prof. Dr. Jöel Robert G. Marcel Pellerin

Revisão do conteúdo
Prof. Dr. Edison Ramos Tomazzoli

Revisão bibliográfica e ortográfica
Prof. MSci Daniel Galvão Veronez Parizoto
Prof. Dr. Edison Ramos Tomazzoli
Profa. Dra. Janete Josina de Abreu

Agradecimentos
- Fund. de Amparo a Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - Fapesc
- Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária - Fapeu
- Centro Universitário de Pesquisas em Desastres – CEPED- UFSC
- Defesa Civil dos Municípios envolvidos e do Estado
- Prefeitura Municipal de Ilhota
- Prefeitura Municipal de Gaspar
- Prefeitura Municipal de Luiz Alves
- Professores e alunos participantes do projeto dos departamentos de Geociências, Engenharia Sanitária e Ambiental e Engenharia Civil
- Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS..... i
ÍNDICE DE TABELAS..... ii
Resumo..... 11
1 – INTRODUÇÃO..... 12
2 – O EVENTO DE 2008..... 13
2.1. Análise Geral do Evento de Novembro de 2008..... 13
2.2. Aspectos Meteorológicos..... 18
3 – CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO..... 27
3.1. Localização da área..... 27
3.2. Aspectos geológicos e geomorfológicos..... 28
3.3. Clima geral da região..... 30
3.4. Vegetação predominante..... 31
4 – O PROJETO DE PESQUISA ORIGINAL..... 33
4.1. Problema..... 33
4.2. Justificativa..... 34
4.3. Objetivos..... 35
4.3.1. Objetivo Geral..... 35
4.3.1. Objetivos Específicos..... 35
5 – MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA..... 37
5.1. Trabalhos cartográficos, de processamento digital de imagens aéreas e geoprocessamento..... 37
5.1.1. Mapa de áreas urbanizadas e casas rurais..... 38
5.1.2. Mapa de cicatrizes..... 38
5.1.3. Mapa do uso e cobertura dos solos..... 39
5.2. Trabalhos de campo..... 40
5.3. Trabalhos de laboratório..... 41
5.3.1. Análises petrográficas..... 41
5.3.2. Análises químicas..... 41
5.3.3. Análises geocronológicas..... 41

5.3.4. Análises por difração de raios x..... 42
5.3.5. Análises granulométricas..... 42
6 – RESULTADOS OBTIDOS..... 44
6.1. Resultados de trabalhos de grupos de pesquisa em setores específicos da área do projeto..... 44
6.1.1. Trabalhos de conclusão de curso (TCCs)..... 45
6.1.2. Pesquisas de mestrado..... 45
6.1.3. Pesquisas de doutorado..... 46
6.2. Resultados de trabalhos desenvolvidos na área do projeto como um todo..... 47
6.2.1. Caracterização geológica..... 47
6.2.1.1. Caracterização petrográfica..... 49
6.2.1.2. Caracterização geoquímica..... 52
6.2.1.2.1. Classificação geoquímica das rochas..... 55
6.2.1.2.2. Diagramas de variação (Harker)..... 56
6.2.1.2.3. Diagramas Multielementares..... 60
6.2.1.2.4. Composição química de rochas X composição química de solos..... 61
6.2.1.2.5. Conclusões..... 63
6.2.1.3. Geocronologia..... 64
6.2.1.4. Análises Mineralógicas por difração de raios x..... 65
6.2.1.5. Análises Granulométricas..... 69
6.2.1.5.1. Parâmetros granulométricos estatísticos..... 69
6.2.1.5.2. Distribuição granulométrica: curvas acumulativas..... 70
6.2.1.5.3. Distribuição granulométrica: histogramas de frequência..... 74
6.2.1.5.4. Diagramas de Shepard..... 79
6.2.1.5.5. Conclusões..... 82
6.2.2. Caracterização Geomorfológica..... 83
6.2.2.1. Unidades geomorfológicas..... 85
6.2.2.1.1. Unidades das Serras do Leste Catarinense..... 85
6.2.2.1.1.1. Domínio Morfoestrutural do Embasamento em Estilos Complexos..... 85
6.2.2.1.1.1.1. Substrato das rochas do Complexo Luis Alves..... 85
6.2.2.1.1.1.2. Rochas do Complexo Brusque e cataclasitos..... 87
6.2.2.1.1.2. Domínio Morfoestrutural das Coberturas Molassóides e Vulcanitos..... 87

6.2.2.1.1.3. Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares Quaternários..... 87
6.2.3. Avaliação e Delimitação das Áreas de Suscetibilidade e Risco a Deslizamentos e Inundações..... 87
6.2.3.1. Introdução..... 87
6.2.3.2. Materiais e Métodos..... 87
6.2.3.3. Mapa de áreas urbanizadas e casas rurais..... 87
6.2.3.4. Mapa de Cicatrizes..... 89
6.2.3.5. Variáveis Topográficas..... 93
6.2.3.5.1. Mapa de Declividade..... 93
6.2.3.5.2. Mapa de declividade reclassificado..... 95
6.2.3.5.3. Hipsometria..... 96
6.2.3.5.4. Mapa hipsométrico reclassificado..... 98
6.2.3.5.5. Orientação de Encostas..... 99
6.2.3.5.6. Mapa de orientação de encostas reclassificado..... 101
6.2.3.5.7. Formas de Encosta (Curvaturas)..... 102
6.2.3.5.8. Mapa de formas de encosta reclassificado..... 103
6.2.3.6. Mapas Temáticos..... 104
6.2.3.6.1. Mapa Geológico 104
6.2.3.6.2. Mapa Geológico reclassificado..... 106
6.2.3.6.3. Mapa de Uso e Cobertura do Solo..... 107
6.2.3.6.4. Mapa de uso e cobertura do solo reclassificado..... 111
6.2.3.7. Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos..... 112
6.2.3.8. Mapa de Risco a Deslizamentos..... 114
6.2.3.9. Avaliação das Áreas Inundáveis..... 116
6.2.3.9.1. Avaliação das áreas inundáveis na bacia do Braço do Baú... 117
6.2.3.10. Áreas de Risco a Inundações..... 119
7 – PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA..... 121
7.1 Artigos publicados em periódicos..... 121
7.2. Trabalhos publicados em anais de congressos..... 122
7.3. Apresentações de trabalhos..... 125
8 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... 127
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 132

ANEXOS

ANEXO I - Carta planialtimétrica integrada..... 137
ANEXO II – Mapa Geológico..... 138
ANEXO III – Mapa Geomorfológico..... 139
ANEXO IV – Mapa de Uso e Cobertura de Solo..... 140
ANEXO V – Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos e Inundações..... 141
ANEXO VI – Mapa de Áreas de Risco a Deslizamentos e Inundações..... 142
ANEXO VII – Síntese dos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs)..... 143
ANEXO VIII – Síntese das Pesquisas de Mestrado..... 155
ANEXO IX – Síntese das Pesquisas de Doutorado..... 187
ANEXO X – CD do Projeto

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Situação dos municípios de SC, logo após o desastre de nove de 2008..... 13
Figura 2.2 – Escorregamentos generalizados no Alto Baú, em Ilhota-SC..... 14
Figura 2.3 – Escorregamentos no Arraial do Ouro, Gaspar-SC..... 14
Figura 2.4 – Carta sinótica de altura - 500 hPa..... 19
Figura 2.5 – Carta sinótica de superfície..... 19
Figura 2.6 – Imagem de satélite com esquema demonstrando a combinação da circulação marítima e vórtice ciclônico..... 20
Figura 2.7 – Imagens do satélite GOES 10, de 21 a 22 de novembro, horas 18h..... 21
Figura 2.8 – Imagens do satélite GOES 10, de 21 a 22 de novembro, horas 21h..... 21
Figura 2.9 – Imagens do satélite GOES 10, de 21 a 22 de novembro, horas 00h..... 21
Figura 2.10 – Imagens do satélite GOES 10, de 21 a 22 de novembro, horas 03h..... 21
Figura 2.11 – Gráfico da distribuição e valores das chuvas acumuladas no estado de Santa Catarina..... 22
Figura 2.12 – Recordes diários de novembro e respectivas datas de ocorrência dia/ano - (estações Epagri e ANA)..... 23
Figura 2.13 – Recordes de novembro e respectivos anos de ocorrência (estações da Epagri e ANA - Agência Nacional de Águas)..... 24
Figura 2.14 – Chuva diária em Blumenau, novembro de 2008..... 25
Figura 2.15 – Acumulado em 5 dias..... 25
Figura 2.16 – Total acumulado da precipitação entre os dias 21 e 25 de novembro, no Vale do Itajaí, Santa Catarina..... 26
Figura 3.1 – Localização da área do projeto..... 27
Figura 3.2 – Micro bacias hidrográficas nos municípios de Gaspar, Ilhota e Luis Alves..... 28
Figura 3.3 – Mapa geológico da área de estudo..... 29
Figura 3.4 – Aspecto da vegetação no Morro do Baú..... 32
Figura 3.5 – Floresta Ombrófila Densa..... 32
Figura 3.6 – A palmeira Euterpe edulis Martius..... 32
Figura 3.7 – Extensas plantações de banana..... 32
Figura 6.1 – Mapa de micro bacias da área do projeto..... 44
Figura 6.2 – Mapa Geológico da área do projeto..... 48
Figura 6.3 – Hornblenda ganisse contendo enclaves máficos com diferentes estágios de assimilação..... 50
Figura 6.4 – Hornblenda gnaisse bandado..... 51
Figura 6.5 – Formação ferrífera bandada, composta por camadas inclinadas de magnetita-hematita intercaladas por camadas claras de quartzo..... 52

Figura 6.6 – Diagramas de classificação química para as rochas vulcânicas..... 55
Figura 6.7 – Diagramas de variação para elementos maiores das rochas vulcânicas..... 56
Figura 6.8 – Diagramas de variação para elementos traços das rochas vulcânicas... 57
Figura 6.9 – Diagramas de variação para os elementos maiores das rochas plutônicas..... 58
Figura 6.10 – Diagramas de variação para os elementos traços das rochas plutônicas..... 59
Figura 6.11 – Diagramas multielementares..... 61
Figura 6.12 – Piroxenito X Solo de piroxenito no ponto BA314 (Deslizamento do Morro Azul)..... 62
Figura 6.13 – Piroxenito X Solo de Piroxenito..... 62
Figura 6.14 – Gnaisse granulítico X solo de gnaisse granulítico..... 63
Figura 6.15 – Bloco diagrama da fotografia aérea de 1977/1978 e Imagem Cbers 2009..... 65
Figura 6.16 – Difratograma de Mineralogia Total da amostra BB01..... 66
Figura 6.17 – Difratograma de amostra orientada BB01..... 66
Figura 6.18 – Difratograma de amostra total BB02 horizonte B..... 67
Figura 6.19 – Difratograma de amostra total BB02 horizonte C..... 67
Figura 6.20 – Difratograma de amostra orientada BB02 horizonte B..... 68
Figura 6.21 – Difratograma de amostra orientada BB02 horizonte C..... 68
Figura 6.22 – Curva de Frequência acumulativa de solos associados à litologia gnáissica..... 72
Figura 6.23 – Curva de Frequência acumulativa de solos associados à litologia arenítica arcoseana..... 72
Figura 6.24 – Curva de Frequência acumulativa de solos associados à litologia representada por gabro..... 73
Figura 6.25 – Curva de Frequência acumulativa de solos associados à litologia representada por piroxenito. 73
Figura 6.26a – Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de alteração de rocha gnáissica..... 75
Figura 6.26b – Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de alteração de rocha gnáissica..... 76
Figura 6.27 – Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de alteração de rocha arenítica rcoseana..... 77
Figura 6.28 – Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de alteração de gabro..... 77
Figura 6.29 – Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de piroxenito..... 78
Figura 6.30 – Diagrama de Shepard para solos de alteração de rochas gnáissicas.... 80
Figura 6.31 – Diagrama de Shepard para solos de alteração de rocha arenítica arcoseana..... 80
Figura 6.32 – Diagrama de Shepard para solos de alteração de gabro..... 81

Figura 6.33 – Diagrama de Shepard para solos de alteração de piroxenito..... 81
Figura 6.34 – Mapa geomorfológico da área do projeto..... 84
Figura 6.35 – Aspectos do relevo nos municípios de Gaspar, Ilhota e Luiz Alves..... 86
Figura 6.36 – Bacias suspensas e escalonamento do relevo na alta bacia do Ribeirão do Baú..... 86
Figura 6.37 – Mapa de áreas urbanizadas (em verde) e casas rurais (pontos pretos). 89
Figura 6.38 – Mapa de cicatrizes na área do projeto..... 90
Figura 6.39 – Detalhe do mapa de cicatrizes da figura 6.38..... 91
Figura 6.39a – Cicatrizes superpostas ao mapa hipsométrico da área de estudo..... 92
Figura 6.40 – Classes de declividade na área de estudo..... 94
Figura 6.41 – Mapa de declividade reclassificado com os índices da tabela 1..... 96
Figura 6.42 – Mapa hipsométrico da área de estudo..... 97
Figura 6.43 – Mapa hipsométrico reclassificado com os índices da tabela 2..... 99
Figura 6.44 – Mapa de orientação de encostas..... 100
Figura 6.45 – Mapa de orientação de encostas reclassificado..... 101
Figura 6.46 – Mapa de formas de encostas (curvaturas)..... 102
Figura 6.47 – Mapa de formas de encostas reclassificado com os índices da tabela 4..... 104
Figura 6.48 – Mapa geológico, com 12 classes, representando os litotipos..... 105
Figura 6.49 – Mapa geológico reclassificado com os índices da tabela 5..... 107
Figura 6.50 – Mapa de uso e cobertura do solo, com onze classes..... 109
Figura 6.51 – Mapa de uso e cobertura de solo reclassificado com os índices finais da tabela 6..... 111
Figura 6.52 – Mapa do somatório dos índices de suscetibilidade..... 112
Figura 6.53 – Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na área do projeto..... 113
Figura 6.54 – Mapa de áreas de risco a deslizamentos. As áreas de risco estão delimitadas em vermelho, rios em azul, estradas em preto 115
Figura 6.55 – Ampliação da área do retângulo em azul no centro do mapa de áreas de risco da fig. 6.54..... 116
Figura 6.56 – Mapa de áreas com suscetibilidade a inundações..... 117
Figura 6.57 – Mapa de Perigo de Inundação (Corpo Hídrico)..... 118
Figura 6.58 – Mapa de áreas de risco a inundação..... 119
Figura 6.59 – Áreas de risco a inundações no município de Gaspar..... 120

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Síntese dos números do desastre nos municípios que decretaram calamidade pública..... 15
Tabela 2.2 – Danos Humanos no município de Gaspar..... 16
Tabela 2.3 – Danos Materiais no município de Gaspar..... 16
Tabela 2.4 – Danos Materiais no município de Gaspar..... 16
Tabela 2.5 – Prejuízos Econômicos..... 17
Tabela 2.6 – Prejuízos Sociais..... 17
Tabela 5.1 – Relação das imagens aéreas utilizadas..... 37
Tabela 5.2 – Relação das amostras de solo coletadas..... 42
Tabela 6.1 – Relação dos trabalhos de conclusão de curso (TCCs) desenvolvidos..... 45
Tabela 6.2 – Relação das pesquisas de mestrado desenvolvidas..... 45
Tabela 6.3 – Relação das pesquisas de doutorado desenvolvidas..... 46
Tabela 6.4 – Litotipos e amostras de solo selecionadas..... 53
Tabela 6.5 – Análises químicas selecionadas de rochas e solos..... 54
Tabela 6.6 – Relação das amostras encaminhadas para datação..... 64
Tabela 6.7 – Parâmetros estatísticos granulométricos das amostras de solo..... 70
Tabela 6.8 – Percentual de cada fração granulométrica das amostras de solo em relação à amostra total..... 74
Tabela 6.9 – Dados estatísticos de declividade..... 95
Tabela 6.10 – Dados estatísticos relativos à hipsometria..... 97
Tabela 6.11 – Dados estatísticos de orientação da encosta..... 100
Tabela 6.12 – Dados estatísticos relativos às formas de encostas..... 103
Tabela 6.13 – Dados estatísticos relativos às classes do mapa geológico..... 106
Tabela 6.13a – Classes de uso da terra em 2009 extraídas das imagens Liss3 de 2009/2010 na totalidade das superfícies dos 3 municípios estudados..... 108
Tabela 6.14 – Dados estatísticos relativos ao mapa de uso e cobertura do solo, normalizados à classe 2 de declividade..... 110

RESUMO

Os deslizamentos e inundações ocorridos em novembro de 2008 no Vale do Itajaí deixaram um saldo de 135 mortos e 02 desaparecidos, centenas de feridos e desabrigados, além de grandes perdas materiais. A grande maioria dos movimentos de massa aconteceu nos dias 22 e 23 de novembro, quando ocorreram precipitações intensas e concentradas, totalizando mais de 400 mm. Esse pico de chuvas foi antecedido por um período de mais de dois meses de precipitações contínuas que provocaram a saturação do solo e culminaram em numerosos movimentos de massa e inundações.

Essa pesquisa tem como principais objetivos, a delimitação das áreas de suscetibilidade e risco a deslizamentos e inundações nos municípios de Gaspar, Ilhota e Luis Alves, numa área com extensão total de 905,2 Km^2. Para atingir esses objetivos, a equipe executora realizou, preliminarmente, um criterioso levantamento geológico-geomorfológico e do uso e cobertura do solo na área dos três municípios, que, dentre outros produtos, resultou na geração de mapas geológico, geomorfológico de uso e cobertura do solo.

A análise da suscetibilidade a deslizamentos e inundações foi elaborada com a utilização de métodos estatísticos associados ao geoprocessamento e à cartografia quando foram utilizadas as informações do mapa das cicatrizes geradas pelo evento de novembro de 2008, elaborado a partir da análise de imagens aéreas diversas e do conhecimento de campo da equipe. As informações desse mapa foram cruzadas com as classes dos mapas de variáveis topográficas (mapas de declividade, hipsometria, orientação das encostas e formas das encostas), do uso e cobertura do solo e geológico, resultando no mapa de suscetibilidade a deslizamentos e no mapa de risco a deslizamentos. Esse último mapa foi elaborado levando-se em consideração as áreas de ocupação humana.

Todos os mapas elaborados possuem detalhamento compatível à impressão em escala 1:50.000.

A pesquisa foi direcionada para a área dos três municípios como um todo, mas também foi integrada por diversas outras, voltadas para setores específicos, dentre as quais, pode-se citar 2 pesquisas de doutorado 8 pesquisas de mestrado e 3 pesquisas de conclusão de curso.

1 - INTRODUÇÃO

Esse relatório tem como objetivo principal descrever as pesquisas e os avanços técnico-científicos desenvolvidos no âmbito do projeto, visando a prestação de contas à FAPESC, a agência financiadora.

As pesquisas iniciaram em novembro de 2010, quando houve a liberação dos recursos por parte da agência financiadora. Nesses pouco mais de dois anos, nossa equipe, bastante numerosa, formada por oito professores pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina, com seus orientandos de doutorado, mestrado, e graduação, com estudos voltados para a área do projeto, desenvolveu uma extensa e intensiva pesquisa em uma região recém impactada pelo grande desastre ambiental de novembro de 2008.

Logo de início os trabalhos mostraram que, para um perfeito entendimento das causas e uma delimitação precisa de áreas de risco, visando minimizar os impactos de novos desastres ambientais, era necessário ampliar o conhecimento e informações de base na área de estudo. Nesse sentido, boa parte da pesquisa passou a ser voltada ao levantamento e compilação de dados cartográficos e à pesquisa de base nas áreas de geologia, análise do relevo e geotecnia.

Foram estabelecidas duas formas de abordagem. A primeira, descentralizada, com a participação dos diversos pesquisadores vinculados ao projeto que atuaram em setores específicos (item 6.1.), abordando temas variados, porém sempre dentro do enfoque do projeto. A segunda foi uma abordagem integradora, desenvolvida principalmente pelos pesquisadores Edison R. Tomazzoli, Joel Pellerin e Juan Flores, que enfocou a área do projeto como um todo sob os pontos de vista geotécnico, geológico-geomorfológico, do uso do solo, e da delimitação de áreas de risco e suscetibilidade a deslizamentos e inundações (item 6.2.).

2 - O EVENTO DE 2008

Bauzys (2010), em sua dissertação de mestrado, faz uma síntese do impacto do evento de novembro de 2008, transcrita a seguir.

2.1. Análise geral do evento de novembro de 2008

Nos dias 22 e 23 de novembro de 2008, o estado de Santa Catarina vivenciou chuvas de excepcional intensidade que obrigou o poder público a decretar situação de emergência em grande parte do estado. Segundo a Defesa Civil (2010) foram confirmados 135 óbitos e 02 desaparecidos (sendo que mais de 97% das mortes causadas por soterramento) e 78.656 desalojados ou desabrigados. No total, 99 municípios decretaram situação de emergência e 14 decretaram estado de calamidade publica (figura 2.1.).

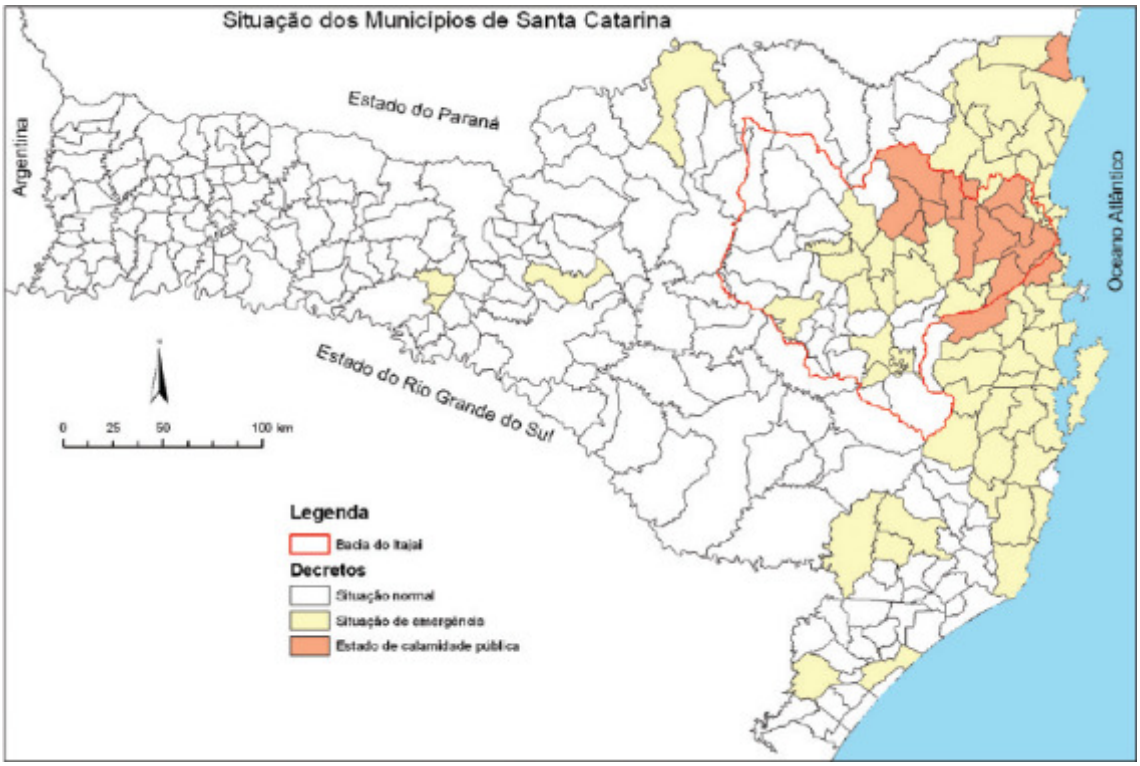


Figura 2.1 – Situação dos municípios de SC, logo após o desastre de novembro de 2008.
Fonte: Fundação Agência da Água do Vale do Itajaí.

Os movimentos de massa desencadeados por este evento foram os principais causadores de prejuízos econômicos e sociais. Eles ocorreram em enorme quantidade, tanto

em áreas urbanas quanto em áreas rurais. Em áreas urbanas os escorregamentos danificaram e destruíram residências e infra-estrutura pública e privada, além de causarem perdas humanas. Na área rural destruíram residências, indústrias, estradas e acessos, causando também um grande número de mortes. Exemplos de paisagens alteradas pelos escorregamentos generalizados em área rural podem ser vistos nas figuras 2.2 e 2.3.

Figura 2.2 – Escorregamentos generalizados no Alto Baú, em Ilhota-SC. **Foto:** Fernanda Bauzys (2009). **Fonte**: Bauzys (2010).

Figura 2.3 – Escorregamentos no Arraial do Ouro, Gaspar-SC. **Foto:** Joel Pellerin (2009). **Fonte**: Bauzys (2010).

A tabela 2.1 dá uma dimensão do que foi o desastre nos municípios mais atingidos.

Tabela 2.1 - Síntese dos números do desastre nos municípios que decretaram calamidade pública.

Município	População		Pessoas					Residências danificadas	Rodovias danificadas (km)
	total	afetada	deslocadas	desalojadas	desabrigadas	feridas	mortas		
Benedito Novo	9.841	31%	102	712	210	-	2	191	576
Blumenau	292.972	35%	-	25.000	5.209	2.383	24	18.000	centenas
Brusque	94.962	100%	-	8.000	1.200	66	1	1.220	120
Gaspar	52.428	100%	-	7.100	4.300	280	16	8.700	600
Ilhota	11.552	100%	3.500	3.500	1.300	67	26	406	total
Itajaí	163.218	100%	100.000	18.208	1.929	1.800	5	28.400	centenas
Luis Alves	8.986	100%	-	3.232	239	41	10	220	40
Pomerode	25.261	1%	-	182	48	-	1*	50	100
Rio dos Cedros	9.685	88%	-	595	96	-	-	283	300
Rodeio	10.773	5%	-	27	42	-	4	35	144
Timbó	33.326	2%	-	-	-	-	-	264	-

* 2 pessoas constam como desaparecidas

Fonte: FRANK, B.; SEVEGNANI, L (2009).

De alguma maneira, todo o território do município de Gaspar foi atingido pelo desastre de 2008. Os dados contidos no relatório de Avaliação de Danos - AVADAN, enviado pela prefeitura à Defesa Civil do Estado em 15/02/2009, dão uma dimensão do que foi este evento dentro do município: Somente no município de Gaspar, o desastre resultou em 21 mortos por soterramento e 01 desaparecidos.

Ainda segundo este relatório, foram contabilizadas 1174 pessoas desalojadas, 120 desabrigadas, 8 deslocadas e 54687 afetadas.

Ao todo foram destruídas 758 residências populares, 480 residências (outras residências), e 01 edificação pública de ensino. Foram contabilizados, ainda, danos em 2480 residências populares, 563 residências (outras residências), 03 edificações públicas de saúde e 08 edificações públicas de ensino (tabela 2.2.).

Na ocasião 470 famílias foram atendidas pelo auxilio reação, beneficio criado pela Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, para atender os atingidos que tiveram suas residências, atingidas e ou interditada pela Defesa Civil Municipal.

Tabela 2.2 - Danos Humanos no município de Gaspar.

Número de pessoas	0 a 14 anos	15 a 64 anos	Acima de 65 anos	Gestantes	Total
Desalojadas	520	640	12	02	1174
Desabrigadas	52	64	03	01	120
Deslocadas	03	04	01	-	08
Desaparecidas	-	-	01	-	01
Mortas	05	10	04	01	20
Afetadas	**10937**	**34454**	**8203**	**1093**	**54687**

Fonte: Relatório de Avaliação de Danos – AVADAN.

A infra-estrutura pública de Gaspar também sofreu grandiosos danos. Foram 500 km de estradas danificadas, 50 km destruídas, além de 200 mil m2 de pavimentação urbana danificadas (tabelas 2.3. e 2.4.). Além disso, 03 edificações públicas de saúde e 08 de ensino foram danificadas, e 01 edificação de ensino foi destruída.

Tabela 2.3 - Danos Materiais no município de Gaspar.

Edificações	Danificadas		Destruídas		Total
	Quantidade	Mil R$	Quantidade	Mil R$	Mil R$
Residenciais Populares	2.480	19.240,00	758	18.950.00	38.790.00
Residenciais - Outras	553	14.075,00	480	48.000.00	52.075.00
Públicas de Saúde	03	840.00	-	-	840.00
Públicas de Ensino	08	568,00	01	900.00	1.468.00

Fonte: Relatório de Avaliação de Danos – AVADAN.

Tabela 2.4 - Danos Materiais no município de Gaspar.

Infra-estrutura pública	Danificadas		Destruídas		Total
	Quantidade	Mil R$	Quantidade	Mil R$	Mil R$
Obras de Arte	25	6.104	24	2.700	8.804.00
Estradas (km)	500	20.000.00	50	1.000.00	21.000.00
Pavimentação vias urbanas (mil m2)	200	21.409.00	-	-	21.409.00
Outras (Contenção de encosta)	11	5.272.00	-	-	5.272.00
Comunitárias	12	247.90			247.90
Rurais	2.990	13.455.00	-	-	13.455.00
Industriais	203	6.090.00	-	-	6.090.00
Comerciais	197	5.855.00	-	-	5.855.00

Fonte: Relatório de Avaliação de Danos – AVADAN.

O evento causou prejuízos em diversas atividades econômicas. Na cultura do arroz, que sofreu com a inundação e deposição de materiais, foram avaliadas perdas de 16.575 toneladas. Também ocorreram perdas na silvicultura/extrativismo (52.100.00 toneladas), cana-de-açúcar (2.625 toneladas), pecuária leiteira (990.00 litros), gado de grande porte (500 cabeças) e piscicultura (245 mil unidades).

O impacto econômico na indústria e no comércio também foram avaliados no AVADAN. Na tabela 2.5 pode-se observar os números dos prejuízos.

Tabela 2.5 - Prejuízos Econômicos.

Setores da economia	**Quantidade**		**Valor**
Agricultura	**Produção (perda)**	**Unidades**	**Mil R$**
Grãos/cereal-leguminosas	16.575	T	11.271.00
Silvicultura/Extrativismo	52.100.00	T	5.200.00
Outras (cana-de-açúcar)	2625	T	157,50
Pecuária	**Cabeças**		**Mil R$**
Grande porte	500	Unid.	500.00
Piscicultura	245.00	Mil unid.	393.75
Outros-Leite	990.00	Litros	500,00
Indústria	**Produção**		**Mil R$**
Transformação	1.132	Unid.	198.500.00
Serviços	**Prestação de Serviço**		**Mil R$**
Comércio	1.074	Unid.	49.250.00

Fonte: Relatório de Avaliação de Danos – AVADAN

A tabela 2.6 mostra a dimensão dos prejuízos sociais do desastre. Houve danos no abastecimento de água potável, no sistema de energia elétrica, transporte viário, na rede comunicação, na coleta e tratamento do lixo, no sistema de saúde e na rede educacional do município.

Tabela 2.6 - Prejuízos Sociais.

Serviços Essenciais	**Quantidade**	**Unidades**	**Valor**
Abastecimento d'água			**Mil R$**
Rede de Distribuição	10.000	m	300,00
Estação de Tratamento (ETA)	02	unid	200,00
Manancial	780.00	m³	150,00

continuação da Tabela 2.6

Energia Elétrica			**Mil R$**
Rede de Distribuição	10.500	m	1.825,00
Consumidor sem energia	14.200	consumidor	3.397,00
Transporte			**Mil R$**
Vias	180	km	1.150,00
Terminais	01	unid	40,00
Comunicações			**Mil R$**
Rede de Comunicação	180	km	1.780,00
Estação Retransmissora	01	unid	681,00
Lixo			**Mil R$**
Coleta	5.800	t	753,00
Tratamento	400	t	17,23
Saúde			**Mil R$**
Assistência Médica	820/10	p/dia	242,00
Prevenção	1.800/10	p/dia	100,00
Educação			**Mil R$**
Alunos sem dia de aula		aluno/dap	2.605,80

Fonte: Relatório de Avaliação de Danos – AVADAN

Os bairros mais atingidos no município de Gaspar foram Belchior Alto, Belchior Baixo, Sertão Verde, Arraial do Ouro, onde ocorreram grandes prejuízos, em estrutura pública e privada, além de perdas humanas. Segue abaixo breve descrição da situação de cada um deles.

2.2. Aspectos Meteorológicos

Parizoto (2013), com base em publicações de variados autores que trabalharam o tema, faz uma síntese das condições meteorológicas que desencadearam o evento de chuvas extremas no Vale do Itajaí.

Em novembro de 2008, a quantidade de chuva precipitada sobre o Vale do Itajaí foi classificada como uma das maiores da serie histórica da região.

A intensa chuva foi ocasionada pelo estabelecimento de um bloqueio atmosférico causado pela associação de um intenso anticiclone sobre o oceano e um sistema de baixa pressão (vórtice ciclônico) de altitude entre 4.000 e 5.000 m, localizando-se sobre Santa

Catarina. As cartas meteorológicas apresentadas na figura 4 e 5, destacam os principais sistemas meteorológicos que atuavam no dia 21 de novembro às 12:00 h. Em particular se destaca a área de alta pressão, assinalada com a letra A na carta de superfície (direita), no oceano Atlântico, correspondente ao anticiclone de bloqueio.

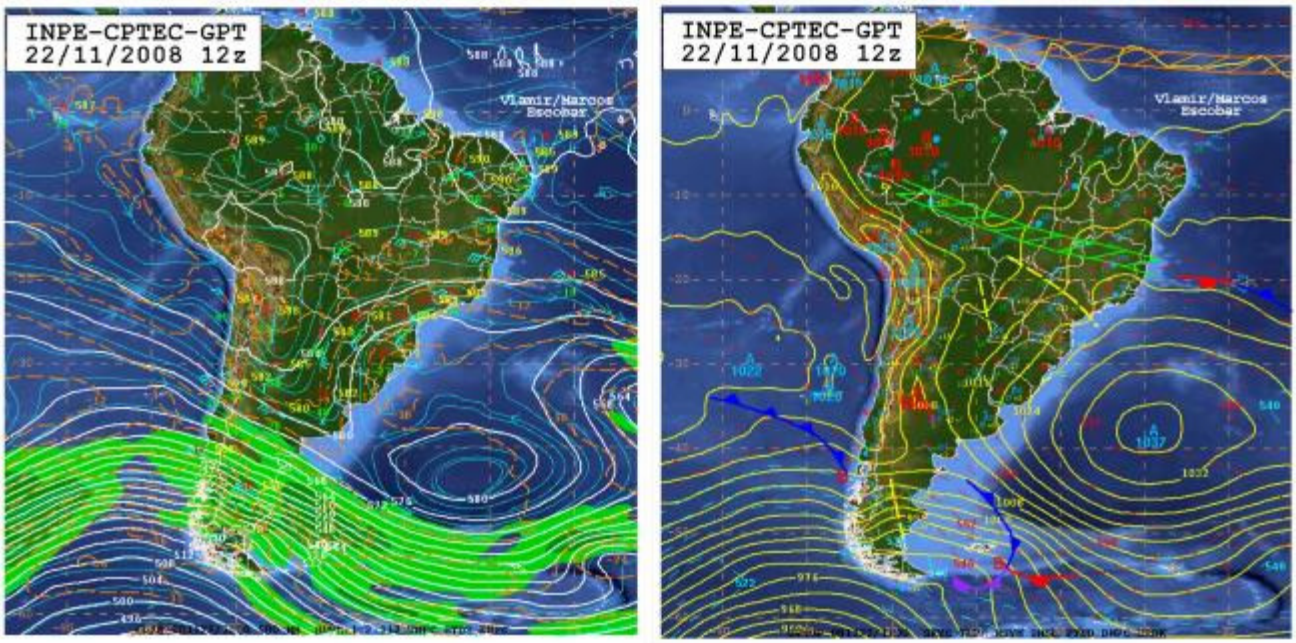


Figura 2.4 e **2.5** - Carta sinótica de altura - 500 hPa (imagem esquerda) e carta sinótica de superfície (imagem direita). Fonte: INPE/CPTEC (2008)

A combinação atípica e persistente destes fenômenos atmosféricos fez com que a situação meteorológica tenha sido ainda mais significativa e favoreceu a intensificação dos ventos sobre a costa leste de Santa Catarina.

Os ventos úmidos vindos do mar foram bloqueados pela serra catarinense e se elevaram causando o esfriamento e a condensação do ar. Como consequência disso, a chuva atingiu intensamente a região naquele período.

O bloqueio atmosférico tornou-se especialmente intenso a partir do dia 19 de novembro, quando o centro do anticiclone se localizou próximo dos 40° de latitude (figura 2.6.) criando condições termodinâmicas adequadas para incrementar a elevação do ar determinando o aumento dos ventos de leste que atingiram de forma praticamente perpendicular à costa catarinense, aumentando a intensidade das chuvas orográficas (INPE/INMET/EPAGRI, 2008).

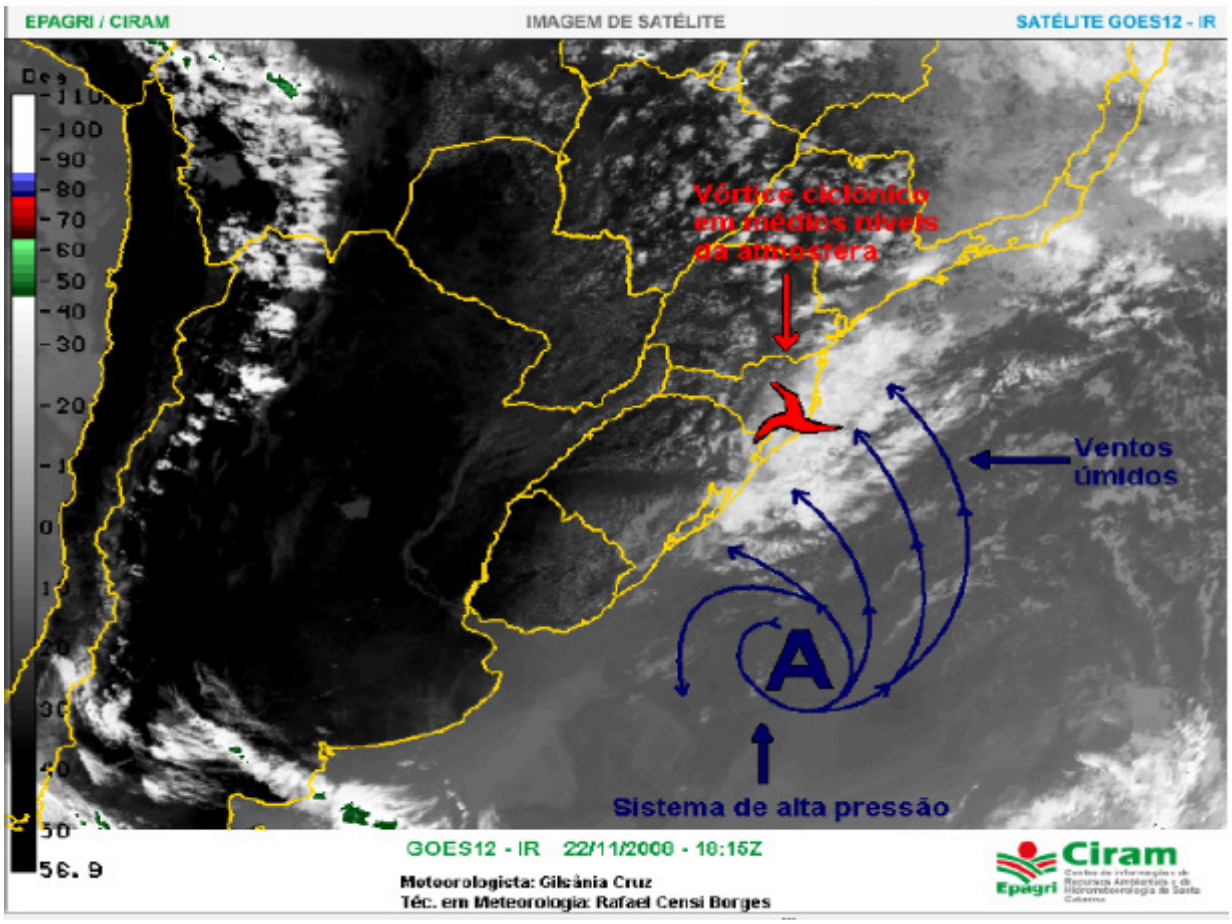
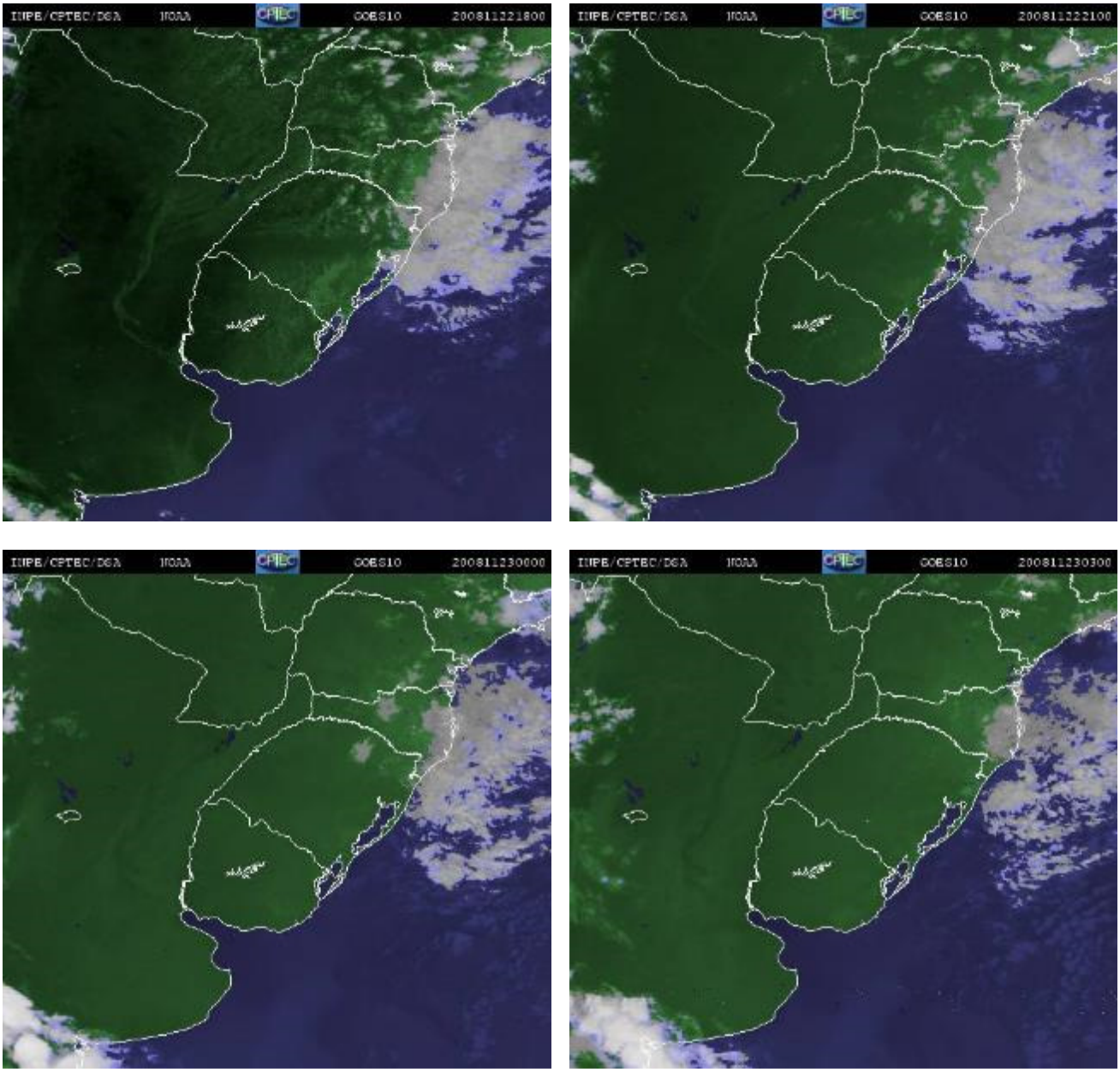


Figura 2.6 - Imagem de satélite com esquema demonstrando a combinação da circulação marítima e vórtice ciclônico. Fonte: BRASIL/CEPED (2009).

Diferentemente dos eventos que são tipicamente causadores das precipitações contínuas e intensas na região, ou seja, os sistemas frontais e as instabilidades locais, o sistema atmosférico que se estabeleceu produziu valores catastróficos de precipitação em ter os dias 22 e 25 de novembro de 2008.

Segundo a Epagri/Ciram (2008), os maiores volumes de chuva acumulados em 24 horas ocorreram em São Francisco do Sul (303mm), Blumenau (236,2mm e 214,6mm), Balneário Camboriú (251,6mm), Luiz Alves (250mm), Itapoá (204,6mm e 198,4mm), Itajaí (180,9mm) e Florianópolis (128,9mm).

Imagens compiladas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC demonstram a cobertura de nuvens nos momentos mais críticos do evento através sequência de registros do GOES 10 - Retangulares SUL – Composição Colorida entre os dias 21 e 22 de novembro, horas 18h, 21, 00hs e 03hs (Figuras 2.7., 2.8., 2.9. e 2.10.).



Figuras 2.7 a **2.10** - Imagens do satélite GOES 10, de 21 a 22 de novembro, horas 18h, 21, 00hs e 03hs. Fonte: CEPTEC (2008). Org. Parizoto (2012)

Dados das estações da Agência Nacional das Águas – ANA, apresentados em Parizoto (2013), através da compilação de valores de chuva disponibilizados no Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, mostram valores semelhantes. O total acumulado dos dias 21 a 25 de novembro na estação Blumenau – no. 2649007 foram de 586,29 mm; Na estação Blumenau – no. 83800002 foram de 578mm; Na estação Itoupava Central – no. 2649010, também no município de Blumenau, foram de 424,6mm; Na estação Pomerode – no. 2649002 foram de 278,9mm; Na estação Timbó Novo – no. 83677000 foram de 260 mm; Na estação Brusque – no. 83900000 foram de 337 mm;

Severo (2009) complementa que nas análises da pressão, temperatura e vento, no período de 22 a 24 de novembro, destaca-se o fato da inexistência de um sistema frontal no estado, o qual tipicamente é fonte das precipitações contínuas e intensas; E que a umidade alimentadora das chuvas que caíram na faixa leste do estado teve origem no oceano Atlântico e não na região amazônica.

Neste período, as condições atmosféricas em superfície também favoreceram o empilhamento de água do mar junto à costa (aumento do nível do mar), o que resultou em represamento da água dos rios que desembocam no oceano aumentando ainda mais as condições de alagamentos.

Outro fator agravante para este evento é que desde setembro vinham sendo registradas nestas regiões chuvas freqüentes, com valores acima da média mensal, deixando o solo encharcado. Entre os dias 01/11/2008 até 25/11/2008 houve registro de chuva em pelo menos 21 dias.

As chuvas acumuladas no mês de novembro de 2008, na região da Grande Florianópolis atingiram aproximadamente 270% acima da média climatológica esperada. No litoral Norte e Vale do Itajaí, as disparidades com as médias foram ainda maiores; Os volumes de chuva estiveram entre 350 e 400% acima do esperado. Outra característica das precipitações no evento extremo de novembro foi a sua distribuição geográfica irregular. (figura 2.11).

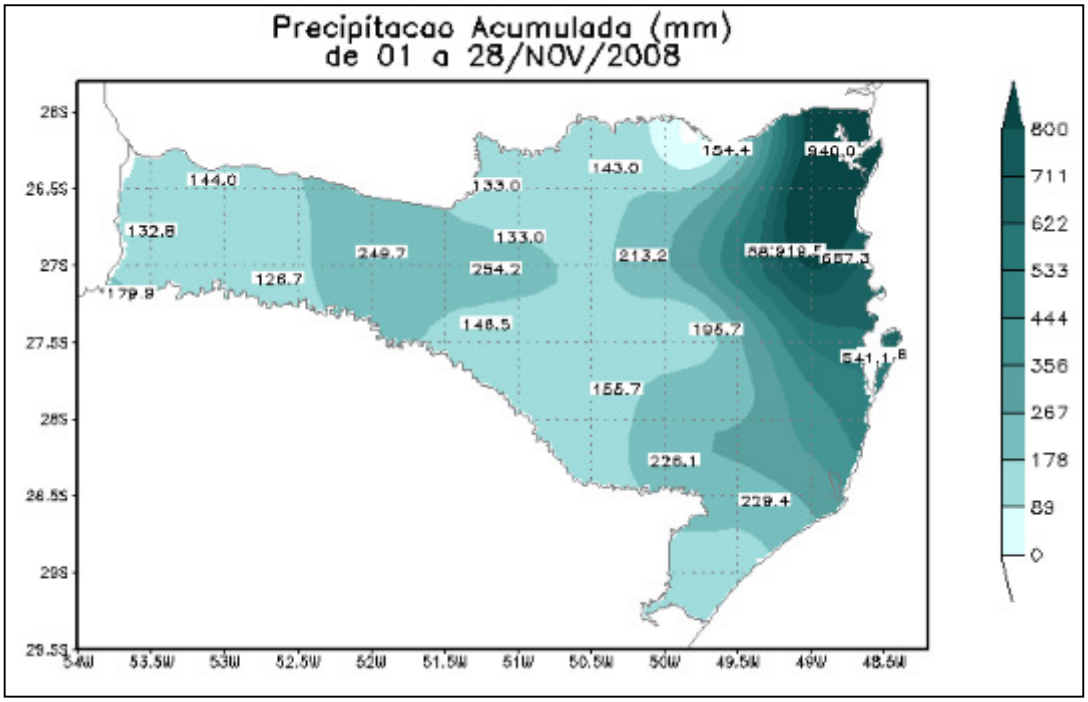


Figura 2.11 – Gráfico da distribuição e valores das chuvas acumuladas no estado de Santa Catarina. Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2008.

O elevado volume de precipitação causou a diminuição da resistência do solo, atuando como um dos agentes deflagradores de deslizamentos, que ocorreram em áreas preservadas, mas principalmente naquelas alteradas por atividades humanas que modificaram as condições naturais da geologia e do relevo. Os desastres naturais que ocorreram no Complexo do Morro Baú refletem o risco dessas alterações frente a eventos climáticos extremos.

A excessiva concentração de chuvas em poucos dias, antecedida por um período longo de precipitações foi o principal fator desencadeador das inundações e escorregamentos ocorridos neste desastre. Entre os dias 22 e 23 /11/2008 choveu mais do que o dobro da média prevista para todo o mês em alguns municípios (figura 2.12).

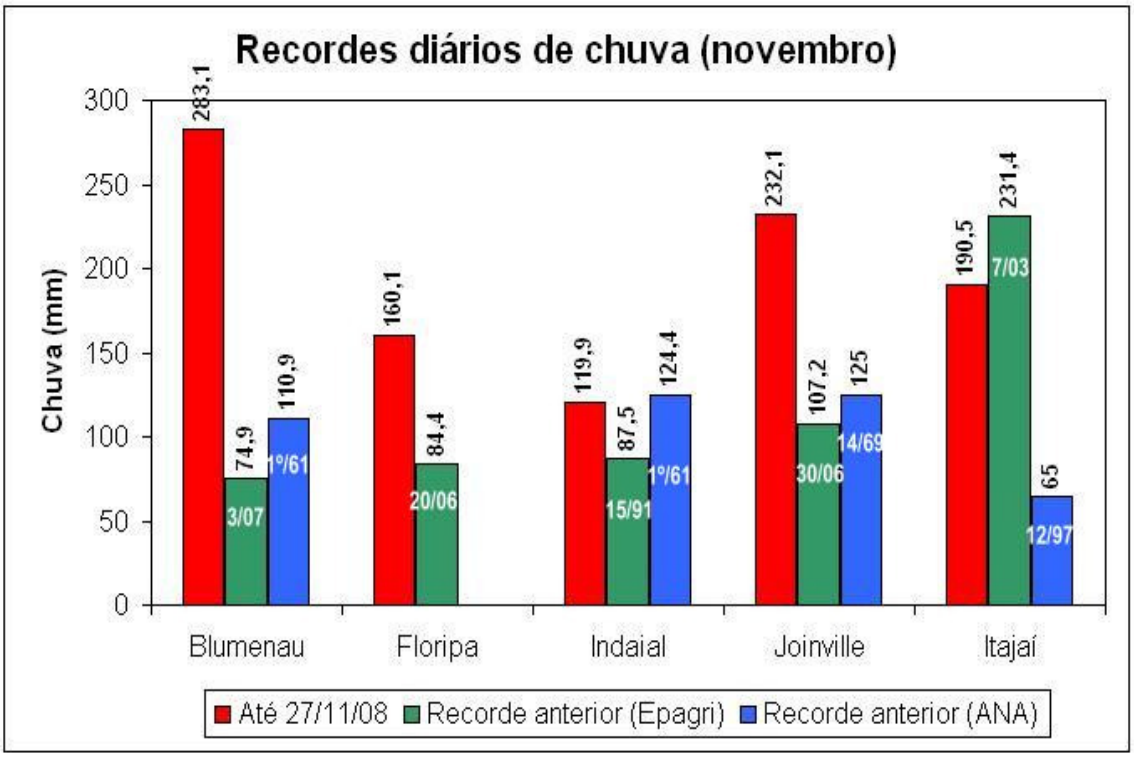


Figura 2.12 - Recordes diários de novembro e respectivas datas de ocorrência - dia/ano- (estações Epagri e ANA). **Fonte:** MINUZZI & RODRIGUES, 2009.

Este foi o novembro mais chuvoso já registrado no Vale do Itajaí. Em Blumenau e Joinville, os totais do mês ficaram em torno de 1000 mm para uma média climatológica mensal de aproximadamente 150 mm (figura 2.13).

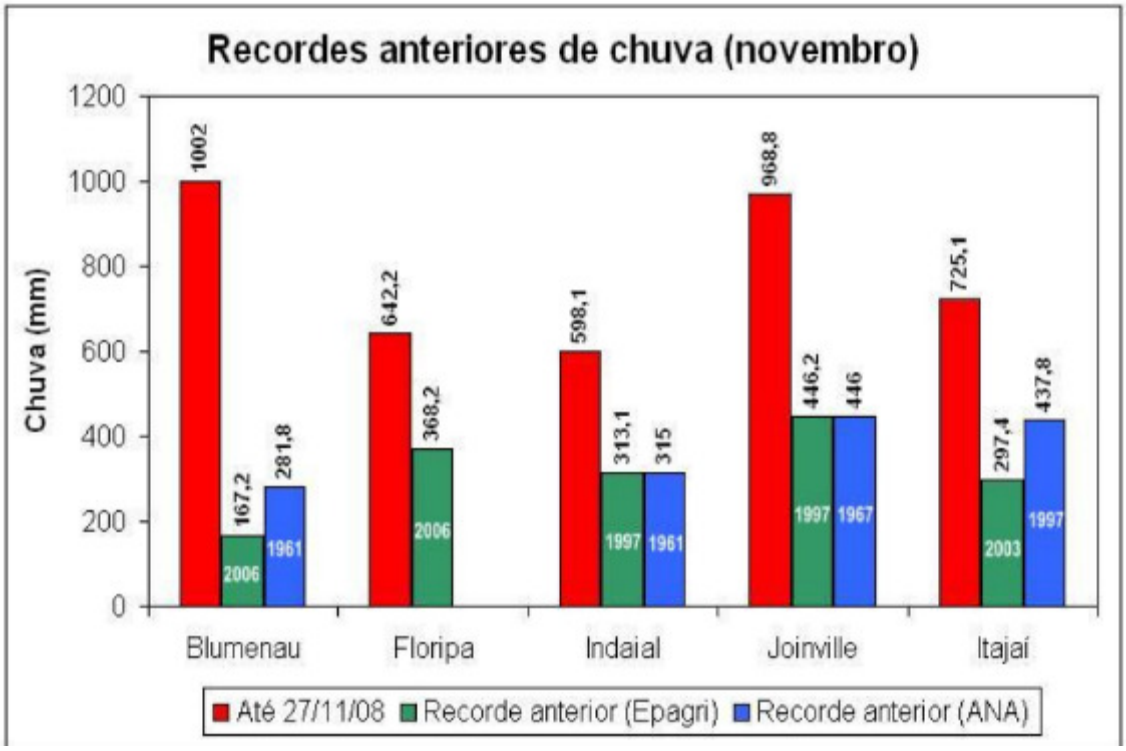


Figura 2.13 - Recordes de novembro e respectivos anos de ocorrência (estações da Epagri e ANA - Agência Nacional de Águas). **Fonte:** MINUZZI & RODRIGUES, 2009.

No estado de Santa Catarina, os ventos de sudeste a nordeste, provenientes dos anticiclones sobre o Atlântico Sul, transportam muita umidade do oceano para o litoral.

Este fenômeno, combinado com chuva precedente dos meses anteriores e volume excessivo de chuva em 2 a 3 dias (como pode ser visto nas figuras 2.14 e 2.15) mais a elevação do nível do mar, desfavorável ao escoamento da água dos rios para o oceano, foi o que ocasionou condições climáticas propicias para as grandes enchentes e milhares de escorregamentos ocorridos naquele período.

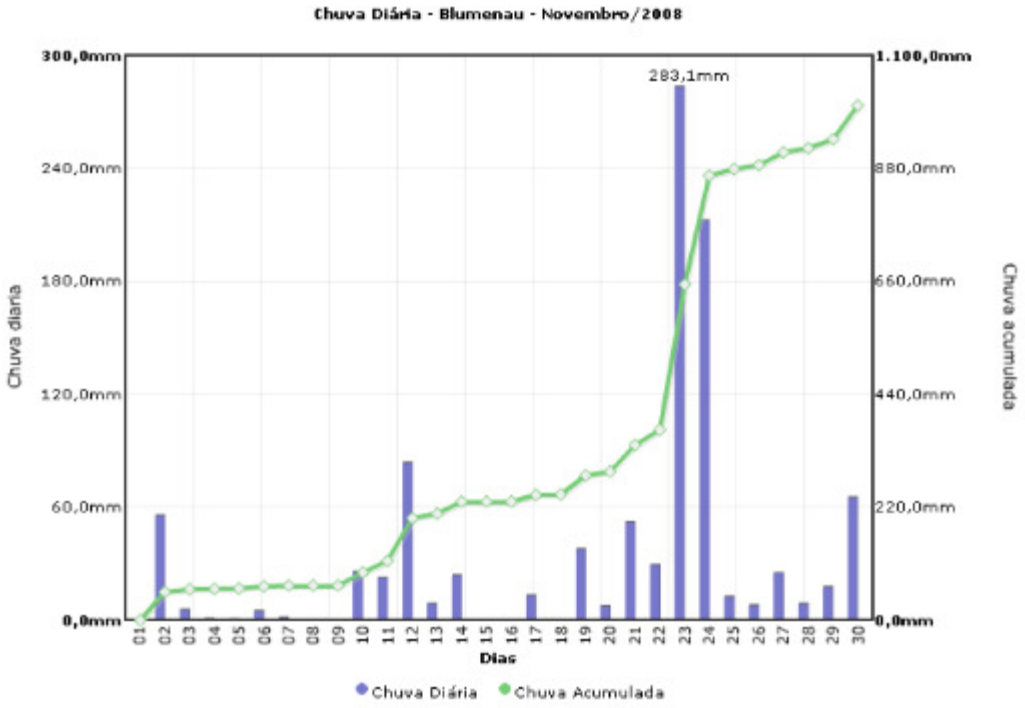


Figura 2.14 - Chuva diária em Blumenau, novembro de 2008. **Fonte:** Epagri

Variável	Chuva					
acumulado em 5 dias	Blumenau	Indaial	Taió	Itajaí	Ituporanga	Joinville
01 a 05/11/08	62	51	28,5	52,1	23	29,3
06 a 10/11/08	31,5	32,2	9,7	21,4	27	61,2
11 a 15/12/08	137,9	94,8	31,6	82	62,8	197,9
16 a 20/11/08	58,3	52,4	19,9	53,6	15	117,2
21 a 25/11/08	588,7	265	68	273,7	48,2	511,1
26 a 30/11/08	123,6	67,6	8,7	41,7	13,2	57,6
01 a 05/12/08	17	31	7,2	20,9	10,4	15,8
06 a 10/12/08	37	37,4	15,3	4,1	12,8	6
11 a 15/12/08	12,7	16,6	5,4	28,7	16,6	20
16 a 20/12/08	53,5	30	2,5	145,8	8	226,8
21 a 25/12/08	16,9	5,2	24,8	26,7	17	35,2
26 a 31/12/08	29,6	28,6	13,2	2,1	35	1,6

Figura 2.15 - Acumulado em 5 dias. **Fonte:** Epagri.

A figura 2.16 mostra a distribuição espacial das chuvas, entre os dias 21 e 25 de novembro na região do Vale do Itajaí. Nota-se que os maiores totais acumulados estão próximos ao litoral, diminuindo em direção nordeste-sudoeste.

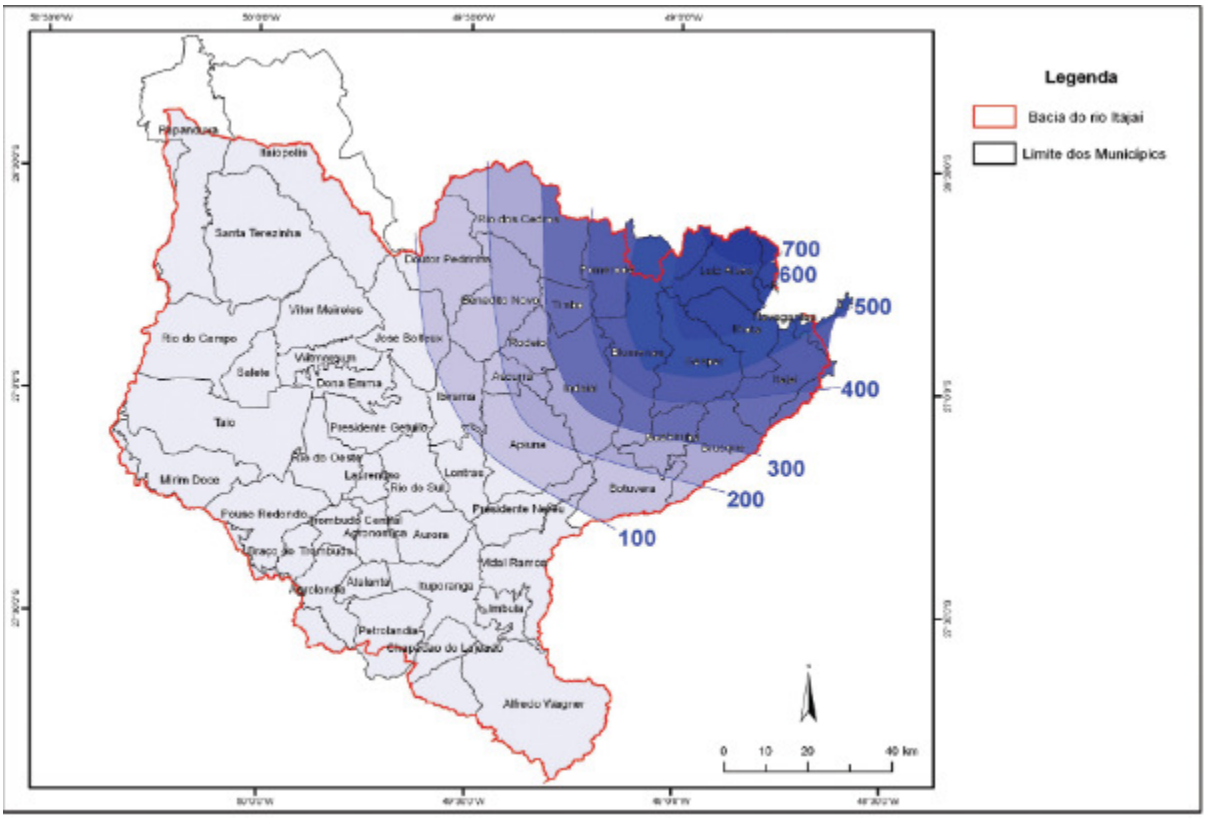


Figura 2.16 - Total acumulado da precipitação entre os dias 21 e 25 de novembro, no Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Fonte:** FRANK, B.; SEVEGNANI (2009).

3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 – Localização da área

A área do projeto abrange os municípios de Gaspar, Ilhota e Luis Alves, situados no Vale do Itajaí, totalizando 905,2 Km^2, como mostra a figura 3.1.

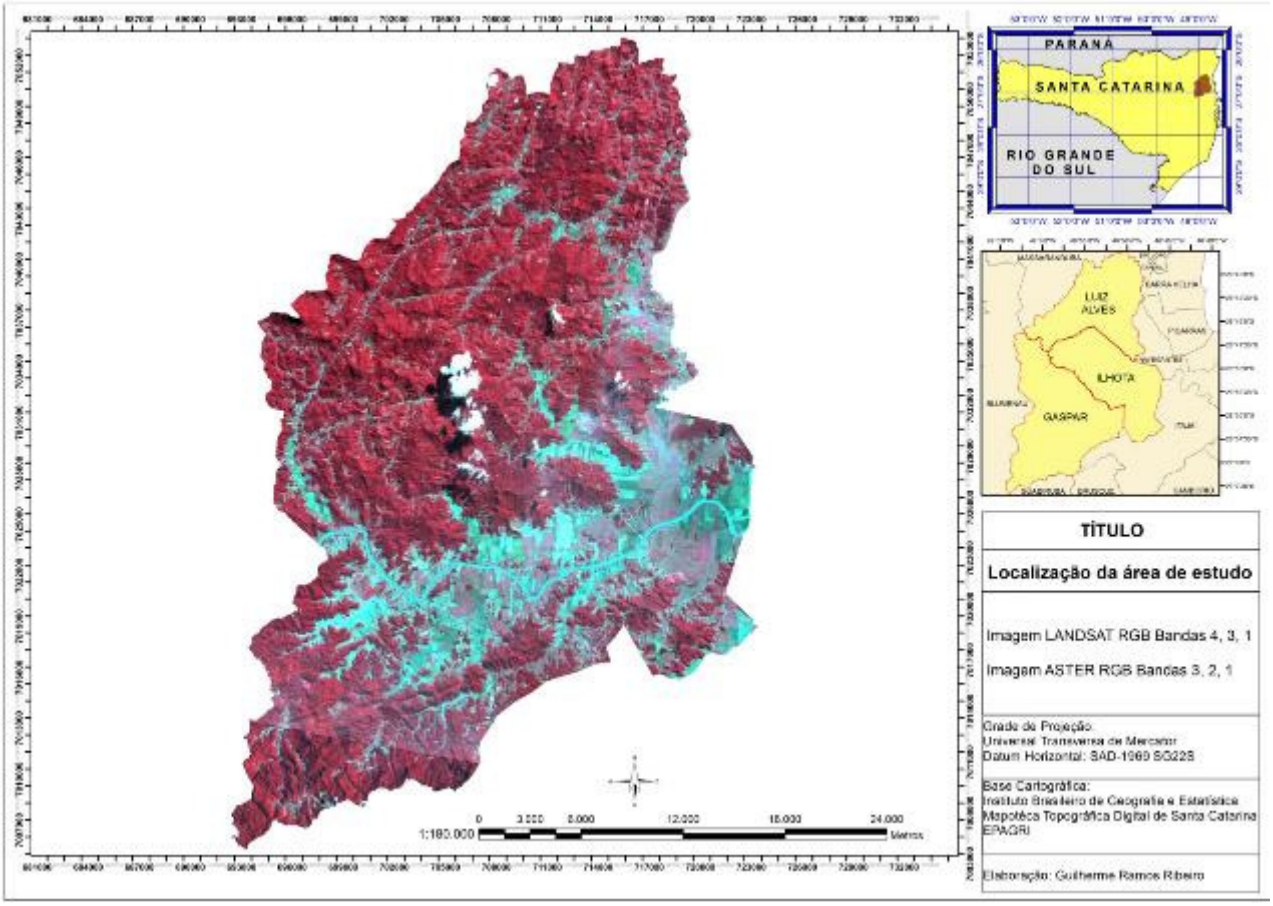


Figura 3.1 – Localização da área do projeto.

Engloba 34 microbacias hidrográficas, como é mostrado na figura 3.2.

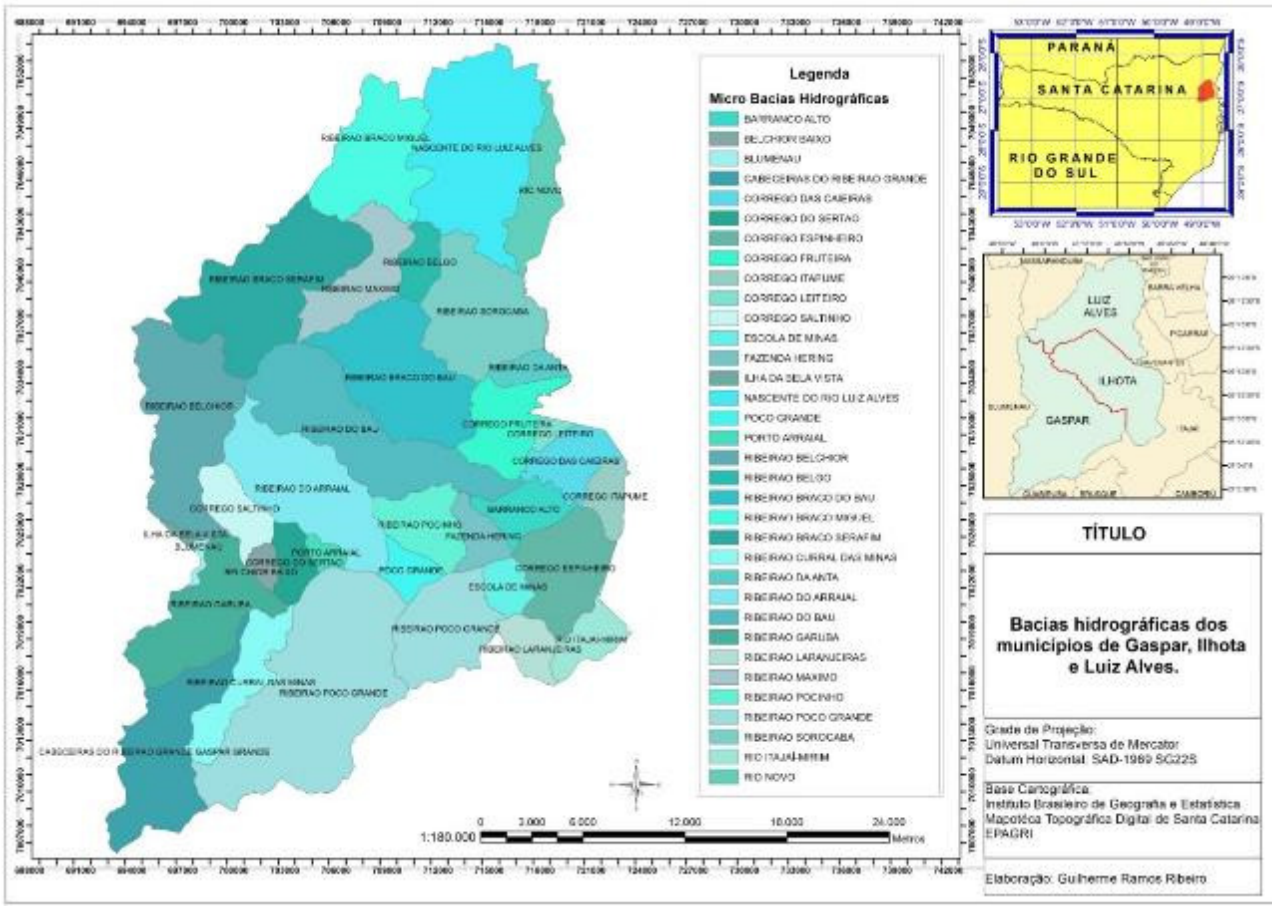


Figura 3.2 – Microbacias hidrográficas nos municípios de Gaspar, Ilhota e Luis Alves.

3.2. – Aspectos geológicos e geomorfológicos

O Complexo Granulítico de Santa Catarina (figura 3.3) é composto por rochas metamórficas da fácies granulito, retrometamorfisadas ou não para as fácies anfibolito e xisto verde. Possuem idade arqueana (mais de 2,5 bilhões de anos), com eventos retro-metamórficos relacionados ao paleoproterozóico e neoproterozóico. Os litotipos mais comuns são gnaisses quartzo-feldspáticos com hiperstênio. Subordinadamente ocorrem também núcleos de rochas máficas/ultramáficas, gnaisses calcissilicáticos, kinzigitos anortositos, quartzitos e formações ferríferas (Hartmann et al., 1979). Estas rochas mostram-se capeadas por um manto de intemperismo bastante espesso, atingindo profundidades muitas vezes superiores a 30 metros.

O Complexo Granulítico está cortado por numerosas falhas e zonas de cisalhamento, com destaque para o lineamento ou zona de cisalhamento Perimbó, com direção N55°E, que coloca as rochas deste complexo em contato com as rochas dos grupos Brusque e Itajaí, respectivamente. Ocorrem também falhas e zonas de cisalhamento nos quadrantes N80°E,

N20°E e N30°W. Estas estruturas controlam os vales fluviais profundos e retilíneos que apresentam encostas com alta declividade, onde ocorreram grandes movimentos de massa condicionados pelo relevo acidentado associado a grandes espessuras no manto de intemperismo (Tomazzoli, 2012). Estes vales, muitas vezes, são preenchidos por depósitos sedimentares aluvionares.

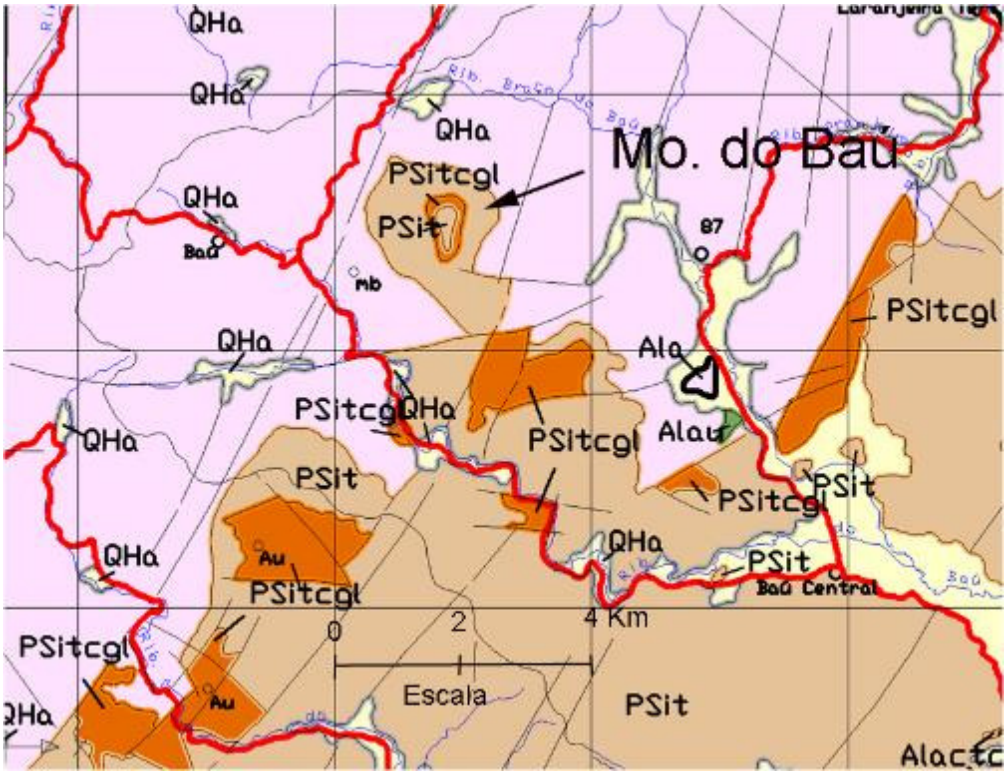


Figura 3.3 - Mapa geológico da área de estudo. Legenda: cor lilás – Complexo Granulítico; PSitcgl – Grupo Itajaí/Conglomerado Baú; PSit – Grupo Itajaí/metassedimentos turbidíticos; QHa – depósitos aluvionares quaternários. **Fonte:** Kaul et al. (2003).

O Grupo Itajaí é constituído, predominantemente, por rochas metassedimentares anquimetamórficas (com metamorfismo incipiente), representadas principalmente por argilitos, siltitos e arenitos de natureza turbidítica, associadas com rochas vulcânicas e sub-vulcânicas de composição riolítica dominante sobre os termos básicos, com raras camadas de tufos finos. Em sua porção basal, ocorrem arenitos arcoseanos associados a conglomerado (Conglomerado Baú).

O Conglomerado Baú, que integra esse grupo, está representado por conglomerados petromíticos. Essas rochas ocorrem em camadas superpostas com pequenas a médias inclinações para sul-sudeste, constituindo elevações do tipo mesa, estes raros, ou em forma de cuesta, devido às inclinações mais pronunciadas. O próprio Morro do Baú pode ser

interpretado como uma elevação desse tipo. É constituído pela superposição de camadas inclinadas de conglomerado e arenito que, nesse caso, estão mais fortemente cimentadas por sílica, conferindo grande resistência dessas rochas à erosão diferencial. Constitui-se, assim, num morro-testemunho, destacado devido a sua maior elevação.

Os depósitos aluvionares quaternários são constituídos por sedimentos argilosos, sílticos, arenosos ou cascalhos inconsolidados, depositados no fundo dos vales.

3.3 - Clima geral da região

De Parizoto (2013) foram extraídos as informações sobre a caracterização climática da região, como apresentado a seguir: O clima do Médio e Baixo Vale do Itajaí pertence à zona climática designada pela letra C, com o tipo climático Cfa, segundo a classificação do clima de Köppen. Tal tipo climático se caracteriza por ser um clima subtropical úmido. A temperatura média anual é de cerca de 21°C e a pluviosidade média é de 2.000mm/ano (SANTA CATARINA, 1986).

Pela caracterização física e localização de Santa Catarina, o estado submete-se a muitos dos sistemas atmosféricos que atuam sobre o Brasil, dinamizando o clima desta região. Os tempos instáveis ocorrem, via de regra, associados às frentes frias; aos vórtices ciclônicos; aos cavados em baixos, médios e altos níveis atmosféricos; às baixas pressões em superfície; aos complexos convectivos de mesoescala; à convecção tropical; à Zona de Convergência do Atlântico Sul e finalmente aos jatos em médios e altos níveis (MONTEIRO, 1991).

O efeito da continentalidade e maritimidade atribui ainda maior instabilidade ao litoral do estado. Os ventos provenientes dos anticiclones sobre Atlântico transportam a umidade do mar para o continente e as serras alongadas na faixa litorânea retêm parte desta umidade, gerando chuvas. (MENDONÇA e MONTEIRO, 1997)

A frente fria é o sistema atmosférico que mais interfere nas condições de tempo, todavia, no verão, devido ao maior aquecimento do continente às frentes frias atuam mais sobre o oceano, assim mesmo favorecem a ocorrência de chuvas nos continentes. A presença de vórtices ciclônicos, nesta época, contribui significativamente para a convecção tropical, dando origem a baixas pressões em superfície. O efeito orográfico das Serras do Leste Catarinense é responsável, ainda, pela convecção provocada pelos vórtices ciclônicos, concentrando a instabilidade no litoral e provocando temporais em curto espaço de tempo,

resultando em inundações bruscas e movimentos de massa, principalmente quando o solo já está em fase de saturação por chuvas anteriores. (MENDONÇA e MONTEIRO, 1997).

Os eventos extremos na região, desencadeadores de escorregamentos e inundações, na maioria das vezes acontecem quando o sistema atmosférico fica estacionado durante algum tempo sobre a região, ocasionando chuvas contínuas. Foi essa condição que em novembro 2008 ocasionou, como descrito anteriormente, as chuvas intensas que propiciaram as condições para desencadear os deslizamentos registrados.

3.4. - Vegetação predominante

Em Egas (2011) indica que, segundo Mantovani (2003), bioma é a mais ampla comunidade biótica reconhecida no nível geográfico, sendo definido como uma subdivisão biológica que reflete as características ecológicas e fisionômicas da vegetação. Corresponde de um modo geral, às regiões climáticas, ainda que outros fatores ambientais possam ser importantes.

A área de estudo encontra-se dentro do Bioma Mata Atlântica (no domínio da Floresta Ombrófila Densa (floresta pluvial tropical) Formação Submontana (entre 24º S e 32ºS com altitude variando de 30 a 400m) (IBGE, 1992). Esta floresta latifoliada ombrófila "se caracteriza principalmente pela sua grande pujança, elevada densidade e extraordinária heterogeneidade, quanto às espécies de árvores altas, médias e arbustos, bem como um elevado número de epífitas e lianas lenhosas" (KLEIN, 1980).

O termo Floresta Ombrófila Densa, substituiu pluvial (de origem latina) por ombrófila (de origem grega), ambos com o mesmo significado "amigo das chuvas". (IBGE, 1992)

Segundo Klein (1979) a Mata Pluvial da Encosta Atlântica que, cobre 80% da Bacia do Rio Itajaí se estende ao longo das Serras de Tijucas, Itajaí, Faxinais, Mirador subindo pelas encostas até altitudes de 600 a 800 m. Mais tarde outros termos foram empregados como, Floresta Perenifólia Higrófila Costeira, Floresta Tropical Atlântica e Mata Pluvial Tropical.

Resumidamente Klein (1979/1980) na obra intitulada "Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí/SC", classifica a vegetação em: Vegetação Litorânea; Mata Pluvial da Encosta Atlântica; Floresta de Pinheiros; Matinha Nebular; e Campos descrevendo estas diferentes fitofisionomias. (Figuras 3.4., 3.5., 3.6. e 3.7.)

Figura 3.4 - Aspecto da vegetação no Morro do Baú Foto: PARIZOTO, D.G.V. (2011)

Figura 3.5 - Floresta Ombrófila Densa Foto: PARIZOTO, D.G.V. (2009)

Figura 3.6 - A palmeira Euterpe edulis Martius. Foto: PARIZOTO, D.G.V. (2009).

Figura 3.7 - Extensas plantações de banana. Foto: PARIZOTO, D.G.V. (2011)

Estas fitofisionomias podem ser caracterizadas pela sua elevada densidade, tolerância a sombra, pujança e heterogeneidade possuindo árvores altas, médias e arbustos além da presença de epífitas, plantas que se apoiam sobre outras, lianas lenhosas nas quais os cipós são os representantes mais característicos e pteridófitas, grupo de plantas sem flores, cobrindo quase que completamente o solo. Observa-se elevado número de espécies epífitas e lianas lenhosas, os troncos são repletos de musgos, liquens e hepáticas favorecidas pelo ambiente úmido. (KLEIN, 1979).

Tais características resultam das condições climáticas tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25ºC) e de alta precipitação, bem distribuídas durante o ano, influenciadas pela forma de relevo e condições do solo. IBGE (1992).

4 - O PROJETO DE PESQUISA ORIGINAL

O assunto dessa pesquisa foi apresentado à FAPESC sob a forma de projeto, tendo concorrido na chamada pública 010/2009. A problemática, justificativa e objetivos expostos naquele momento são apresentados a seguir.

4.1 – Problema

O território do Estado de Santa Catarina tem sido cenário de vários desastres naturais nas últimas cinco décadas, que por sua vez causaram perdas econômicas e humanas, como exemplos os eventos catastróficos ocorridos nas bacias dos rios Tubarão e Araranguá no ano de 1974 (BIGARELLA, 2007), as enchentes no Vale do Itajaí (Blumenau, Rio do Sul) em 1983 e 1984; Florianópolis e Timbé do Sul no ano de 1995 (PELLERIN et al., 1997; PELLERIN, et al. 2002); o Furação Catarina no sul do estado; o desastre em novembro de 2008 que atingiu principalmente o baixo e médio Vale do Rio Itajaí; e recentemente as chuvas intensas no Alto Vale do Itajaí que atingiram Mirim Doce, Taió e Rio do Campo no inicio do ano de 2011, provocando enxurradas, grandes deslizamentos e fluxos de detritos; e em setembro de 2011 grandes volumes de chuva, também no Vale do Itajaí, provocaram inundações e deslizamentos em diversos municípios, a exemplo de Rio do Sul e Blumenau.

O desastre que ocorreu em novembro de 2008, tema deste projeto, atingiu principalmente o baixo e médio Vale do Rio Itajaí, sendo Complexo do Morro do Baú, situado no triângulo formado pelos municípios de Ilhota, Luiz Alves e Gaspar, a área mais afetada.

Neste evento além das enchentes e inundações mais comuns a região aconteceram grandes movimentos de massa (escorregamentos generalizados) que mudaram significativamente a morfologia dos vales e encostas de muitas áreas e atingiram a população local.

Embora de certa forma já habituada ao problema das inundações, a região objeto do projeto, necessita agora preparar-se para enfrentar também os processos de deslizamento de encosta, de graves consequências para a população e a estrutura sócio-econômica local, com perdas humanas e materiais importantes.

É importante lembrar que as diretrizes nacionais do Ministério das Cidades preveem o mapeamento de riscos naturais na elaboração do plano diretor dos municípios, permitindo assim uma melhor adequação do uso do solo nas áreas de suscetíveis a ocorrências de deslizamentos.

Assim se tornou necessário o aprofundamento dos estudos sobre as ocorrências de deslizamentos durante o episódio climático de novembro de 2008, avaliando o potencial de riscos geológicos em áreas já ocupadas ou passíveis de expansão urbana em cada município.

A delimitação de áreas inundáveis também poderá subsidiar igualmente o planejamento dos municípios.

4.2 – Justificativa

A escolha desse tema e desta área se deve, em grande parte, ao trabalho que vem sendo desenvolvido pela equipe propositora abaixo relacionada, composta por professores e acadêmicos de graduação e pós-graduação da UFSC que, logo após os desastres de novembro de 2008 e durante todo do primeiro semestre de 2009 desenvolveu um intensivo trabalho junto ao Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres - CEPED da Universidade Federal de Santa Catarina.

Nesse trabalho foram formadas equipes de professores e alunos que se empenharam, principalmente, no estabelecimento e caracterização do grau de risco que sofriam as residências atingidas pelos movimentos, num incansável e detalhado trabalho de cadastro realizado *casa a casa*.

As atividades desenvolvidas por pelo menos seis equipes ao longo de vários meses acabaram gerando um formidável banco de dados. A utilização desse banco de dados na elaboração de mapas de áreas de risco mais detalhados e confiáveis é uma das justificativas desse projeto.

Por outro lado, a escolha da área compreendida pelos municípios de Ilhota, Gaspar e Luiz Alves deve-se ao fato de que representam áreas das mais duramente atingidas pelos deslizamentos e por isso são ideais para servirem de “áreas-piloto” para aplicação da metodologia de mapeamento e caracterização de áreas de risco proposta, e que pode, posteriormente, vir a ser estendidas para os demais municípios do Vale do Itajaí e outras áreas de SC.

A presente proposta de mapeamento está de acordo com a experiência e prática acadêmica da equipe propositora, lotada no Departamento de Geociências e Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, e que há muitos anos vem realizando uma série de trabalhos de cartografia geoambiental, visando a determinação do grau de favorabilidade das áreas mapeadas a diversos usos do solo e também a delimitação de áreas de risco (p.ex: Herrmann, 1989, 2001 e 2005; Pellerin et al, 1997 e 2002; Tomazzoli et al., 2003 e 2009; Tomazzoli e Pellerin, 2004 e 2007; Kobiyama et all, 2004 e 2006 e Flores et al., 2009).

4.3 – Objetivos

4.3.1. - Objetivo Geral

Identificar, analisar e mapear as áreas de risco a movimentos de massa e inundações nas áreas mais afetadas dos municípios de Gaspar, Ilhota e Luiz Alves, estado de Santa Catarina.

4.3.2. - Objetivos Específicos

● Elaborar cartogramas digitais das áreas de estudo como: Modelo Digital de Elevação (MDE) derivando formas de encostas, declividade a partir das bases disponíveis; uso de solo e cobertura vegetal e mapa da hidrografia detalhada;

● Mapear, caracterizar e classificar os escorregamentos ocorridos em novembro de 2008;

● Correlacionar os movimentos de massa com a cobertura vegetal e as diferentes formas de uso do solo;

● Caracterizar as áreas de risco, a partir de mapeamento geológico das rochas e feições estruturais do Complexo Granulítico e Grupo Itajaí, realizando a correção com os lineamentos regionais e morfoestruturas;

● Caracterizar as áreas de risco, a partir de mapeamento Geomorfológico através do detalhamento das formas de relevo nas áreas e caracterização dos tipos de depósitos de encostas presentes;

● Caracterizar a hidrologia das encostas e da rede fluvial;

● Gerar um mapa de zoneamento de risco nas áreas de estudo.

A partir do estudo proposto poderão ser estabelecidas, juntamente com outras iniciativas de cunho estrutural, estratégias de planejamento e de ocupação das áreas atualmente atingidas, buscando a prevenção ou a diminuição das consequências dos eventos futuros.

5 – MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS NA PESQUISA

5.1. Trabalhos cartográficos, de processamento digital de imagens aéreas e geoprocessamento

Os trabalhos cartográficos iniciaram com a elaboração da *carta planialtimétrica integrada* (ANEXO I), constituída pela carta planialtimérica do IBGE nos municípios de Gaspar SG-22-Z-B-V-3, Blumenau SG-22-Z-B-IV-4, e Luis Alves SG-22-Z-B-V-1, na escala 1:50.000, com curvas de nível a cada 20 metros, que foi cartograficamente integrada à carta planialtimétrica fornecida pela Prefeitura Municipal de Gaspar, com escala 1:2.000 (curvas de nível a cada 5 metros) em áreas urbanas e 1:10.000 (curvas de nível a cada 10 metros) em áreas rurais do município.

Num segundo momento, passou-se aos trabalhos de processamento digital de imagens aéreas. Esses trabalhos consistiram no realce de contrastes, georreferenciamento de imagens de satélite, ortorretificação de fotografias aéreas, elaboração de composições coloridas visando destacar temas de interesse como feições geológicas, de relevo, cicatrizes de deslizamentos.

Foram elaborados, também, anaglifos com pares estereoscópicos de fotografias aéreas e imagens do satélite ASTER, para visualização do relevo em três dimensões, além de modelos digitais do terreno (MDT) com as curvas de nível da *carta planialtimétrica integrada*. As imagens aéreas utilizadas constam na tabela 5.1.

Tabela 5.1.- Relação das imagens aéreas utilizadas.

Imagem	Bandas/composições	Resolução espacial (metros)	Data
ALOS	Multiespectral e pancromática	10m e 2,5m, respectivamente	Agosto de 2009
CBERS	Pancromática	2,5m	19 de abril de 2009
ASTER	Multiespectral	15m	Agosto de 2010
LANDSAT	Multiespectral	30 m	04/06/2007 e 12/2008

continuação da Tabela 5.1

Mosaico de Fotografias Aéreas Ortorretificadas do Aerolevantamento de SC	RGB e Infravermelho	0,40 m	2011
Fotografias aéreas, escala 1:45.000	infravermelho	1 m	1978
Ikonos/Quickbird de	RGB	0,40 m	18/01/2003 e 3/08/2009 do Google Earth
ResourceSat-1 sensor Liss3	Multiespectral	24 m	04/11/2009 e 19/08/2010

Para os trabalhos de tratamento digital de imagens aéreas, geoprocessamento, vetorização sobre imagens e trabalhos de cartografia digital, foram utilizados os programas AutoCad Map 3D 2012, ArcGis 9.0 e IDRISI (versões 32, Kilimanjaro e Andes). Para os trabalhos de geração de anaglifos e ortorretificação de fotografias aéreas, utlilizou-se, respectivamente, os programas Photoshop e DDPS - *Desktop Digital Photogammetry System,* (módulo *Orthomaker*), seguindo-se a metodologia proposta em Tomazzoli (2006).

5.1.1. - Mapa de áreas urbanizadas e casas rurais

Para a elaboração desse mapa, foi utilizado o mosaico de fotografias áreas ortorretificadas do novo aerolevantamento do estado de SC, fornecido pela Secretaria do Desenvolvimento Sustentável de SC. Essas imagens, de excepcional qualidade, com resolução espacial em torno de 0,40 metros x 0,40 metros e georreferenciamento preciso, permitiram uma perfeita visualização das casas e áreas urbanizadas, que foram vetorizadas como pontos e polígonos, respectivamente. (figura 6.37.). Esse mapa é parte integrante da *carta planialtimétrica integrada* (ANEXO I).

No total, foram mapeadas 4.947 casas e instalações rurais nos três municípios.

5.1.2. – Mapa de cicatrizes

O mapa de cicatrizes (figura 6.38) foi elaborado a partir da vetorização desses elementos sobre as imagens georreferenciadas da tabela 5.1., com o apoio de dados dos trabalhos de campo. Constam no Mapa Geomorfológico (ANEXO III) e nos mapas de suscetibilidade e risco a deslizamentos e inundações (ANEXOS V e VI). As cicatrizes,

posteriormente, tiveram seu posicionamento ajustado ao mosaico de fotografias áreas ortorretificadas do aerolevantamento do estado de SC.

Ao todo, foram delimitadas 1576 cicatrizes nos 905,26 km^2 de área do projeto.

5.1.3. – Mapa do Uso e Cobertura dos Solos

Foram usadas como base das classificações supervisionadas 2 imagens do satélite ResourceSat-1 sensor Liss3 de 2009 e 2010 com resolução de 24 metros, disponíveis dentro o catalogo do INPE, para cobrir as superfícies dos 3 municípios:

- na parte Norte (Luiz Alves. Ilhota e Norte de Gaspar) imagem 330-097 de 04/11/2009

- na parte Sul (sul de Gaspar) imagem 330-098 de 19/08/2010.

Essas imagens registradas em período de inverno foram escolhidas por apresentar o máximo de contrastes entre os diversos aspectos do uso da terra.

Como no tratamento das imagens, as assinaturas espectrais de diversos tipos de uso da terra não se diferenciam e as superfícies plantadas em bananas e palmito tem assinatura espectral muito semelhante a da mata, é impossível separar essas diferentes classes. Por outro lado, as zonas urbanas são em parte assimiladas as categorias de solos nus. Já as zonas reflorestadas separam-se bem das matas nativas, mas existem algumas confusões entre pinus e eucalipto. Mesmo assim, as assinaturas extraídas do sensor Liss são mais diferenciadas, em geral, que as das imagens Landsat. Enfim foi necessário de complementar os dados para eliminar as superfícies com pequena cobertura local de nuvens.

Para melhorar os resultados, com uso das imagens de alta resolução (2,5 metros) CBERS-2B HRC 155a – 130-2,3 e 4 de 19/04/2009 foram digitalizadas manualmente algumas classes de uso da terra: banana, palmito, reflorestamentos de eucalipto e de pinus, zonas urbanizadas. Essa interpretação visual se beneficiou de numerosas fotografias de helicóptero obtidas desde dezembro 2008, do conhecimento adquirido durante dois anos de campo e da ajuda das imagens Google Earth.

Um complemento final de interpretação foi necessário depois que foi constatado que as superfícies de solos nus que aparecem nas imagens Liss de 2009 são em parte superfícies deslizadas.

Para isso, uma nova classificação foi feita sobre uma imagem Landsat de 04/06/2007 registrada antes da catástrofe de novembro 2008. Globalmente a imagem Landsat permite de bem separar as superfícies vegetadas antes dos deslizamentos e eliminar assim as

superfícies de solos nus ligadas com eles que correspondem a aproximativamente 2.000 hectares. Esses dados corrigidos extraídos de Landsat foram cruzados com resultados obtidos com imagens Liss e usados no mapa do uso e cobertura do solo das áreas afetadas por deslizamentos.

5.2. – Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo visaram a coleta de dados que culminaram com a elaboração dos mapas de cicatrizes de deslizamentos (ANEXO II), geológico (ANEXO III), geomorfológico (ANEXO IV), de uso e cobertura do solo (ANEXO V) de suscetibilidade e risco a deslizamentos e inundações (ANEXOS VI e VII).

Esses trabalhos consistiram de diversas saídas para campo, totalizando 71 dias de trabalho na área do projeto, quando foram utilizados recursos do projeto para despesas com hospedagem e alimentação das equipes de campo.

Para os trabalhos de campo foram utilizados veículos locados através do projeto; cadernetas de campo; martelo geológico, marretas e recipientes para coleta de amostras de rocha ou solo/sedimento (fita crepe, sacos plásticos); bússolas das marcas Brunton e Clarke com declinação magnética, para medição de estruturas geológicas; GPS de navegação, modelo Garmin Map, com a carta planialtimétrica integrada e o mapa de deslizamentos (ANEXOS I e II) inseridos como mapas de navegação.

Foram tomadas fotografias e levantados dados para o cadastro e caracterização das cicatrizes de deslizamentos e áreas inundáveis, dos diferentes usos e coberturas do solo, da caracterização geológica-geomorfológica e da delimitação de áreas suscetíveis e de risco a deslizamentos e inundações.

Foram ainda coletadas amostras de solo e rochas para trabalhos de laboratório como ensaios geotécnicos, análises petrográficas, análises químicas, análises por difração de raios X, análises geocronológicas e análises granulométricas. Realizou-se, ainda, ensaios geofísicos pelo método da eletrorresistividade, com ênfase na medição da espessura do solo da encosta estudada.

5.3. Trabalhos de laboratório

5.3.1. Análises petrográficas

Para as análises petrográficas foram selecionadas 68 amostras de rochas. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Laminação do Depto. de Geociências da UFSC, onde foram serradas com serra diamantada e laminadas para a análise petrográfica segundo os procedimentos tradicionais para a confecção de lâminas delgadas de rocha.

Para análise petrográfica das lâminas foi utilizado o microscópio petrográfico marca Olympus, adquirido pelo projeto. Essa análise consistiu da determinação das microestruturas e micro texturas presentes, identificação das fases minerais, bem como dos produtos de alteração hidrotermal e intempérica, e a classificação petrográfica da amostra.

5.3.2. Análises geoquímicas

Foram analisadas 40 amostras de rochas e solos. As análises químicas foram realizadas pela empresa Geosol Laboratórios Ltda. Todos os elementos analisados foram preparados por fusão com tetraborato de lítio. Os óxidos, expressos em porcentagem em peso (wt%), e alguns elementos traços (expressos em ppm) e analisados por ICP OES; os Elementos Terras Raras (expressos em ppm), foram dosados em ICP MS.

Os dados geoquímicos, interpretados em conjunto com os dados das análises petrográficas, serviram para uma melhor caracterização das unidades geológicas, rochas e solos sobre os quais ocorreram ou potencialmente poderiam ter ocorrido deslizamentos.

5.3.3. Análises geocronológicas

As análises geocronológicas foram realizadas a fim de se obter idades absolutas, por meio da datação radiométrica de amostras de rochas. Foram selecionadas amostras inalteradas e na quantidade adequada para o método de datação proposto.

Os métodos de datação empregados foram: a) 1 amostra pelo método K-Ar; b) 8 amostras pelo método Ar-Ar; c) 4 amostras pelo método U-Pb por LA ICP MS.

Para as datações K-Ar e Ar-Ar, as amostras foram encaminhadas aos laboratórios da empresa Activation Laboratories Ltda, em Ancaster, Canada. As datações K-Ar foram feitas sobre a rocha total moída; para as datações Ar-Ar, procedeu-se a separação do plagioclásio

da amostra, conforme a metodologia usual para esse procedimento. Para as datações U-Pb, as amostras foram encaminhadas ao Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo. Essas determinações foram realizadas sobre zircões, previamente separados das amostras.

5.3.4. Análises por difração de Raios X

Foram analisadas seis amostras de solo no laboratório de Difratometria de Raios X do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

As amostras foram coletadas em taludes de solo gerados por cicatrizes de deslizamentos. Foram coletadas amostras em níveis diversificados no sentido de refletir as variações nos estágios de pedogênese.

Utilizou-se o método do pó e o método orientado, visando a identificação de argilominerais e minerais não argilosos contidos no solo, visando compreender a alteração dos minerais primários e os produtos resultantes dos processos intempéricos, que geraram espessos mantos de solos residuais.

5.3.5. Análises granulométricas

Para identificar as características texturais dos solos das encostas afetadas por deslizamentos foram coletadas um total de 14 amostras representativas do solo de diferentes litologias presentes na área de estudo. A relação das amostras coletas é apresentada na tabela 5.2, com a indicação da litotipo associado, condição estrutural do solo amostrado e profundidade da coleta.

Tabela 5.2. – Relação das amostras de solo coletadas.

Amostra	Rocha	Solo	Prof. da coleta
BA110B	Gnaisse	Elúvio	≈ 10m
BA124B	Gnaisse	Elúvio	≈ 10m
BA125C	Gnaisse	Elúvio	≈ 10m
BA332	Gnaisse	Elúvio	≈ 10m
P332-3M	Gnaisse	Elúvio	3m
BA305S	Gnaisse	Elúvio	≈ 10m
BA311	Gnaisse	Elúvio	≈ 10m

continuação da Tabela 5.2

BA311B	Gnaisse	Elúvio	≈ 10m
BA203	Arenito arcoseano	Elúvio	≈ 10m
BA205A	Arenito arcoseano	Elúvio	≈ 10m
BA314	Gabro	Elúvio	≈ 10m
BA312B	Gabro	Elúvio	≈ 10m
BA313A	Piroxenito	Elúvio	≈ 10m
BA313D	Piroxenito	Elúvio	≈ 10m

As amostras foram coletadas na cabeceira dos deslizamentos, junto ao talude formado por deslizamentos. Correspondem a solos residuais representativo do horizonte pedogenético C, formado pela alteração *in situ* da rocha matriz.

Após coleta e etiquetagem, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Sedimentologia (LABSED) do Departamento de Geociências da UFSC, para realização da análise granulométrica da fração grosseira e fina do material.

As amostras foram submetidas à lavagem e secagem em estufa e subseqüente separação a úmido da fração grosseira e fina. A fração grosseira foi submetida ao método de peneiração com intervalos de $^1/_2$ Φ, conforme adaptação por Krumbein (1934) da escala granulométrica em milímetros de Wentworth (1922). Para a fração fina foi adotado o método de pipetagem, considerando-se o detalhamento da fração síltica (silte grosso, silte médio, silte fino, silte muito fino) e obtenção aritmética da fração argilosa total.

Os resultados obtidos na peneiração e pipetagem possibilitaram o cálculo de parâmetros granulométricos estatísticos, como tamanho médio, mediana, assimetria, desvio padrão e curtose, a partir da aplicação de metodologia proposta por Folk & Ward (1957).

Para representação detalhada da distribuição granulométrica das amostras de solo coletadas foram elaboradas curvas acumulativas e histogramas de freqüência simples.

Tendo em vista a composição heterogênea das amostras, a caracterização textural dos solos amostrados foi efetuada com base na elaboração de diagramas de classificação triangular de Shepard (1954). Além das três principais classes granulométricas (areia, silte e argila), a classificação de Shepard considerada classes intermediárias, que inclui sedimentos areno-siltosos, areno- argilosos, silte-arenosos, silte-argilosos, argilo-arenosos, argilo-siltosos e areia-silto-argilosa, abrangendo amostras polimodais, compostas por fração psamítica e fração pelítica.

6 - RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos podem ser expressos de duas maneiras: a) resultados de trabalhos de grupos de pesquisa em setores específicos da área do projeto; b) resultados de trabalhos desenvolvidos na área do projeto como um todo.

6.1. Resultados de trabalhos de grupos de pesquisa em setores específicos da área do projeto

Nesta seção, são apresentadas as pesquisas realizadas por integrantes do projeto em áreas específicas, abordando assuntos variados, porém sempre dentro do tema proposto no projeto. De acordo com o nível da pesquisa, esses trabalhos foram agrupados como trabalhos de conclusão de curso (TCCs), pesquisas de mestrado ou pesquisas de doutorado. Para facilitar a visualização espacial, cada pesquisa está referida ao mapa de microbacias da área do projeto (figura 6.1).

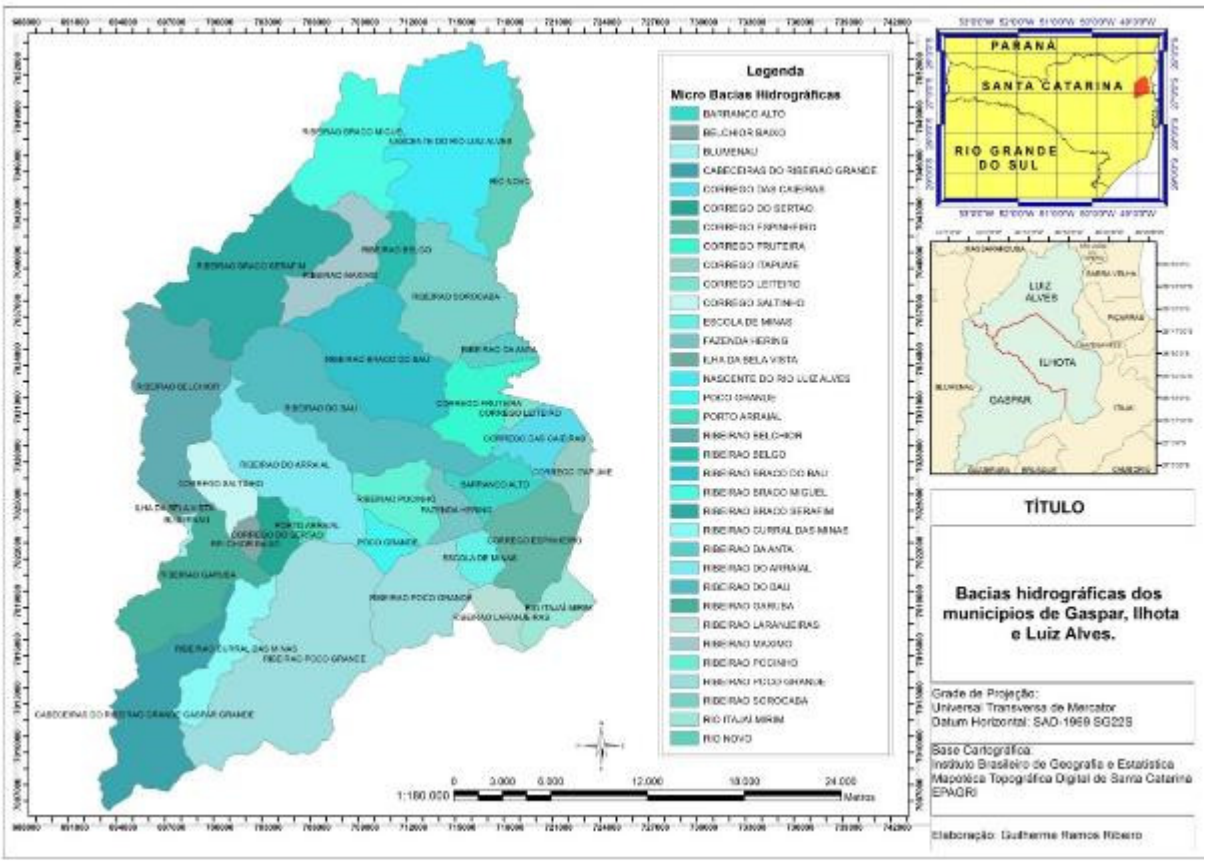


Figura 6.1 – Mapa de microbacias da área do projeto.

6.1.1. Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs)

A relação dos trabalhos de conclusão de cursos desenvolvidos está expressa na tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Relação dos trabalhos de conclusão de curso (TCCs) desenvolvidos.

Título	Autor	Orientador	Microbacia (Fig.6.1.)
Correlação entre os Movimentos de Massa e a Cobertura Vegetal na Bacia do Braço do Baú, Município de Ilhota - SC.	Gabriel Muniz de Araujo Lima	Angela da Veiga Beltrame	Rib. Braço do Baú
Mapeamento das Áreas de Perigo de Inundação no Braço do Baú, Ilhota - SC	Leonardo Romero Monteiro	Massato Kobiyama	Rib. Braço do Baú
Previsão de Deslizamentos Através de Análise Multicriterial em Ambiente SIG Somado ao Modelo Matemático Determinístico Shalstab na Região Gaspar-SC.	Guilherme Ramos Ribeiro	Edison Ramos Tomazzoli	Rib. Braço do Baú (parte sul) e Córrego Saltinho

No ANEXO VII são apresentadas a síntese de cada pesquisa de TCC listada na tabela acima.

6.1.2. Pesquisas de mestrado

A relação das pesquisas de mestrado desenvolvidas está expressa na tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Relação das pesquisas de mestrado desenvolvidas.

Título	Autor	Orientador	Microbacia (Fig. 6.1)
Identificação, análise e mapeamento dos movimentos de massa ocorridos em novembro de 2008, no alto da bacia do Ribeirão Belchior, Gaspar-SC.	Fernanda Bauzys	Edison Ramos Tomazzoli	Rib. Belchior (parte norte)
Análise dos movimentos de massa na microbacia do Ribeirão do Baú, Ilhota, SC, com base em critérios da geomorfologia e geologia	Harideva Marturano Egas	Joel Robert Georges Marcel Pellerin	Ribeirão do Baú
Delimitação das áreas de risco no entorno do Parque Botânico Morro Baú, Ilhota, SC: proposta de zona de amortecimento	Claudio Henschel de Matos	Angela da Veiga Beltrame	Rib. Braço do Baú

Análise da suscetibilidade e cadastramento de deslizamentos translacionais: um estudo do alto da bacia do Ribeirão Belchior, Gaspar – SC	Gabriel Muniz de Araujo Lima	Lia Caetano Bastos	Rib. Belchior (parte norte)

continuação da Tabela 6.2

Análise dos movimentos de massa nas microbacias fluviais: Saltinho, Belchior Baixo, Sertão E Porto Arraial - Gaspar – SC	Graziela Mazieiro Pinheiro Bini	Maria Lúcia de Paula Herrmann	Córrego do Saltinho, Córr. Belchior Baixo, Córrego do Sertão e Porto Arraial
Análise dos movimentos de massa na bacia do Ribeirão Belchior Baixo **(em elaboração)**	Mari Angela Machado	Juan Altamirano Flores	Córrego Belchior Baixo
Mapeamento geotécnico e das áreas suscetíveis a escorregamentos translacionais na microbacia do Ribeirão Baú, Ilhota/SC **(em elaboração)**	Regiane Sbroglia	Edison Ramos Tomazzoli	Ribeirão Baú
Caracterização do manto de alteração em cicatriz de movimento de massa como contribuição à compreensão dos processos morfogenéticos no relevo gnáissico do Complexo do Baú **(em elaboração)**	Alexandre Castro Faria	Juan Altamirano Flores	Ribeirão Belchior

No ANEXO VIII são apresentadas a síntese de cada pesquisa de mestrado listada na tabela acima.

6.1.3. Pesquisas de doutorado

A relação das pesquisas de mestrado desenvolvidas está expressa na tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Relação das pesquisas de doutorado desenvolvidas.

Título	Autor	Orientador	Microbacia (Fig.6.1.)
Análise das Áreas de Risco do Alto Curso do Rio Luis Alves, Santa Catarina, Brasil. **(em elaboração)**	Lucia Pinto Camargo	Maria Lúcia de Paula Herrmann/Edison Ramos Tomazzoli	Rib. Braço Serafim e Rib. Máximo
Análise de Áreas Suscetíveis a Escorregamentos e Mapeamento De Risco na	Daniel Galvão Veronez Parizoto	Maria Lúcia de Paula	Rib. Braço do Baú

Microbacia Ribeirão Braço do Baú - Ilhota/Sc **(em elaboração)**		Herrmann/Edison Ramos Tomazzoli	

No ANEXO IX são apresentadas a síntese de cada pesquisa de doutorado listada na tabela acima.

6.2. Resultados de trabalhos desenvolvidos na área do projeto como um todo

6.2.1. Caracterização Geológica

A figura 6.2. representa o mapa geológico da área do projeto. O mesmo mapa, em formato ampliado, pode ser visualizado no ANEXO III. Foi elaborado a partir de uma criteriosa interpretação de imagens aéreas, associada a intensivos trabalhos de campo. Em sua fase inicial de elaboração contou com o apoio de mapas geológicos anteriores, como o mapa geológico do GERCO (Mapeamentos Temáticos do Programa de Gerenciamento Costeiro do Estado de Santa Catarina) cuja referência é Kaul et al.(2003), além dos mapas de Hartmann (1978) e Rocha et. al. 2005.

As unidades geológicas descritas na coluna estratigráfica do mapa são Complexo Luiz Alves, Grupo Brusque, Granitoides Sintectônicos, Grupo Itajaí, Província Magmática Paraná e Depósitos Quaternários.

O Complexo Luiz Alves, também conhecido como Complexo Granulítico de Santa Catarina é composto por rochas metamórficas de fácies granulito, retrometamorfisadas ou não para as fácies anfibolito e xisto verde. Possuem idade arqueana, com eventos retrometamórficos relacionados ao paleo e neoproterozóico. Os litotipos mais comuns são gnaisses quartzo-feldspáticos com hiperstênio.

Ocorrem também núcleos de rochas máficas-ultramáficas, representadas por gabros, piroxenitos e anfibólio xistos e subordinadamente, gnaisses calcissilicáticos, kinzigitos anostositos, quartzitos, além de formações ferríferas (Hartmann et al., 1979). As rochas mostram-se capeadas por um manto de intemperismo bastante espesso, atingindo profundidades muitas vezes superiores a 30 metros.

Neste complexo ocorrem numerosas falhas e zonas de cisalhamento, com destaque para o lineamento ou zona de cisalhamento Perimbó, com direção N55°E, que coloca as rochas desse complexo em contato com as dos grupos Brusque e Itajaí. Ocorrem também falhas e zonas de cisalhamento segundo as direções gerais N80°E, N20°E e N30°W. Essas

estruturas condicionam a formação de vales fluviais profundos e retilíneos, muitas vezes preenchidos por depósitos aluvionares, apresentando encostas com alta declividade, onde ocorreram grandes movimentos de massa, condicionados por esse relevo acidentado associado às grandes espessuras do manto de intemperismo.

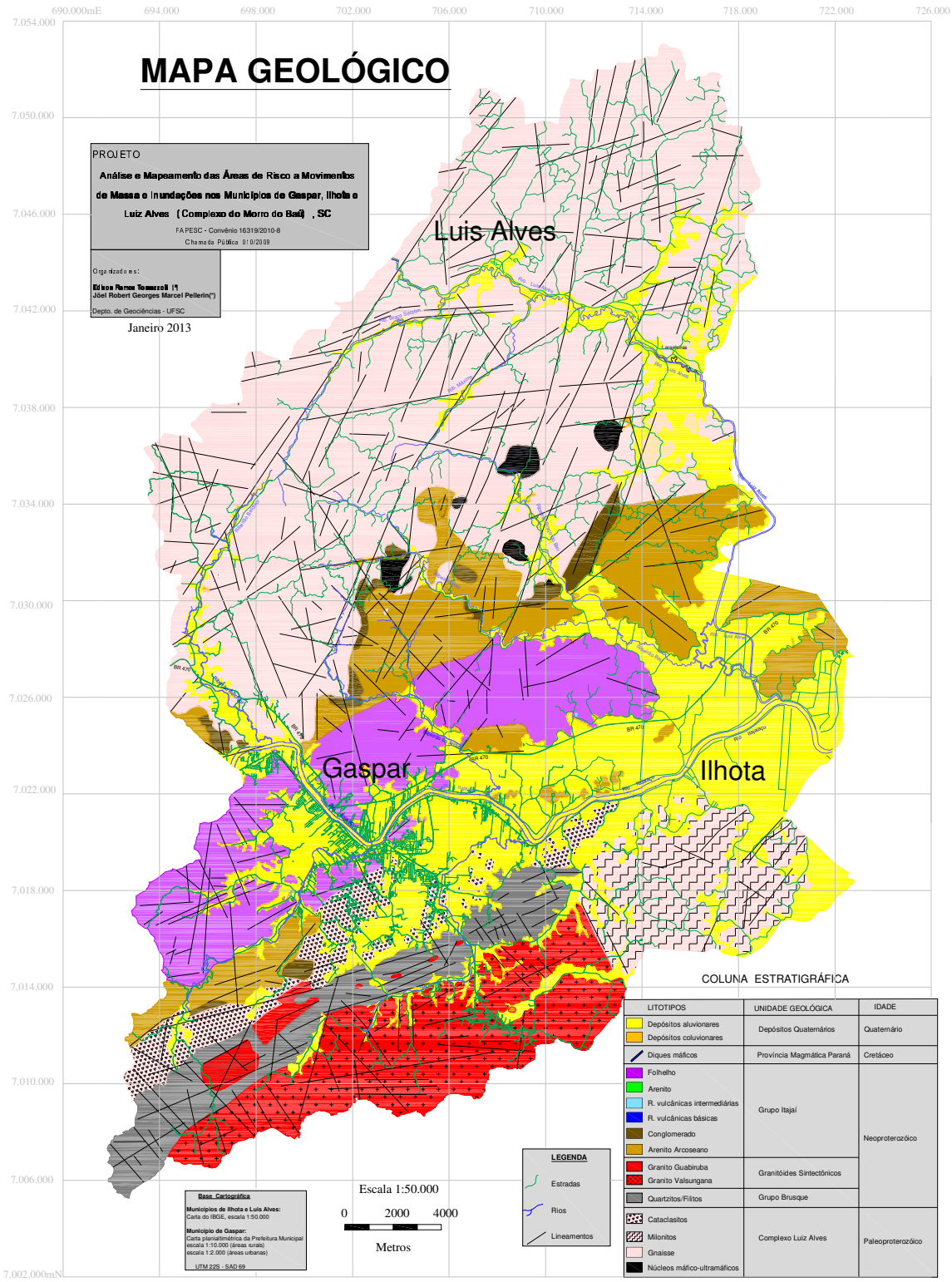


Figura 6.2 – Mapa Geológico da área do projeto. No ANEXO II pode-se visualizar versão desse mapa em escala ampliada.

O Grupo Itajaí é constituído, predominantemente, por turbiditos (argilitos, siltitos e arenitos finos ritmicamente intercalados), conglomerados (Conglomerado Baú) e arenitos

arcoseanos, bem como rochas vulcânicas e subvulcânicas de composição predominantemente riolítica, raramente básica, com raras camadas de tufos finos. Essas rochas, geralmente estão dispostas em camadas superpostas com pequenas a médias inclinações para sul-sudeste, constituindo elevações do tipo mesa (raramente) ou cuesta, devido à inclinação. O próprio Morro do Baú pode ser interpretado como uma elevação desse tipo. É constituído pela superposição de camadas inclinadas de conglomerado e arenito que, nesse caso, estão mais fortemente cimentadas por sílica, conferindo grande resistência dessas rochas à erosão diferencial. Constitui-se, assim, num morro-testemunho, destacado devido a sua maior elevação.

A Província Magmática Paraná é representada por diques básicos, com direções e espessuras variadas.

Os depósitos aluvionares quaternários são constituídos por sedimentos síltico-argilosos, arenosos ou rudáceos inconsolidados, depositados no fundo dos vales.

6.2.1.1. Caracterização Petrográfica

Na área do projeto, foram analisados os seguintes litotipos: andesitos, basaltos, gabros, piroxenitos, gnaisses granulítcos e anfibólio xistos.

Os **andesitos** ocorrem associados às rochas sedimentares (predominantemente folhelhos) do Grupo Itajaí. São rochas maciças, exibindo cinza escura e textura equigranular fina a média. Ao microscópio observa-se que seus constitutivos essenciais são plagioclásio, piroxênio (augita) e hornblenda verde. Quartzo e óxidos de ferro-titânio ocorrem como acessórios; clorita é o mineral secundário mais comum. No afloramento BA 206 observa-se pequeno derrame de andesito basáltico intercalado a camadas de folhelho do Grupo Itajaí. Nesse caso a rocha apresenta textura porfírica com pequenos fenocristais de plagioclásio sobre uma matriz escura que, ao microscópio, mostrou-se como material muito fino, hemivítreo.

Os **basaltos e diabásios** são rochas que podem ocorrer como diques correlacionáveis à Formação Serra Geral ou como bordas de núcleos máficos relacionados ao Complexo Luiz Alves. São rochas de cor escura, equigranulares finas ou médias. Quando em diques, as rochas exibem, ao microscópio, trama subofítica ou intergranular com plagioclásios tabulares envolvendo cristais de augita e magnetita/ilmenita. O quartzo intersticial é um acessório pouco comum. Observa-se, com frequência, a alteração hidrotermal de plagioclásio para epidoto e de augita para anfibólio ou biotita. No afloramento BA 520b ocorre basalto na borda de um

corpo máfico (gabro) do Complexo Luiz Alves. Nesse caso a rocha exibe textura afanítica em amostra de mão; ao microscópio observa-se plagioclásio tabular, óxidos de ferro titânio e anfibólio verde, de origem metamórfica, substituindo parcialmente cristais ígneos de augita.

Os **gabros** são rochas de coloração cinza escuro de grão grosso, que formam corpos ou núcleos máficos relacionados ao Complexo Luiz Alves. Ao microscópio seu constitutivos essenciais são plagioclásio, augita, hiperstênio, anfibólio e óxidos de ferro-titânio. Clorita e actinolita são os constitutivos de origem hidrotermal ou metamórfica mais frequentes.

Os **piroxenitos** exibem cor preta ou cinza escuro; textura equigranular geralmente grossa. Assim como os gabros e basaltos, estão frequentemente associados a solo argiloso vermelho. Ao microscópio exibem plagioclásio, augita, pigeonita, hiperstênio e óxidos de ferro titânio como minerais essenciais; horblenda, actinolita, biotita e clorita como minerais secundários, de origem metamórfica ou hidrotermal.

Os **ganisses granulíticos** costumam apresentar planos de bandamento com direções variadas, dobrados ou não. Exibem com frequência enclaves máficos ou ultramáficos de diversos tamanhos, com formas angulosas ou arredondadas e diferentes estágios de assimilação (fig.6.3).

Figura 6.3 – Hornblenda ganisse contendo enclaves máficos com diferentes estágios de assimilação.

Microscopicamente apresentam mineralogia a base de hornblenda, biotita, óxidos de ferro e minerais félsicos plagioclásio, feldspato potássico e quartzo sob trama granoblástica, podendo conter quantidades variáveis de hiperstênio ou diopsídio. Podem ser observados, ainda, pequenos cristais arredondados de olivina, talvez proveniente da assimilação dos

enclaves máficos/ultramáficos. Biotita associada clorita (mais rara), pode ocorrer formando bandas descontínuas, além de porfiroclastos de plagioclásio, envoltos por quartzo, feldspato potássico e plagioclásio mais finos, com contatos em mosaico, configurando assim, uma textura milonítica. Por vezes, a rocha predominante é um horblenda gnaisse bandado (fig. 6.4), com quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e hornblenda verde como minerais predominates. Outras vezes a biotita é o mineral máfico predominante e a rocha é classificada como um biotita gnaisse.

Figura 6.4 - Horblenda gnaisse bandado.

Em apenas um afloramento (figura 6.5) observou-se **formação ferrífera bandada**, fácies silicato contendo camadas de óxidos de ferro (magnetita/hematita) interladas a finas bandas claras de quartzo policristalino. Nessas rochas, além desses minerais, ocorre também granada em grande proporção e actinolita. Podem ser classificadas, portanto, como kinzigitos. Ocorrem também porções maciças de óxido de ferro, com maiores proporções em magnetita/hematita, contendo clinopiroxênio, quartzo e traços de granada. Essas camadas de formação ferrífera banda estão envoltas por **hiperstênio-hornblenda gnaisse**, com o hipertênio apresentando-se com as bordas substituídas por horblenda verde, indicando retrometamorfismo.

Essa rocha apresenta ainda quartzo, plagioclásio e feldspato potássico sob contatos poligonais e pode ser classificada como charnoquito.

Figura 6.5 – Formação ferrífera bandada, composta por camadas inclinadas de magnetita-hematita intercaladas por camadas claras de quartzo.

Anfibólio xistos e anfibolitos são rochas de cor verde escuro, com foliação bem marcada. Ao microscópio apresentam textura lepidoblástica caracterizada pela orientação planar de hornblenda, actinolita, biotita e clorita. Os anfibolitos apresentam proporções maiores em plagioclásio. É comum a presença de minerais opacos granulares (magnetita).

6.2.1.2. Caracterização Geoquímica

Para a caracterização geoquímica das rochas foram feitas análises químicas em litotipos escolhidos.

Os dados analíticos constam do ANEXO I. Desse anexo, foram selecionadas amostradas representativas, de rocha e solo (tabela 6.4 e 6.5), com o objetivo de classificar quimicamente e avaliar o comportamento geoquímico dos litotipos e também a mobilidade geoquímica dos elementos nos solos que recobrem essas rochas.

Tabela 6.4 – Litotipos e amostras de solo selecionadas.

Amostra	Material	Litotipo

BA 117	Rocha	Anfibolito
BA 123b	Rocha	Diabásio/Basalto
BA 213b	Rocha	Diabásio/Basalto
BA206	Rocha	Andesito basáltico
BA232	Rocha	Andesito
BA 319	Rocha	Piroxenito
BA 328	Rocha	Piroxenito
BA 335	Rocha	Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 314	Rocha	Piroxenito
BA 610a	Rocha	Piroxenito
BA 314	Rocha	Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 601a	Rocha	Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 520b	Rocha	Basalto de borda de complexo máfico
BA 520a	Rocha	Gabro de borda de complexo m
BA 313b	Solo	Solo sobre Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 124	Solo	Solo sobre Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 311	Solo	Solo sobre Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 311b	Solo	Solo sobre Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 308b	Solo	Solo sobre Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 313c	Solo	Solo sobre Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 125	Solo	Solo sobre Gnaisse ganulítico (enderbito)
Ba 110a	Solo	Solo sobre Gnaisse ganulítico (enderbito)
BA 313b	Solo	Solo sobre piroxenito
BA 314	Solo	Solo sobre piroxenito
BA 133	Solo	Solo sobre folhelho
BA 134	Solo	Solo sobre folhelho

Tabela 6.5 - Análises químicas selecionadas de rochas e solos.

Análises Químicas - Projeto Baú

Amostra	BA110A	BA117	BA123B	BA124	BA125B	BA133	BA134	BA206	BA213	BA232	BA308B	BA311B	BA311	BA313B	BA313C	BA314	BA314	BA319	BA328	BA335	BA420	BA520A	BA520B	BA601A	BA610A
Litotipo	solo_gn	anfibolit	diabásio	solo_gns	solo_gn	solo_folh	solo_folh	andesito	Bbasalto	andesito	solo_gn	solo_gn	solo_gns	solo_px	solo_gn	piroxenit	solo_px	piroxenit	piroxenit	piroxenit	granulito	gabro	basalto	granulit	piroxeni
SiO2	58.77	54.26	51.17	54.29	50.42	53.28	60.46	52.63	50.13	55.81	63.79	34.14	54.49	61.44	50.63	53.46	24.85	51.95	55	58.98	52.78	57	52.17	56.85	51.74
TiO2	1.58	1.24	3.25	1.02	0.59	0.81	0.83	3.28	3.12	1.27	0.83	2.36	0.5	0.61	0.88	0.25	1.2	0.48	0.77	0.86	0.8	0.82	3.93	0.87	0.48
Al2O3	22.42	14.6	11.77	18.36	25.22	21.8	21.54	11.6	11.44	17.75	17.1	23.94	20.93	13.19	12.48	2.56	20.24	4.15	16.15	17.7	19.39	16.01	12.16	13.61	4.29
Fe2O3	11.05	11.8	14.87	13.6	8.61	7.87	7.55	14.33	14.3	9.24	7.08	25.38	8.29	16.63	25.26	11.42	40.06	13.24	9.53	10.25	8.41	9.71	13.63	9.55	13.99
MnO	0.07	0.18	0.19	0.2	0.05	0.03	0.05	0.2	0.2	0.14	0.1	0.09	0.1	0.24	0.32	0.23	0.62	0.24	0.18	0.21	0.13	0.18	0.16	0.16	0.25
MgO	0.49	7.31	4.18	2.74	0.61	0.87	3.64	4.05	4.57	5.91	2.08	0.99	1.35	3.7	5.67	17.38	0.66	15.04	4.83	4.62	3.52	4.1	4.13	5.12	15.9
CaO	0.06	8.73	8.28	1.71	0.08	0.09	0.02	7.39	8.22	8.25	4.24	0.99	4.13	0.47	0.19	12.28	0.06	12.8	7.45	4.52	8.79	7.81	7.73	7.62	12.96
Na2O	0.04	3.23	2.44	0.95	0.04	0.01	0.05	2.6	2.27	3.81	3.06	0.16	3.39	0.08	0.03	0.54	0.01	0.58	3.76	4.47	3.87	3.33	2.63	2.79	0.59
K2O	0.87	0.96	0.72	1.06	0.38	2.97	3.64	1.53	0.97	1.78	1.9	0.06	0.42	0.34	0.22	0.06	0.17	0.18	0.75	1.44	0.31	0.7	1.74	0.81	0.15
P2O5	0.3	0.31	0.38	0.16	0.07	0.07	0.03	0.45	0.34	0.43	0.41	0.54	0.14	0.01	0.01	0.01	0.15	0.03	0.1	0.01	0.27	0.24	0.43	0.24	0.04
LOI	8.91	1.04	0.87	7.21	11.31	8.39	6.54	0.64	0.87	0.01	2.6	9.64	4.29	7.97	8.49	0.09	13.1	0.72	0.46	0.37	0.23	0.26	0.01	0.36	0.7
Total	104.57	103.7	98.13	101.36	97.38	96	101.78	98.7	96.43	104.34	103.2	98.3	98.05	104.8	104.43	98.5	101.22	99.56	99.01	103.46	98.51	100.18	98.55	98.02	101.24
Cr2O3	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.02	0.12	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.15	0.24	0.2	0.12	0.16	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.03	0.16
Ba	1453	665	686	1644	629	677	471	524	368	1232	1514	142	615	474	282	25	410	40	506	780	403	808	636	773	46
Rb	37	14.9	24.1	22	14.4	177.6	243.2	38.3	22.6	33.3	26.4	7.3	4.3	17.3	12.5	5.3	7.5	3.6	6.9	31.3	2.8	5.5	39.8	14.9	2
Sr	192	609	973	169	35	47	22	552	564	768	776	40	780	23	13	86	10	71	585	606	903	718	912	414	84
Y	30	32	29	56	105	17	21	31	28	24	22	10	10	20	28	12	23	15	18	14	14	26	28	19	14
Zr	549	172	211	571	183	276	339	255	209	282	275	41	109	673	331	26	108	46	303	47	174	219	307	171	45
Nb	26.07	15	16.75	17.64	8.8	19.14	30.68	27.19	22.28	14.95	13.85	3.05	3.55	7.05	11.14	3.22	4.56	2.4	8.6	16.01	5.85	10.15	31.76	11.22	2.62
Th	18.8	2.2	2.9	4.1	2.6	19.2	21.4	3.9	3.3	2.8	2.2	2.5	0.9	5.4	5.9	1	2	0.6	0.5	1.9	0.2	0.5	3.5	0.9	0.5
Ga	28.6	18.8	21.5	22.1	20.5	27.6	30.9	23.2	23	18.8	19.9	33.8	23.9	16.6	18.2	5.7	24.9	8.9	19.1	20.4	21.6	20	25.9	16.1	8.3
Zn	108	143	153	138	99	52	55	152	154	99	129	197	146	121	138	93	190	99	98	126	97	104	142	90	108
Cu	30	37	160	31	13	21	24	100	253	43	20	96	55	130	169	61	120	140	20	15	19	35	207	36	141
Co	15.8	46.8	42	39.8	17.6	6.3	7.8	42.2	50	34.1	13.9	55.5	37.3	57.2	109.9	76.2	195.5	76.1	27.8	25.3	24.9	29.4	45.8	35.1	74.4
Ni	32	184	38	114	26	24	23	29	61	102	26	33	34	308	428	277	192	237	103	83	24	33	52	62	230
V	134	195	467	187	123	112	83	375	483	96	74	510	117	186	313	227	526	258	127	107	124	172	444	185	284
Hf	17.16	4.06	6.07	14.04	5.2	7.67	8.79	6.29	5.25	6.26	6.81	1.04	3.01	16.62	8.95	0.7	3.33	1.55	8.41	1.03	3.92	4.89	7.84	3.46	1.37
Cs	2.17	1.34	8.23	1.09	0.83	11.49	14.61	0.74	0.7	0.45	0.17	0.1	0.07	2.24	2.13	0.7	0.62	0.15	0.14	0.63	0.09	0.1	0.57	0.07	0.09
Ta	1.08	0.7	1.19	1.28	0.55	1.6	2.4	1.6	1.1	0.62	0.5	0.25	0.17	0.43	0.49	0.08	0.3	0.11	0.27	0.54	0.18	0.2	2.09	0.49	0.05
U	1.33	0.12	0.64	0.57	0.18	3.19	6.89	0.84	0.59	0.38	0.69	0.05	0.06	0.39	0.36	0.05	0.23	0.05	0.14	0.15	0.07	0.06	0.86	0.18	0.05
W	1.3	1	1.3	0.1	1.1	3.2	8.5	5.6	1.3	0.5	1.2	1.1	0.1	0.5	0.5	1.5	0.9	0.5	0.6	0.6	0.3	0.4	1.1	0.5	0.5
Sn	1.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.2	24.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	65	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3
Mo	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tl	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
La	172.6	54.1	32	80.3	100.6	45.8	38.5	37.3	30.3	59.8	92.3	7.4	42.5	28.4	33	6.3	30.4	8.4	46	28.3	18.9	36.9	45.1	33.9	7.6
Ce	291.1	113.2	65.2	170.8	41.4	197.1	165.9	78.6	60.5	112.5	187	23.3	71.2	58.9	70	13.5	69.4	22.9	79.8	40.4	38.6	77.5	91.9	59.2	21.3
Pr	31.68	14.72	8.89	20.98	20.59	8.15	7.85	10.68	8.03	13.1	21.15	3.48	7.96	6.77	8.18	2.11	7.32	3.58	8.95	3.73	5.17	9.85	11.87	6.68	3.15
Nd	118.1	58.4	40	90.9	90.1	28.2	30.9	47.5	37.4	51.5	82.2	17.9	30.6	27.9	34	10.9	30.5	17.9	35.3	12.8	24.7	43.3	52.1	28.5	16.4
Sm	17	10	8.4	17.1	16.4	5.1	5.5	10.2	7.9	7.9	12.1	4.7	4.8	5.6	6.5	2.5	6.6	4.2	6.3	2.1	4.6	7.6	10.4	5.1	3.7
Eu	3.82	2.98	3.1	4.43	4.84	0.97	0.8	3.04	2.55	2.34	3	1.74	1.9	1.21	1.53	0.69	1.89	1.09	2	1.51	1.64	2.07	3.56	1.64	1.01
Gd	12.2	7.52	8.7	16.42	18.39	4.89	4.1	9.68	8.05	7.05	9.75	4.93	3.79	4.88	5.86	2.49	5.75	3.89	4.83	1.92	4.08	7.03	10.18	4.81	3.62
Tb	1.67	1.18	1.21	2.15	2.62	0.69	0.66	1.43	1.18	0.96	1.19	0.65	0.41	0.65	0.98	0.38	0.85	0.52	0.62	0.3	0.54	0.87	1.35	0.73	0.55
Dy	7.63	6.06	6.83	11.95	15.59	4.14	4.1	7.57	6.96	4.82	5.1	3.11	2	4.02	5.62	2.36	5.28	3.3	3.47	2.18	2.99	4.97	7.17	4.46	3.11
Ho	1.34	1.26	1.31	2.3	3.39	0.8	0.86	1.56	1.2	0.93	0.94	0.53	0.49	0.82	1.13	0.48	0.98	0.59	0.7	0.57	0.57	0.97	1.26	0.84	0.59
Er	3.57	3.46	3.77	6.57	9.82	2.13	2.68	4.05	3.43	2.7	2.65	1.17	1.27	2.28	2.81	1.31	3.01	1.57	2.05	1.61	1.4	2.98	3.33	2.39	1.63
Tm	0.46	0.46	0.47	0.9	1.3	0.32	0.47	0.51	0.48	0.38	0.37	0.18	0.17	0.3	0.43	0.17	0.47	0.24	0.25	0.31	0.18	0.46	0.42	0.35	0.26
Yb	2.9	2.9	2.9	5.4	7.2	2.2	3.3	3.2	2.9	2.5	2	0.7	1	2.1	2.6	1	3.2	1.5	1.8	2.3	1.3	2.4	2.7	2.2	1.5
Lu	0.46	0.42	0.44	0.79	1.08	0.4	0.59	0.44	0.4	0.38	0.33	0.12	0.13	0.32	0.42	0.16	0.48	0.24	0.25	0.41	0.19	0.4	0.38	0.32	0.22

6.2.1.2.1.- Classificação Geoquímica das rochas

Na Figura 6.6 são apresentados diagramas classificatórios para as rochas vulcânicas analisadas. Observa-se que em todos os diagramas a amostra BA232 plota no campo dos andesitos, a mostra BA206, a amostra BA 520b no limite entre o campo dos basaltos e andesitos basálticos e as amostras BA 213b e BA 123b no campo dos basaltos.

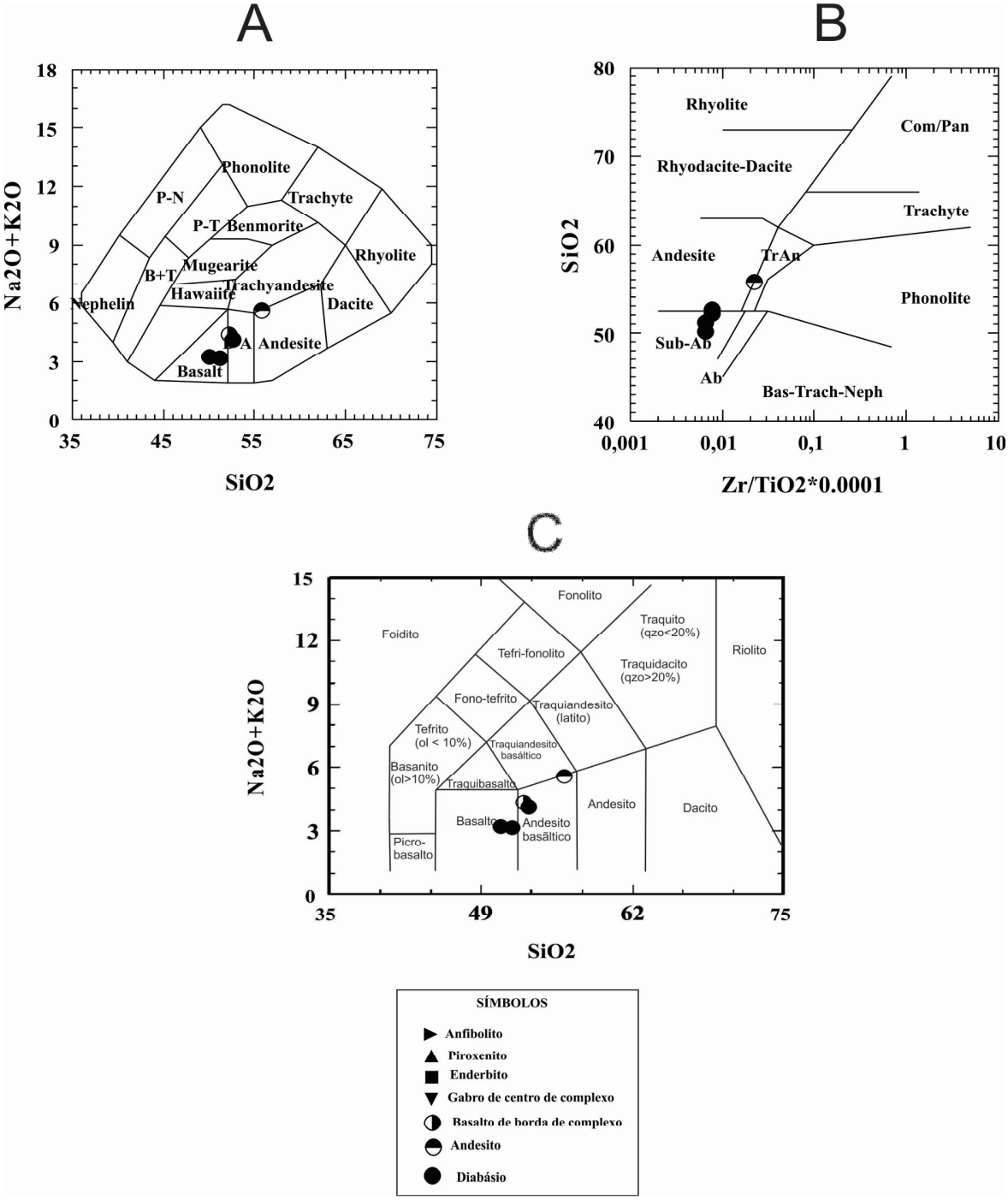


Figura 6.6. – Diagramas de classificação química para as rochas vulcânicas. (A) - diagrama SiO_2 *versus* Na_2O+K_2O, de Cox et al, (1979); (B) – diagrama TAS (Le Bas et al, 1986); (C) – diagrama SiO_2 *versus* Zr/TiO_2, de Winchester & Floyd, (1977). No quadro abaixo estão os símbolos utilizados nos diagramas.

6.2.1.2.2. - Diagramas de Variação (Harker)

Para a avaliação do comportamento geoquímico dos elementos utiliza-se, frequentemente os diagramas de variação (diagramas de Harker), como os apresentados nas figuras 6.7 a 6.10.

A figura 6.7 representa o diagrama de variação para os elementos maiores das rochas vulcânicas.

Observa-se, nesses diagramas, que os basaltos apresentam teores de SiO_2 entre 51,1 e 52.1 e os andesitos e andesitos basálticos entre 52, 6 e 55,8. Observa-se, também, que embora sejam amostras provenientes da mesma unidade geológica (Grupo Itajaí) a amostra de andesito BA 232 apresenta um comportamento geoquímico bastante diferenciado do andesito basáltico BA 206, principalmente quanto ao TiO_2, P_2O_5, CaO, e MgO.

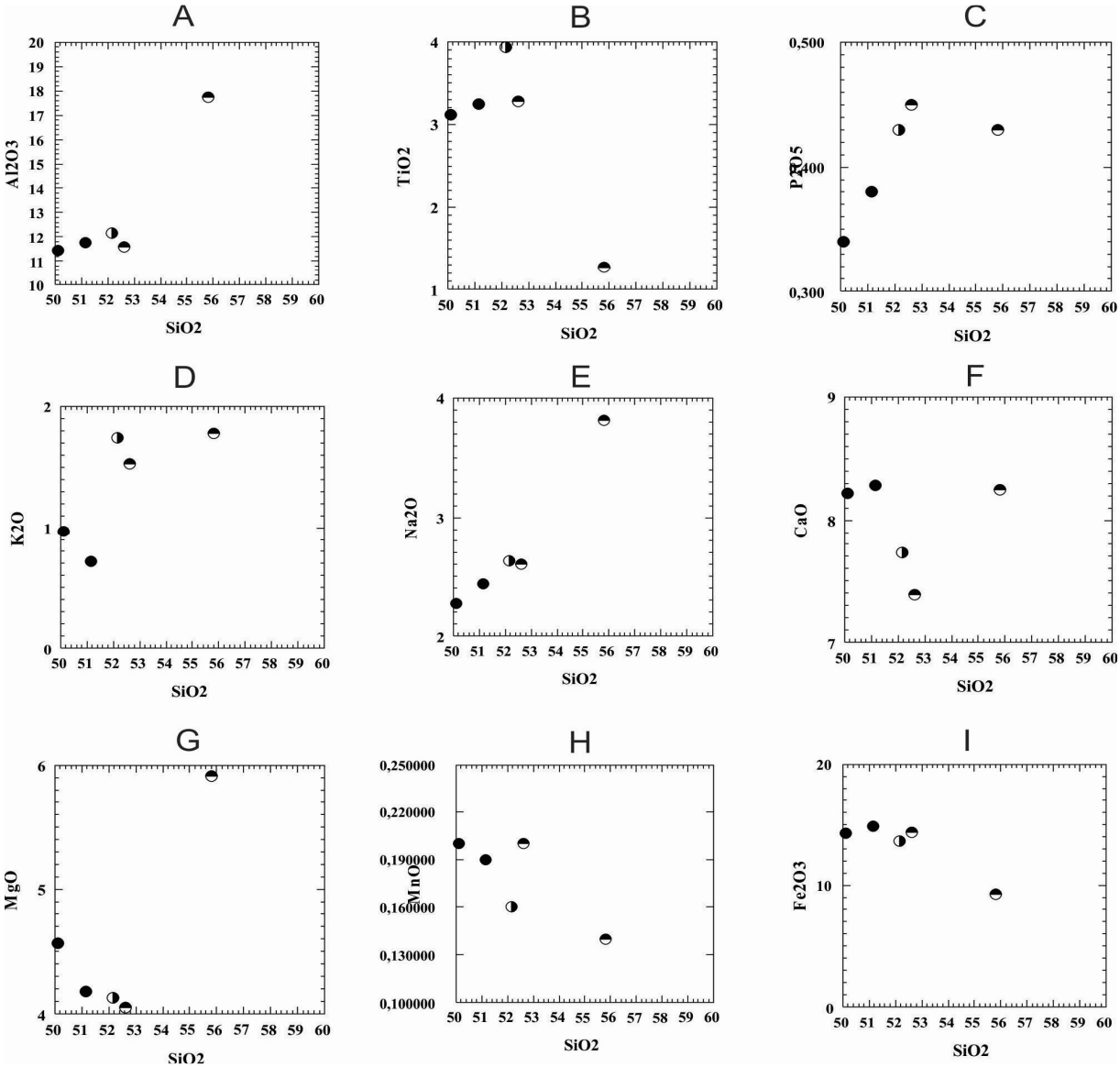


Figura 6.7 – Diagramas de variação para elementos maiores das rochas vulcânicas. Símbolos: os mesmos da fig. 6.6.

A fig.6.8 representa o diagrama de variação para os elementos traços das rochas vulcânicas. Observa-se que, novamente a amostra BA 232 apresenta um comportamento geoquímico diferenciado do andesito basáltico BA 206, principalmente quanto ao Ni, U e Th.

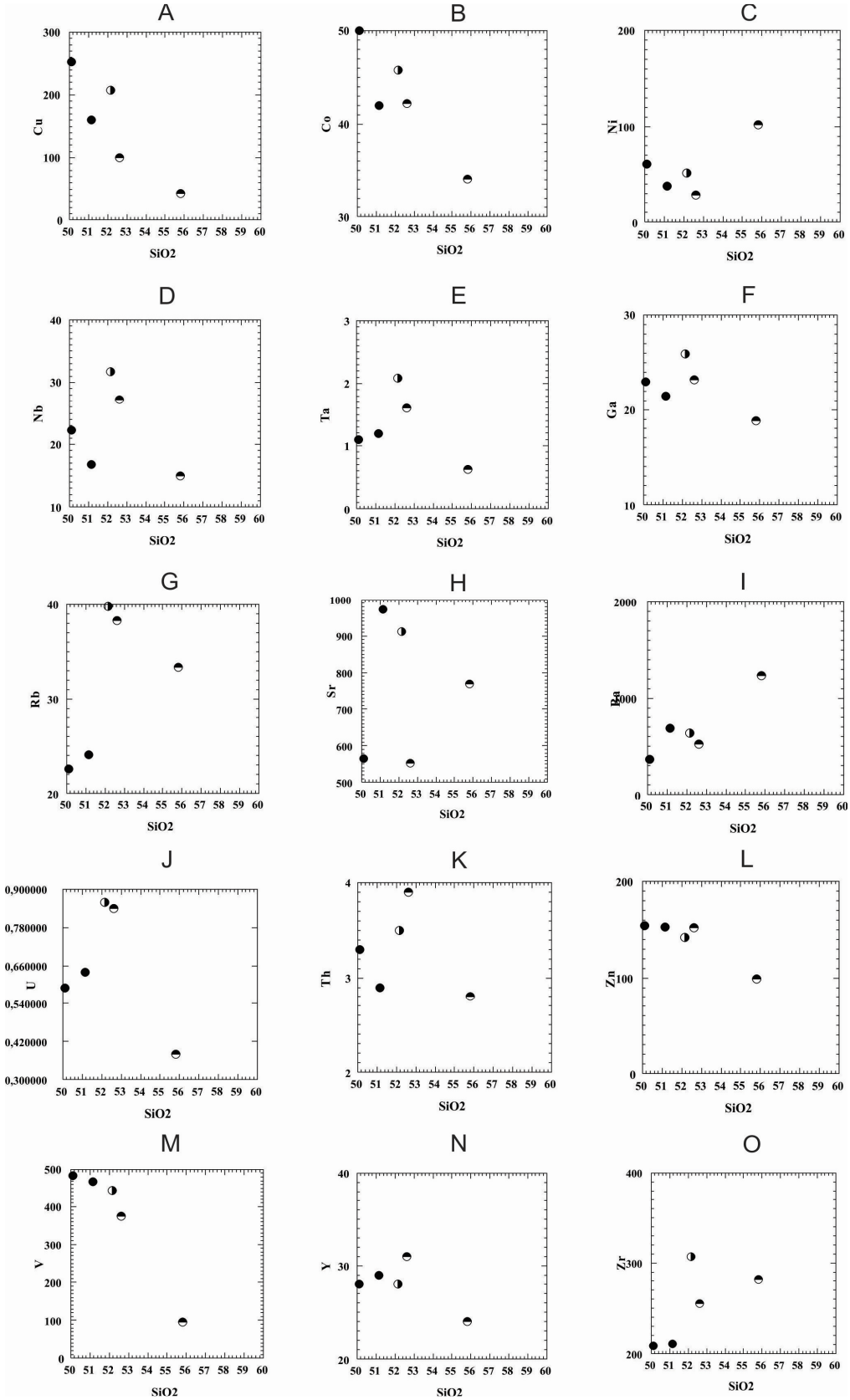


Figura 6.8 – Diagramas de variação para elementos traços das rochas vulcânicas. Símbolos: os mesmos da fig. 6.6.

A fig.6.9 representa o diagrama de variação para os elementos maiores das rochas plutônicas. Observa-se que as três amostras de piroxenito menos diferenciadas (triângulo com vértices para cima) apresentam comportamento geoquímico similar, porém bastante diverso da amostra de piroxenito com teor em SiO_2 de 55%. As três amostras de gnaisses granulíticos (enderbitos) apresentam teores em SiO_2 bastante variados. A amostra de enderbito com teor de SiO_2 de 52,7% diferencia-se das amostras de piroxenito quanto aos teores em Al_2O_3, P_2O_5, NaO, MgO, MnO e Cr_2O_3.

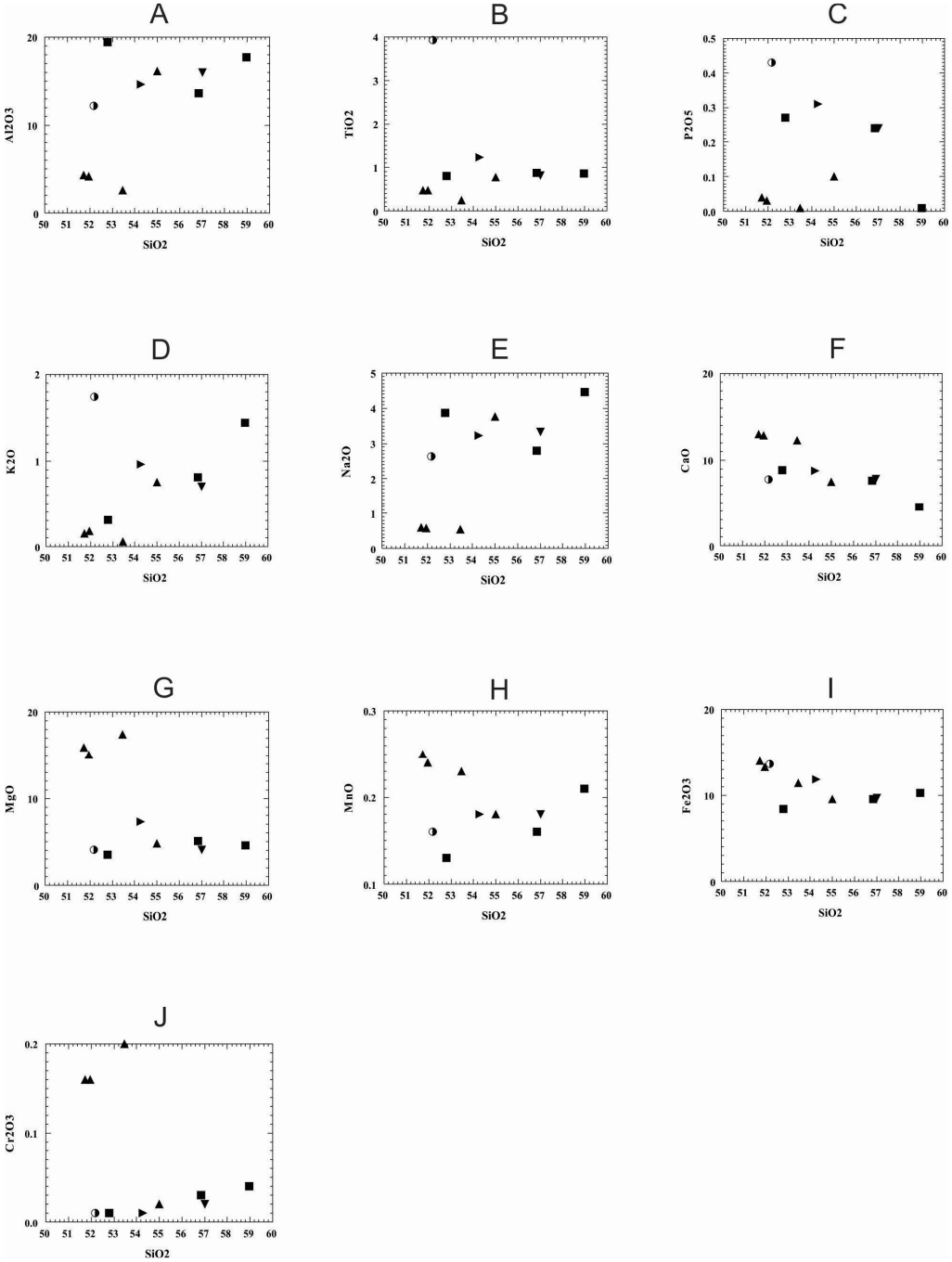


Figura 6.9 - Diagramas de variação para os elementos maiores das rochas plutônicas. Símbolos: os mesmos da fig. 6.6.

A amostra de basalto de borda de complexo máfico, quando comparada à amostra de gabro do centro do mesmo complexo, embora seja mais pobre em SiO_2, apresenta maiores teores em TiO_2, P_2O5, K_2O, Fe_2O_3; menores teores em Cr_2O_3, MgO e MnO, evidenciando um comportamento mais diferenciado.

A fig.6.10 representa o diagrama de variação para os elementos traços das rochas plutônicas.

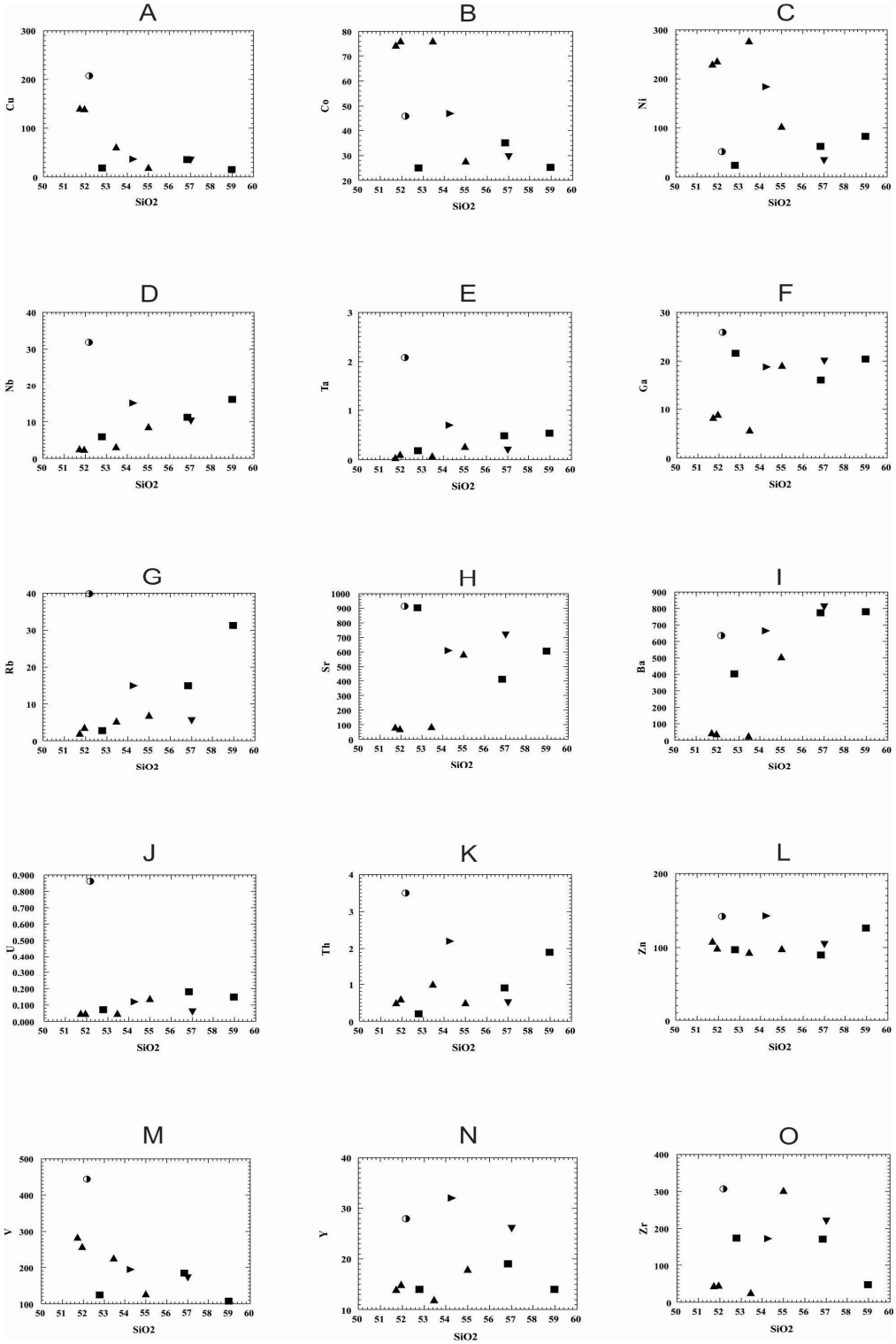


Figura 6.10 - Diagramas de variação para os elementos traços das rochas plutônicas. Símbolos: os mesmos da fig. 6.6.

Novamente as três amostras de piroxenito menos diferenciadas exibem comportamento geoquímico bastante diverso das demais, principalmente no que se refere ao Co, Ni, Ga, Ba e Zr. A amostra de enderbito com teor de SiO_2 de 52,7% diferencia-se das amostras de piroxenito quanto aos teores em Ni, Co, Ga, Sr, Ba, V e Zr.

A amostra de basalto de borda de complexo máfico, quando comparada a amostra de gabro do centro do mesmo complexo, embora seja mais pobre em em SiO2, apresenta maiores teores em Cu, Co, Nb, Ta, Ga, Rb, Sr, U, Th, Zn, V, Y e Zr e menores teores em Ba, evidenciado, novamente um comportamento mais diferenciado.

6.2.1.2.3 - Diagramas Multielementares

Na figura 6.11 são apresentados os diagramas de Elementos de Terras Raras (ETR) e diagramas multielementares para amostras de rochas vulcânicas e plutônicas. No diagrama de ETR da fig 6.11 A, observa-se que a distribuição dos elementos da amostra de andesito BA 232 apresenta a maior inclinação, evidenciando que é a amostra que sofreu o maior fracionamento dentre as rochas vulcânicas. O mesmo acontece no diagrama multielementar da fig. 6.11 C.

Na figura 6.11 B, observa-se que o grupo dos três piroxenitos com menores teores em SiO_2 dos diagramas anteriores é o que apresenta um padrão menos inclinado na distribuição dos elementos, evidenciando serem rochas menos diferenciadas ou mais primitivas geoquimicamente. O mesmo se repete com o diagrama da figura 6.11 D.

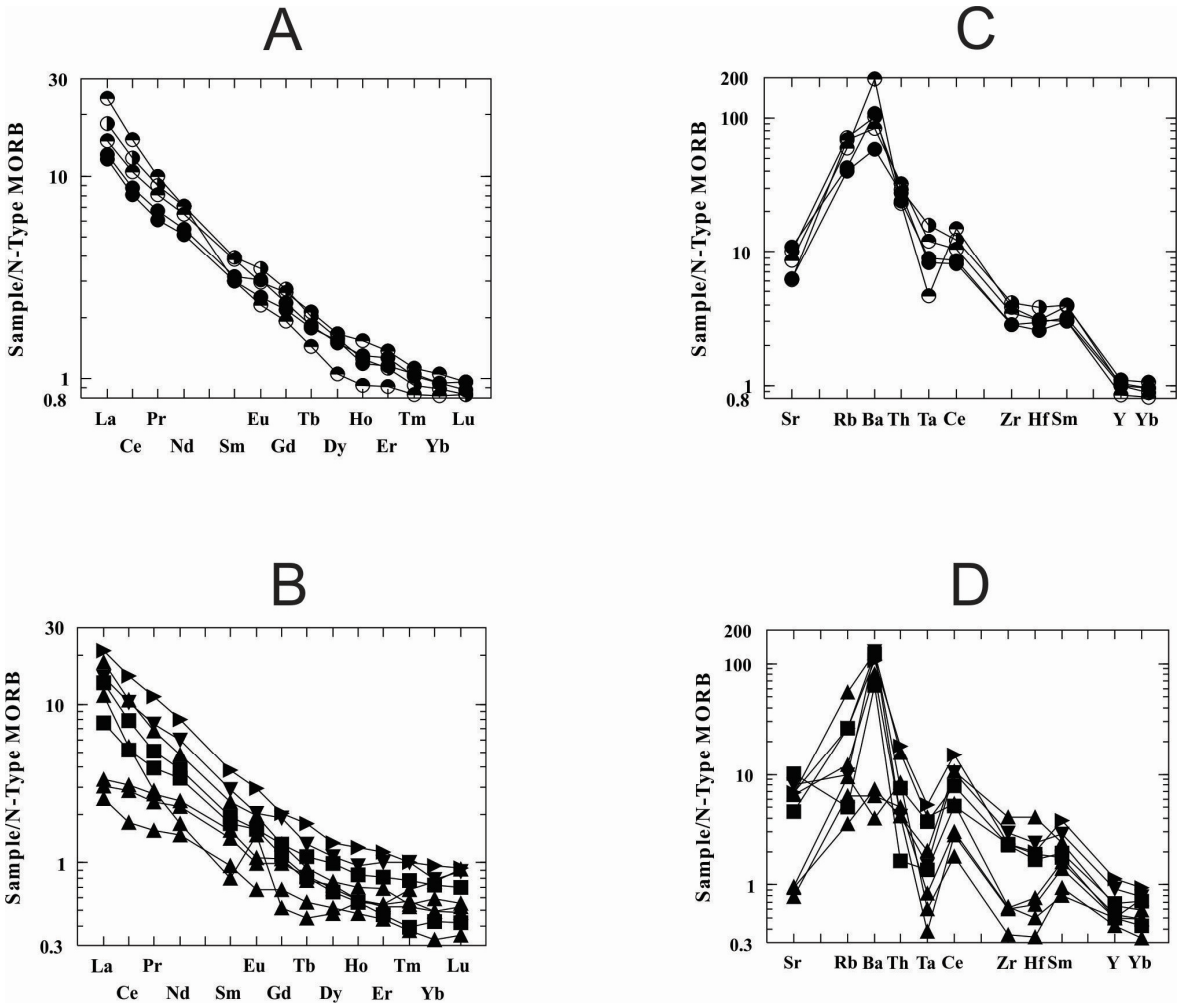


Figura 6.11 - Diagramas multielementares. (A) – Diagrama de ETRs para rochas vulcânicas; (B) - Diagrama de ETRs para rochas plutônicas; (C) – Diagrama multielementar (modelo Pearce) para rochas vulcânicas; e (D) - Diagrama multielementar (modelo Pearce) para rochas plutônicas. Símbolos: os mesmos da fig. 6.6.

6.2.1.2.4. - Composição química de rochas X composição química de solos

No diagrama multielementar da figura 6.12 é feita a comparação entre amostra de piroxenito e o do solo residual que se desenvolveu sobre a rocha. Esse diagrama foi confeccionado com dados de elementos maiores cujos valores foram normalizados a amostra de piroxenito em Le Maitre (1976).

Observa-se que o solo teve um enriquecimento residual em TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, K_2O e P_2O_5 e uma depleção em SiO_2, MgO, CaO e Na_2O. De uma maneira geral, o mesmo processo se observa no diagrama da figura 6.13., envolvendo três amostras de piroxenito e duas amostras de solo residual que se desenvolveu sobre piroxenitos.

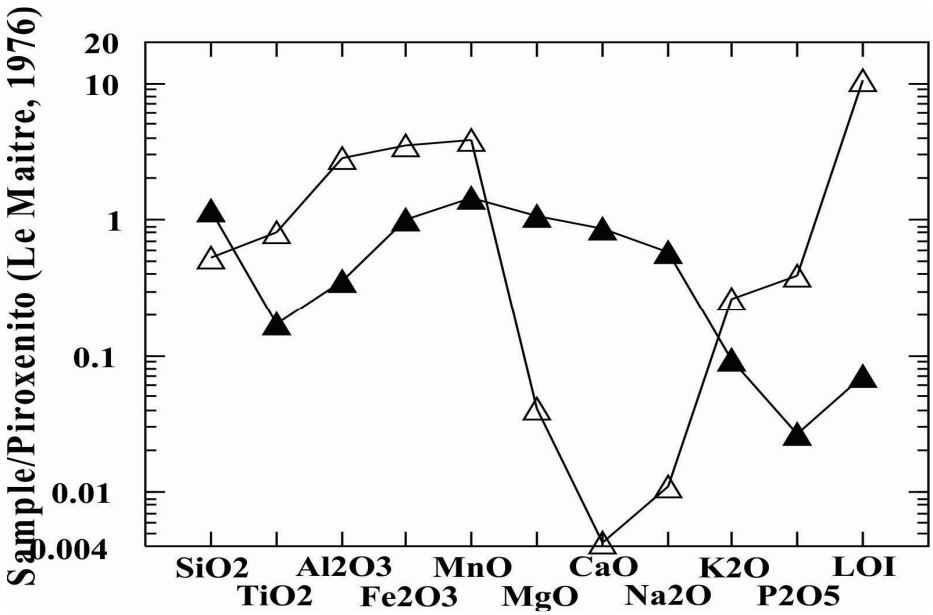


Figura 6.12 – Piroxenito X Solo de piroxenito no ponto BA314 (Morro Azul) – Diagrama multielementar normalizado, comparando análise de piroxenito (símbolo preenchido) com análise de solo desenvolvido sobre o piroxenito (símbolo vazado).

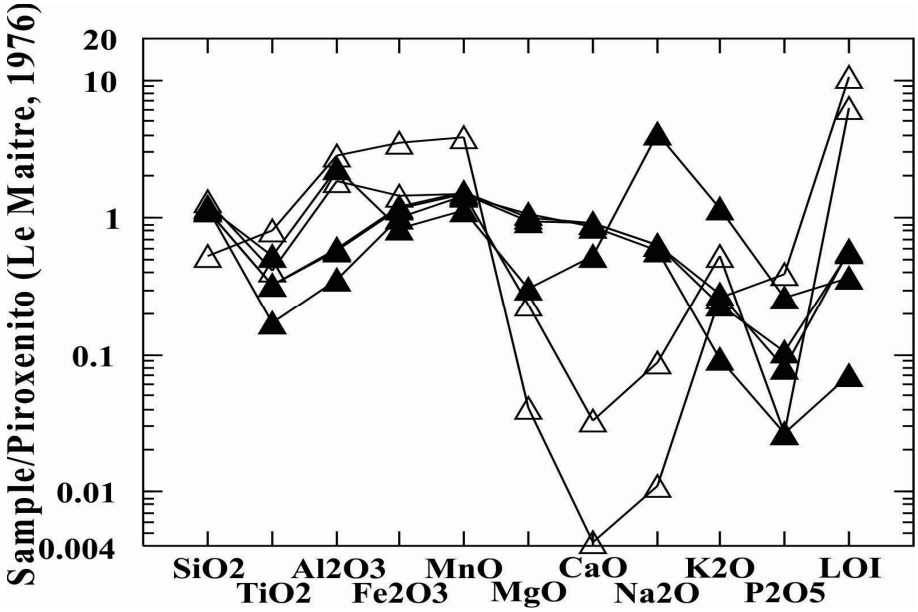


Figura 6.13 – Piroxenito X Solo de Piroxenito – Diagrama multielementar normalizado, comparando análises de piroxenito (símbolos preenchidos) com análises de solos desenvolvidos sobre os piroxenitos (símbolos vazados).

No diagrama multielementar da figura 6.14 é feita a comparação entre amostras de gnaisses granulíticos e o do solo residual que se desenvolveu sobre essas rochas. Esse diagrama foi confeccionado com dados de elementos maiores cujos valores foram normalizados a amostra de granodiorito em Le Maitre (1976). Observa-se que o solo teve um enriquecimento residual em TiO_2, Fe_2O_3 e P_2O_5 e uma depleção em SiO_2, MnO, MgO, CaO, Na_2O e K_2O, enquanto que os teores em Al_2O3 não sofreram variação.

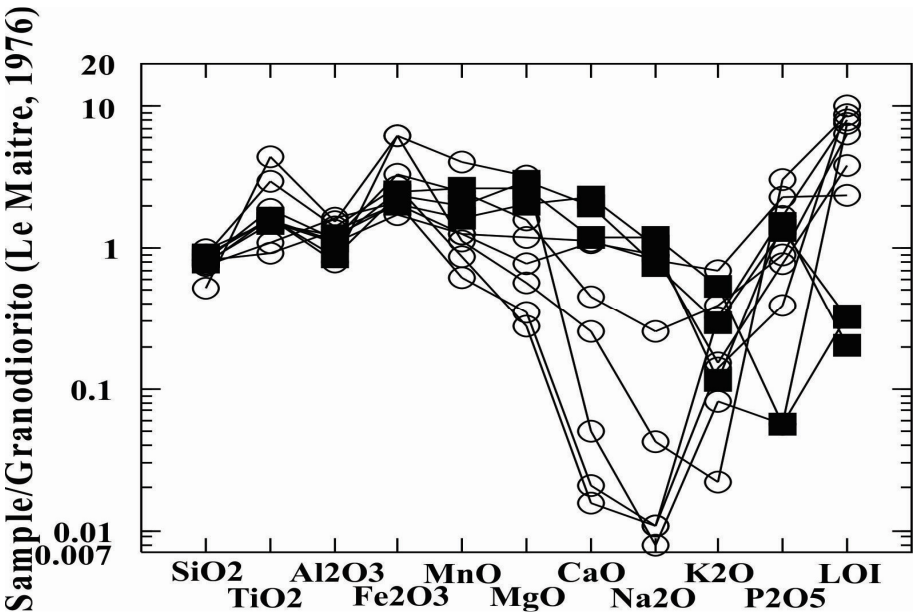


Figura 6.14 – Gnaisse granulítico X solo de gnaisse granulítico – Diagrama multielementar normalizado, comparando análises de gnaisses granulíticos (símbolos preenchidos) com análises de solos desenvolvidos sobre os gnaisses granulíticos (símbolos vazados).

6.2.1.2.5. - Conclusões

A amostra do andesito BA 232 apresenta um comportamento geoquímico bastante diferenciado do andesito basáltico BA 206, mostrando um enriquecimento relativo em CaO, MgO e Ni, e um empobrecimento relativo em TiO2,P_2O_5, U e Th, mesmo com um índice de diferenciação (teor em SiO_2) mais alto. Isso parece indicar que provavelmente não são amostras provenientes da mesma unidade geológica (Grupo Itajaí), como se supunha inicialmente. Por outro lado, o andesito basáltico mostra um comportamento geoquímico mais próximo ao dos diabásios da Província Magmática Paraná, representados pelas amostras BA 123b e BA 213b. Muito provavelmente representa um dique de rocha básica pouco mais diferenciado dessa unidade.

No domínio das rochas plutônicas, as três amostras de piroxenito com índices de diferenciação (teores em SiO_2) mais baixos (amostras BA 610a, Ba 319 e BA 314) apresentam comportamento geoquímico peculiar e diverso da amostra de gnaisse granulítico com índice de diferenciação semelhante (BA 420), quanto ao Al_2O_3, MgO, MnO, Cr_2O_3, Ni, Co, Ga, Sr, Ba, V e Zr. Isso parece indicar uma origem diversa entre os núcleos priroxeníticos e as rochas máfico-ultramáficas gnaissificadas como a BA 420.

A amostra de basalto de borda de complexo máfico, quando comparada a amostra de gabro do centro do mesmo complexo, embora seja mais pobre em em SiO_2, apresenta maiores

teores em TiO_2, P_2O5, K_2O, Fe_2O_3, Cu, Co, Nb, Ta, Ga, Rb, Sr, U, Th, Zn, V, Y e Zr e menores teores em Cr_2O_3, MgO, MnO e Ba, evidenciando um comportamento mais diferenciado. Provavelmente a amostra de gabro do complexo sofreu processos de acumulação de cristais ferromagnesianos, ficando com características geoquímicas aparentemente menos fracionadas do que o basalto da borda, o qual deve ter composição próxima ao magma progenitor do complexo. O maior teor em SiO_2 do gabro pode ser explicado pela interação com os gnaisses granulíticos encaixantes.

Quando comparada à composição química da rocha-matriz, o quimismo do solo residual desenvolvido sobre piroxenito mostra um enriquecimento residual em TiO_2, Al_2O_3, FeO, MnO, K_2O e P_2O_5 e uma depleção em SiO_2, MgO, CaO e Na_2O. Os solos desenvolvidos sobre gnaisse granulítico, por sua vez, mostram enriquecimento residual em TiO_2, Fe_2O_3 e P_2O_5 e uma depleção em SiO_2, MnO, MgO, CaO, Na_2O e K_2O, enquanto que os teores em Al_2O_3 não sofreram variação. Essas características apontam para um processo de laterização na evolução desses solos.

6.2.1.3. Geocronologia

Amostras de rochas selecionadas foram encaminhadas aos laboratórios indicados no ítem 5.3.4 para datação geocronológica.

Os resultados dessas análises ainda estão para ser entregues por parte dos laboratórios e serão utilizados por uma pesquisa de mestrado, intitulada “Mapeamento Geotécnico e das Áreas Suscetíveis a Escorregamentos Translacionais na Microbacia do Ribeirão Baú, Ilhota/SC” (item 6.1.2), que está em andamento.

Foram encaminhadas para análise 13 amostras de diferentes tipos de rocha (litotipos) por três métodos diferenciados de datação, conforme tabela 5.2.

Tabela 6.6 – Relação das amostras encaminhadas para datação.

	Litotipo	**Método de datação**	**Laboratório**
1 amostra	Rocha máfica	K-Ar	ACTLABS (Canadá)
8 amostras	Rochas máficas e ultramáficas	Ar-Ar	ACTLABS (Canadá)

4 amostras	Rochas ácidas e intermediárias	U-Pb – (por LA ICP MS)	Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP

No contexto desse projeto, as datações são importantes para consolidar a caracterização geológica da área, no sentido de definir com clareza se determinados litotipos pertencem a uma ou outra unidade geológica, sendo, para isso, utilizadas em conjunto com os resultados da caracterização geoquímica, da seção anterior.

Por outro lado, o resultado dessas datações, caso indique idades mais recentes, pode ratificar a idéia de que processos de reativação tectônica tardia foram responsáveis por feições de rejuvenescimento do relevo como formação de escarpas de falha, aprofundamento de vales, surgimento de feições triangulares associadas a planos de falha recentes, como na figura 6.15. Essas feições, referidas no ítem geomorfologia, são muito comuns área de estudo e que poder estar diretamente relacionadas a uma maior concentração de deslizamentos em determinados setores.

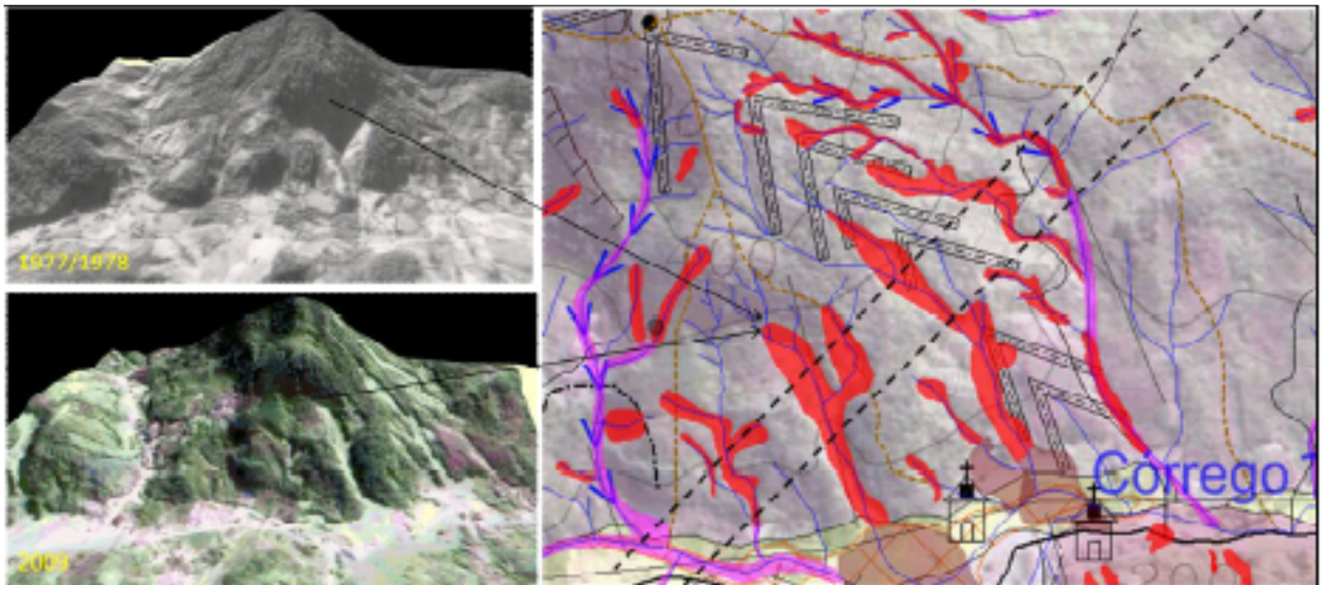


Figura 6.15 - Bloco diagrama da fotografia aérea de 1977/1978 e Imagem Cbers 2009; e o detalhe do mapa geomorfológico na área demonstrando as facetas triangulares ocasionadas por falhas com grandes escorregamentos em novembro de2008. **Fonte:** Egas (2011).

6.2.1.4. Análises Mineralógicas por Difração de Raios X

Análises por difração de Raios X tiveram como objetivo a determinação das fases minerais presentes no solo. Foram utilizadas na pesquisa de mestrado intitulada “Análise dos

Movimentos de Massa na Bacia do Ribeirão Belchior Baixo" (item 6.1.2.) que está em andamento.

Nas análises (figuras 6.16 a 6.21) foram identificados caolinita, hematita, goethita e ilita como minerais pedogenéticos, além de quartzo, plagioclásio e anfibólio como minerais reliquiares, provenientes da intemperização da rocha matriz, representada por gnaisse granulítico.

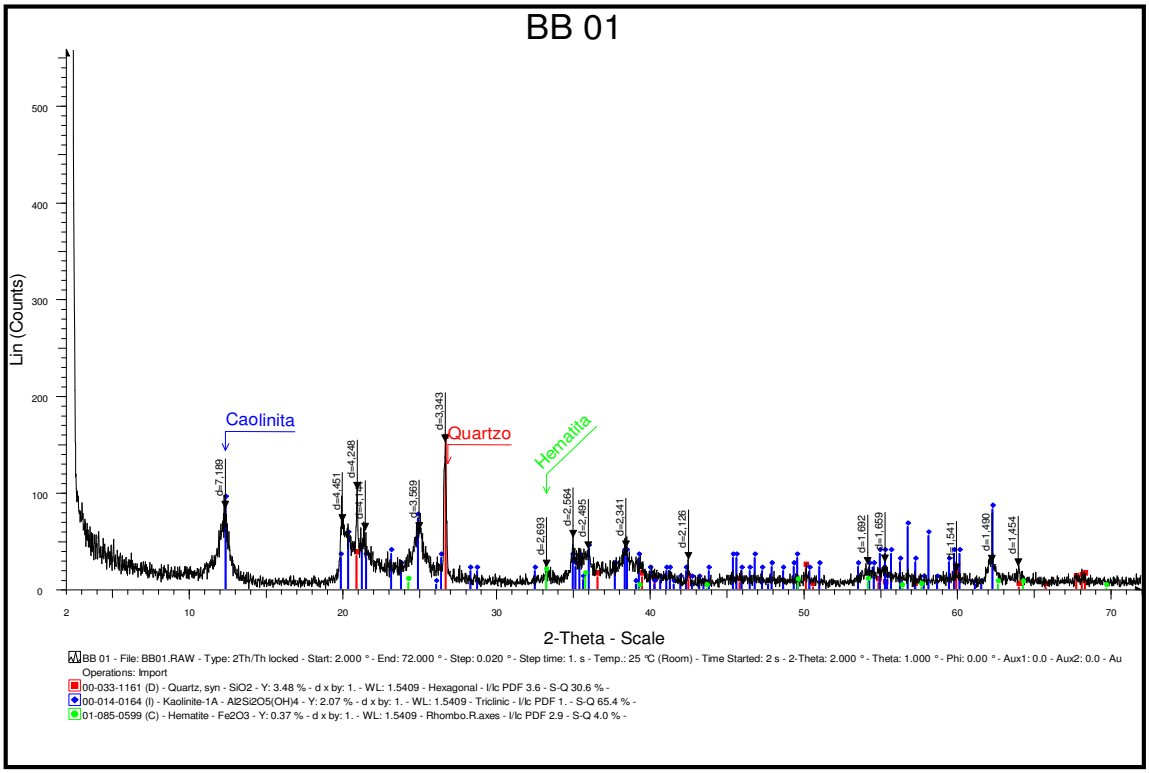


Figura 6.16 - Difratograma de Mineralogia Total da amostra BB01

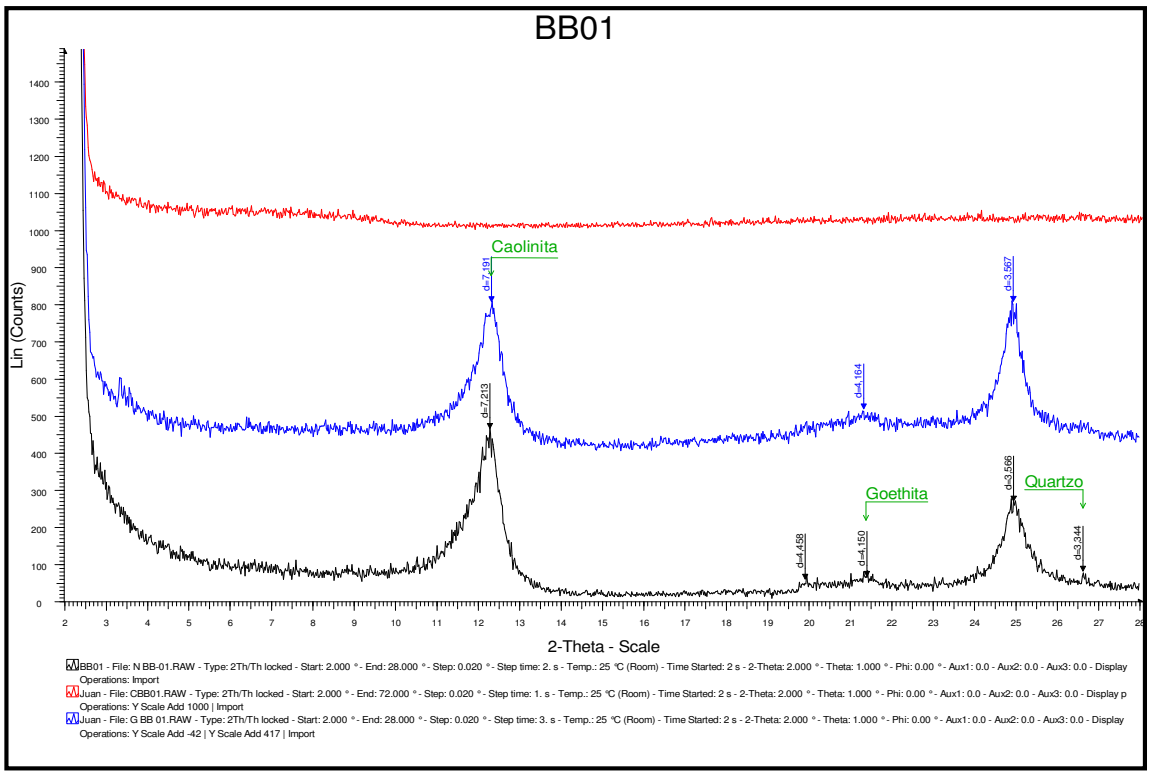


Figura 6.17 - Difratograma de amostra orientada BB01

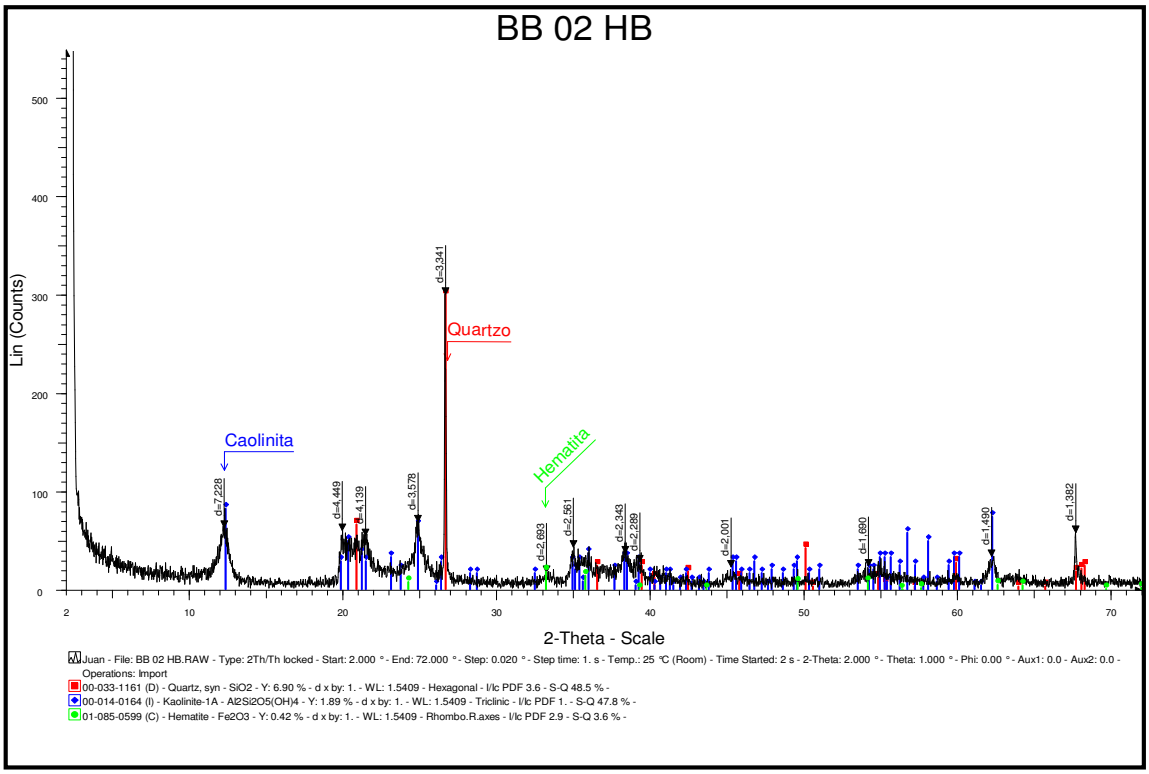


Figura 6.18 - Difratograma de amostra total BB02 horizonte B

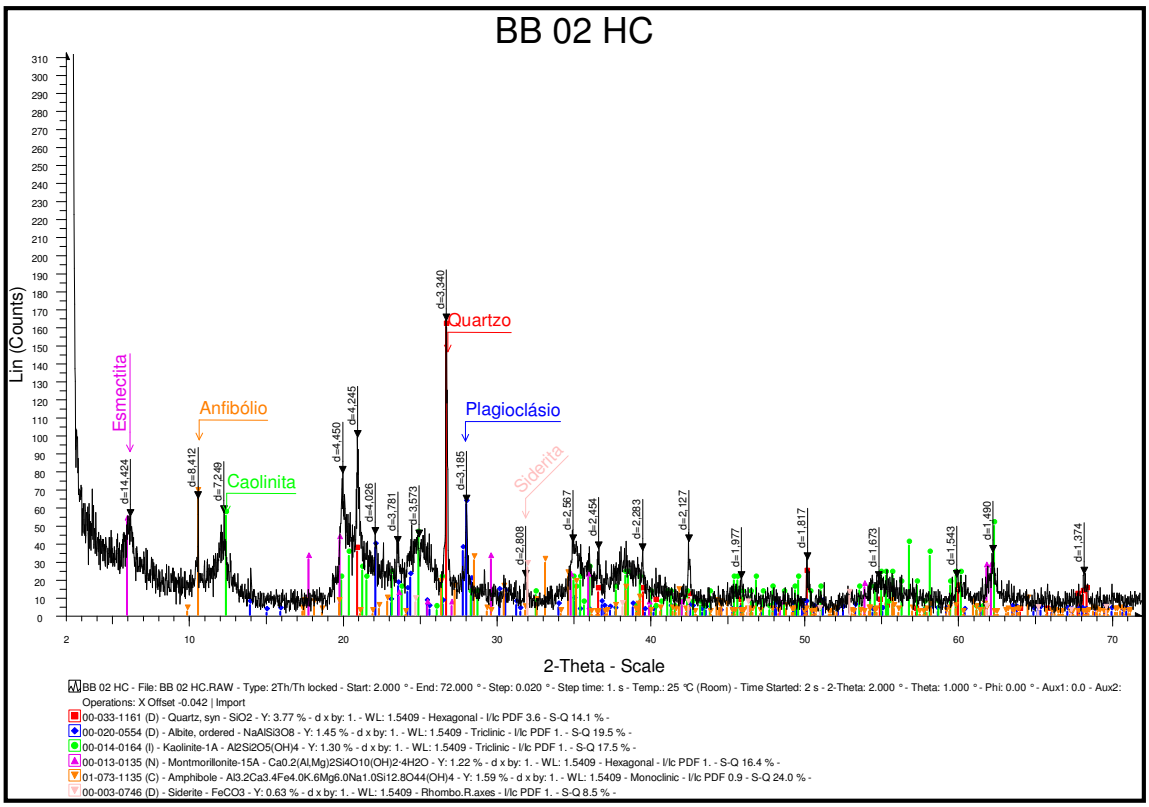


Figura 6.19 - Difratograma de amostra total BB02 horizonte C

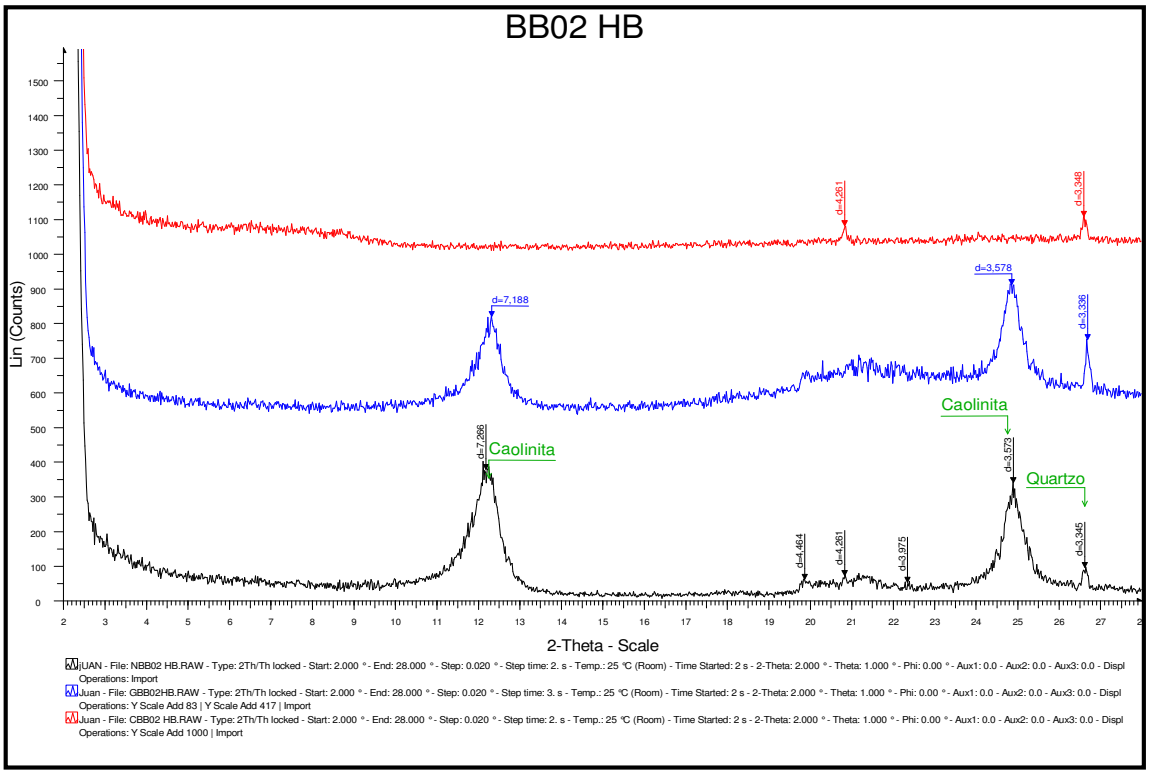


Figura 6.20 - Difratograma de amostra orientada BB02 horizonte B

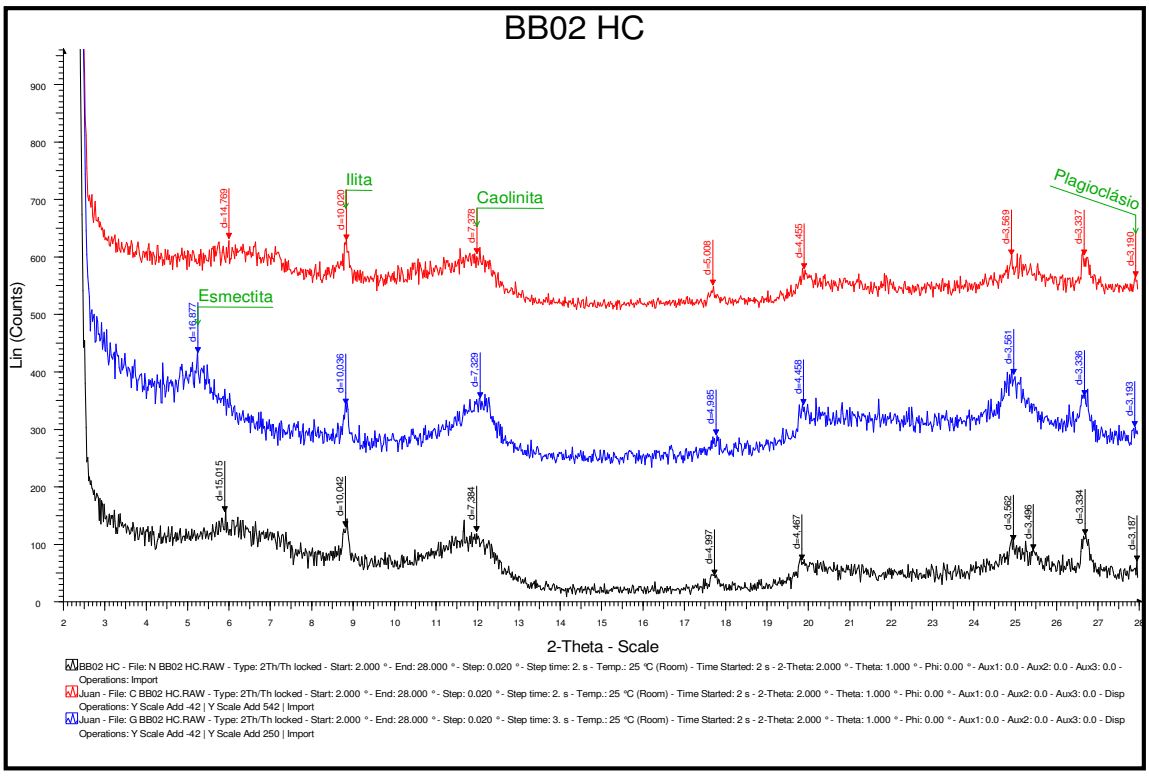


Figura 6.21 - Difratograma de amostra orientada BB02 horizonte C

6.2.1.5. Análises Granulométricas

6.2.1.5.1. Parâmetros granulométricos estatísticos

A tabela 6.7 apresenta os resultados da análise estatística da distribuição granulométrica das amostras de solo coletadas.

Em relação ao tamanho médio do grão (Md) a maioria das amostras (71,4%) apresentou tamanho médio do grão dentro da fração grosseira, independentemente da litologia considerada. Na fração arenosa, se destaca o tamanho médio entre as classes de areia fina e muito fina (3 a 4 phi), com 64,3% das amostras analisadas.

Nos demais casos (28,6%) o tamanho médio situa-se na classe granulométrica silte muito grosso (4 a 5 phi).

A mediana acompanhou os resultados do tamanho médio do grão, apresentando, no entanto, tendência geral ao incremento do diâmetro da partícula nas amostras com tamanho médio do grão dentro da fração arenosa e sua redução, quando situado na fração siltosa. Esses resultados para a mediana refletem a maior participação, na distribuição granulométrica, de partículas com diâmetro médio superior ao tamanho médio do grão (Mz).

O desvio padrão da distribuição granulométrica indica a prevalência de solos muito pobremente e pobremente selecionados (entre 1 e 2 phi) (entre 2 e 4 phi), com respectivamente 85,7 % e 14,3% dos casos.

Para a assimetria, 71,4 % das amostras apresentaram valores indicando assimetria positva ou muito positiva (entre 0,10 e 30,0 e > a 30,0), indicando a prevalência, na distribuição granulométrica das amostras, de partículas com diâmetro maior do que o tamanho médio do grão.

Os valores de curtose corroboram a tendência ao baixo grau de selecionamento das amostras de solo, com a ocorrência de amostras platicúrticas (K_G = 0,67 a 0,90), relativas a 71,4 % dos casos.

Considerando a natureza residual dos solos analisados, os resultados obtidos na análise granulométrica refletem predominantemente o grau de alteração pedogenética dos solos amostrados.

Tabela 6.7 - Parâmetros estatísticos granulométricos das amostras de solo.

Amostra	Rocha	Mz	Md	Dp	Ski	K_G
BA110B	Gnaisse	3,687	3,163	2,328	0,2112	0,7501
BA124B	Gnaisse	3,426	3,182	1,999	0,1529	1,433
BA125C	Gnaisse	3,433	2,86	2,287	0,2783	0,8821
BA332	Gnaisse	4,032	3,997	2,717	0,03976	0,7639
P332-3M	Gnaisse	5,566	6,205	2,03	-0,3504	0,751
BA305S	Gnaisse	3,436	3,149	2,786	0,1033	0,8019
BA311	Gnaisse	3,758	3,486	2,008	0,1564	0,9798
BA311B	Gnaisse	3,667	3,414	2,553	0,1511	0,798
BA203	Arenito arcoseano	3,732	2,991	1,921	0,4491	0,8726
BA205A	Arenito arcoseano	4,104	3,535	2,003	0,3614	0,6879
BA312B	Gabro	3,07	2,843	2,894	0,06732	0,8404
BA314	Gabro	3,095	2,373	2,413	0,3636	1,188
BA313A	Piroxenito	5,353	5,859	2,164	-0,2966	0,8728
BA313B	Piroxenito	2,734	2,049	2,724	0,2834	1,08

(Mz: tamanho médio do grão; Md: mediana; SKi: assimetria; Dp: desvio padrão; K_G: curtose)

6.2.1.5.2. Distribuição granulométrica: curvas acumulativas

As curvas de frequência acumulada têm a vantagem de permitir a leitura direta dos diferentes percentis da amostra de sedimentos, possibilitando a visualização do comportamento da distribuição das partículas em relação ao diâmetro correspondente a mediana (Md), a qual corresponde ao percentil de 50% do peso total da amostra de sedimentos analisada. Além das curvas de freqüência acumulada, são apresentados na tabela 5.5 o percentual de grosseiros das amostras, incluindo a fração cascalho e areia, e a fração fina síltica e argilosa.

As figuras 6.22, 6.23 e 6.24 apresentam as curvas de freqüência acumulada para as amostras de solo oriundos, respectivamente, da alteração do gnaisse, arenito arcoseano e gabro, enquanto a figura 6.25 apresenta o gráfico para as amostras de alteração do piroxenito.

Para as rochas gnáissicas (Fig. 6.22), excetuando a amostra P332-3M, que foi coletada a uma profundidade menor, num horizonte de solo mais evoluído (Tabela 5.2.) e as rochas areníticas arcoseanas (Fig. 6.23), as curvas de freqüência acumulada indicam a composição predominantemente grosseira e arenosa dos solos, com percentual na fração areia entre 48,06 e 74,47%. A fração síltica ocorre com percentuais entre 19,11 e 51,51 nos solos gnáissicos e 27,45 a 37,64% nos solos areníticos.

As amostras de litotipo máfico, correspondente ao gabro, apresentaram igualmente o predomínio de fração arenosa, que atinge 80,02%, com a fração síltica apresentando entre 15,24 e 26,69% (Tabela 6.8).

Nos solos de origem ultramáfica associados ao piroxenito, verificou-se o predomínio da fração grosseira e arenosa na amostra BA313D, com percentual de areia da ordem de 74,01%. O percentual de silte nesse caso foi de 17,39%. Já a amostra BA313A apresentou leve predomínio da fração fina síltica, com 50,87%, seguida da fração arenosa com 37,42%(Tabela 6.8.).

Considerando as diferentes origens litológicas dos solos analisados, a fração argilosa não ultrapassou 10,47%, com 78,6% das amostras apresentado teor em argila inferior a 5,37% (Tabela 6.8).

Considerando o percentil de 50%, relativo à mediana (Md), as curvas de frequência acumulada ilustram os valores obtidos para o parâmetro na análise estatística.

Como mostram as figuras 6.22 a 6.25, na maioria dos casos, pelo menos metade das partículas clásticas que compõem a distribuição granulométrica dos solos é representada por partículas arenosas, com diâmetro superior à areia fina ou muito fina, com destaque para os

solos oriundos da alteração do gnaisse, arenito arcoseano e de gabro. As únicas exceções referem-se à amostra P332-3M, de litotipo gnáissico e mediana na classe de silte fino, e às amostras de solo desenvolvido em matriz de piroxenito (BA313A e BA313D), cuja mediana situa-se, respectivamente, nas classes de areia média e silte médio.

Dependendo da constituição mineralógica dos solos amostrados, as classes granulométricas correspondente à mediana podem ser indicativas do grau de alteração da rocha de origem e do grau de maturidade pedogenética dos solos.

Nesse sentido, excetuando os solos originados pelo arenito arcoseano, a prevalência dos valores obtidos dentro da fração arenosa na grande maioria das amostras de solos dos demais litotípos, com destaque para solos com origem na alteração de rocha máfica e ultramáfica, pode estar associada a um grau intermediário de alteração e maturidade pedogenética dos solos no horizonte amostrado.

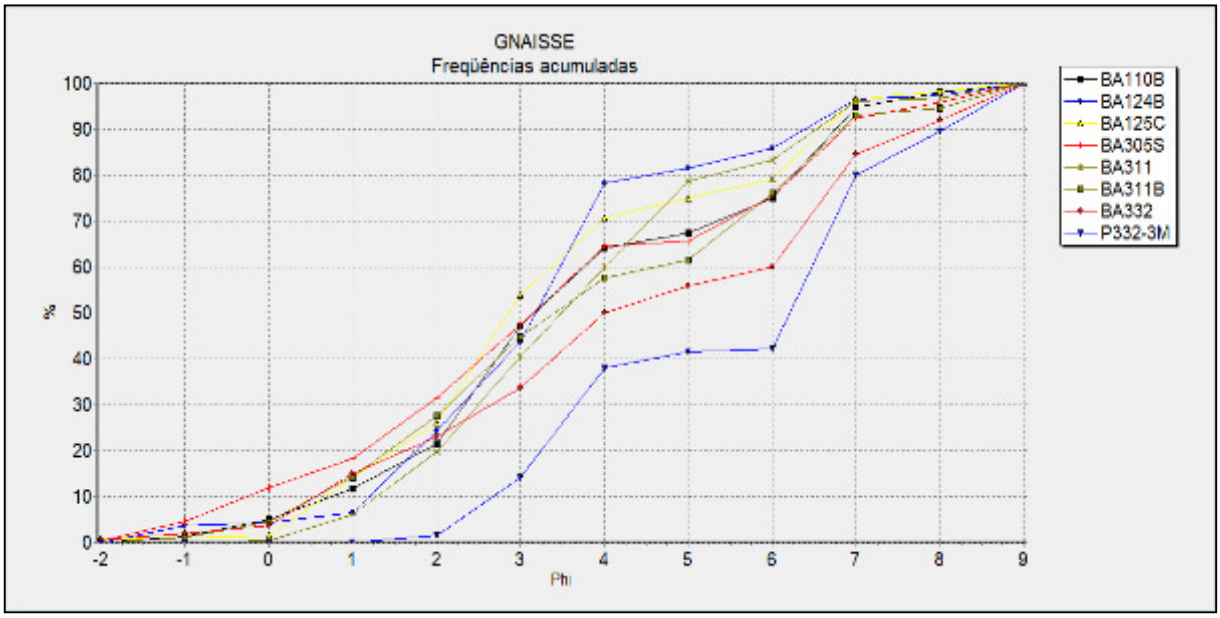


Figura 6.22. - Curva de Frequência acumulativa de solos associados à litologia gnáissica.

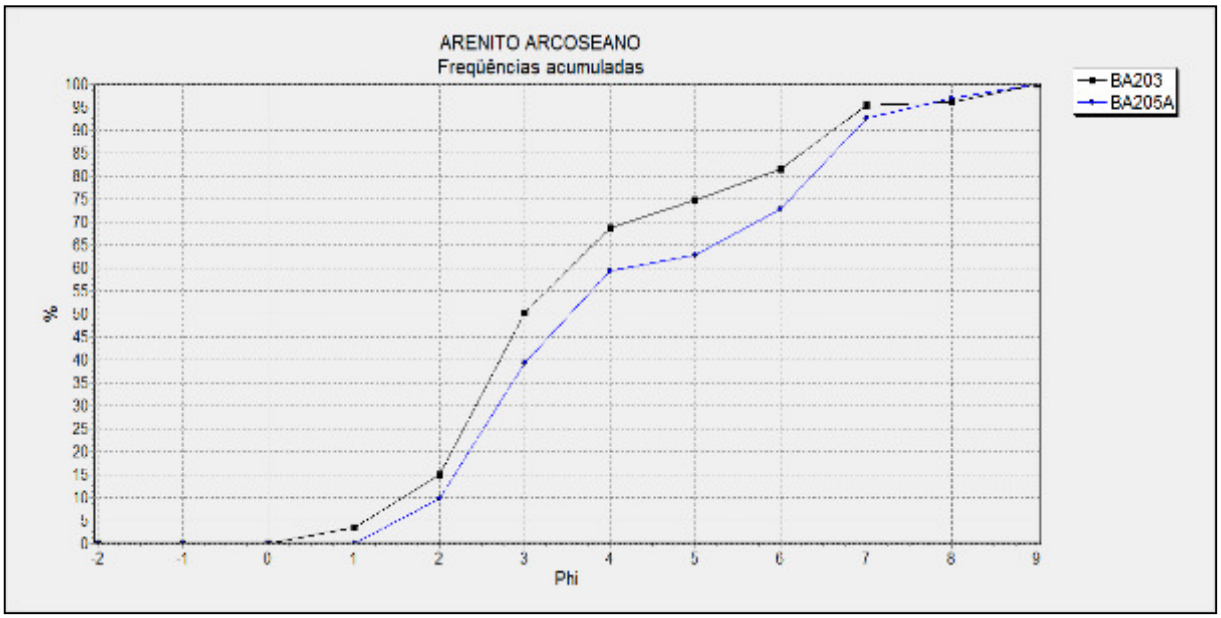


Figura 6.23 - Curva de Frequência acumulativa de solos associados à litologia arenítica arcoseana.

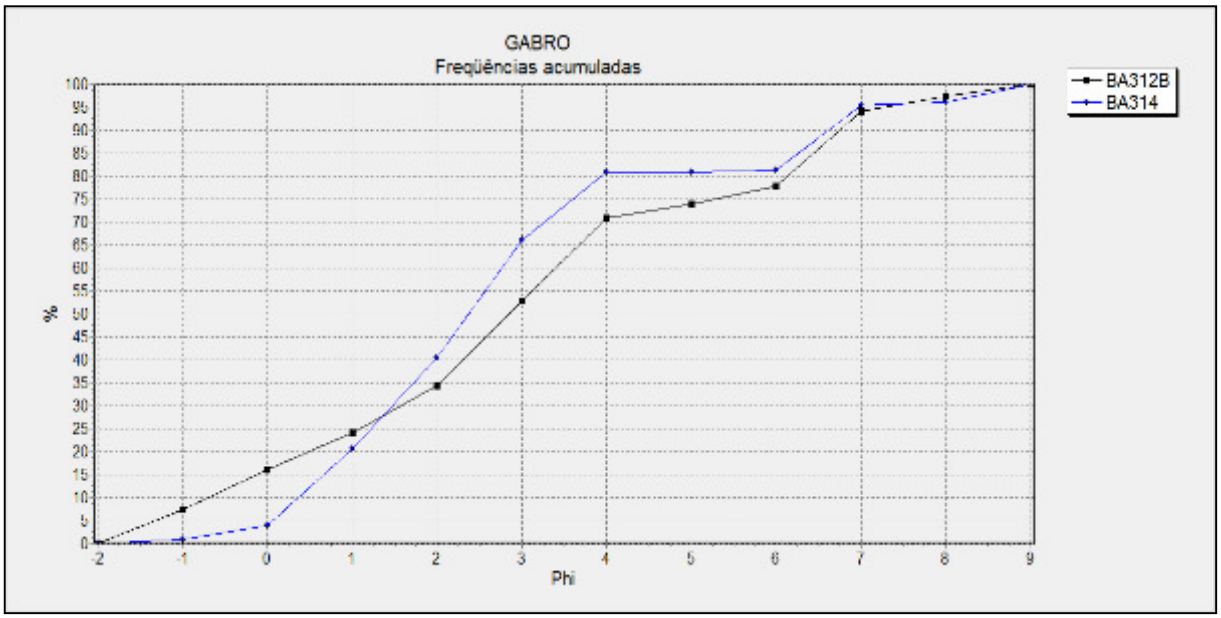


Figura 6.24 - Curva de Frequência acumulativa de solos associados à litologia representada por gabro.

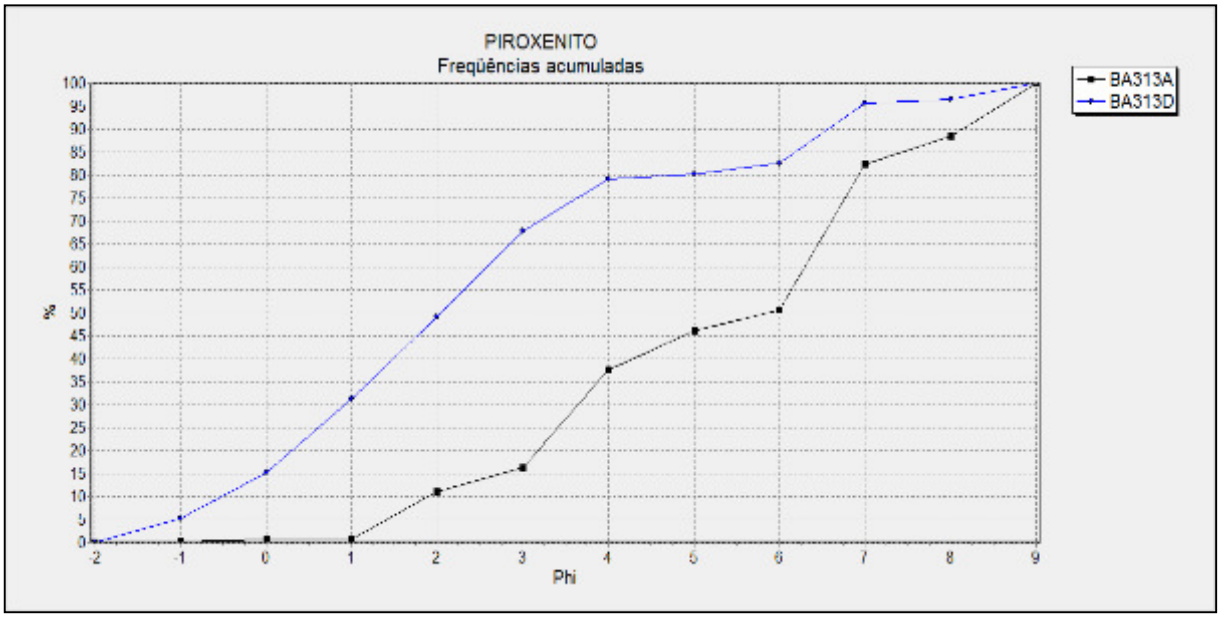


Figura 6.25 - Curva de Frequência acumulativa de solos associados à litologia representada por piroxenito.

Tabela 6.8 - Percentual de cada fração granulométrica das amostras de solo em relação à amostra total.

Amostra	Rocha	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
BA110B	Gnaisse	1,40	62,69	34,00	1,91
BA124B	Gnaisse	3,8	74,47	19,11	2,63
BA125C	Gnaisse	1,07	69,53	27,60	1,80
BA332	Gnaisse	1,98	48,06	41,83	8,13
P332-3M	Gnaisse	0,00	38,02	51,51	10,47
BA305S	Gnaisse	4,65	59,96	31,17	4,21
BA311	Gnaisse	0,00	60,11	36,59	3,30
BA311B	Gnaisse	1,18	56,33	37,13	5,37
BA203	Arenito arcoseano	0,00	68,69	27,45	3,86
BA205A	Arenito arcoseano	0,00	59,29	37,64	3,07
BA313A	Piroxenito	0,134	37,42	50,87	11,57
BA313D	Piroxenito	5,15	74,01	17,39	3,45

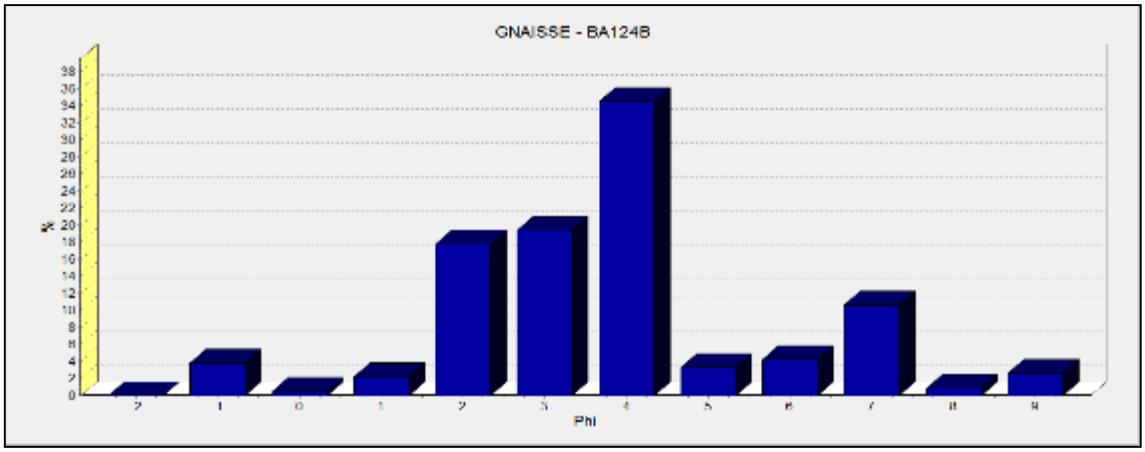
BA314	Gabro	0,83	80,02	15,24	3,90
BA312B	Gabro	7,42	63,34	26,69	2,54

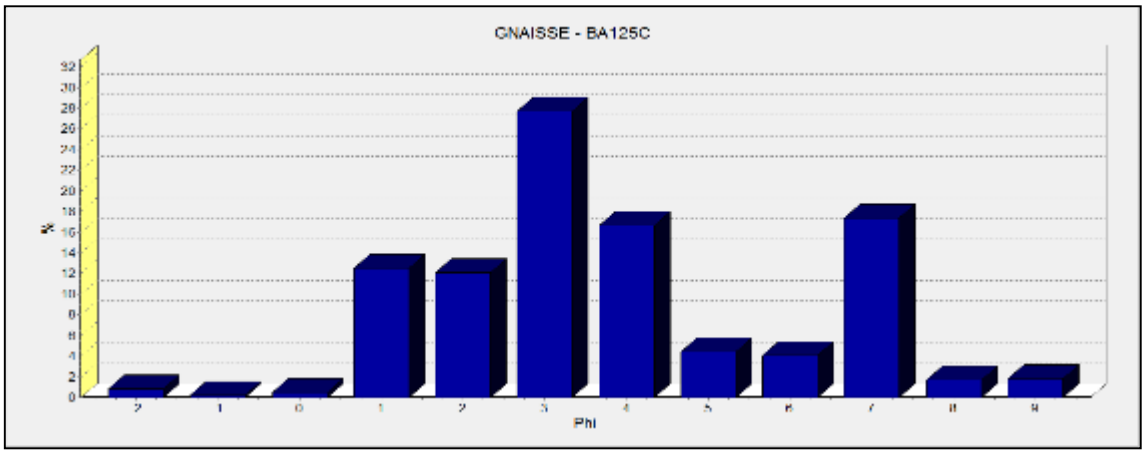
6.2.1.5.3. Distribuição granulométrica: histogramas de freqüência

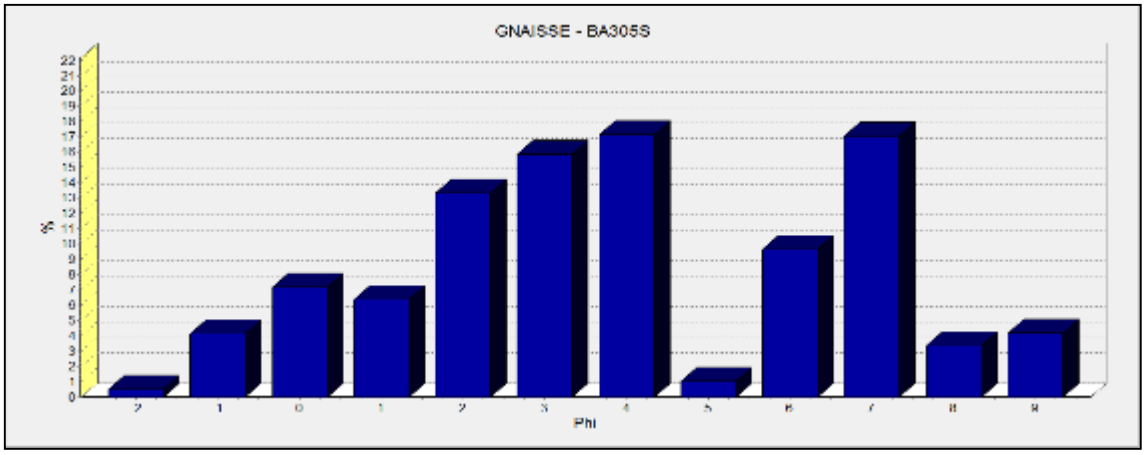
As figuras 6.26 (a e b), 6.27, 6.28 e 6.29 apresentam, respectivamente, os histogramas de frequências simples das amostras de solos associados à alteração do gnaisse, arenito arcoseano, gabro e piroxenito.

Para o conjunto das análises, os histogramas apontaram a ocorrência de distribuição granulométrica bimodal ou polimodal, explicando a prevalência amostras platicúrticas, conforme valores obtidos para a curtose na análise estatística dos dados granulométricos.

Na fração grosseira da distribuição granulométrica, nos gnaisses e arcóseos (Fig. 6.26 e 6.27), a moda principal ocorre na classe areia fina ou muito fina e, em alguns casos, secundariamente nas classes de areia grossa a cascalho. Nos solos originados pela alteração de rocha máfica ou ultramáfica (Fig. 6.28 e 6.29), a moda da fração grosseira ocorre na classe de areia fina, com exceção da amostra BA 313 (piroxenito), cuja moda situa-se na areia muito fina.







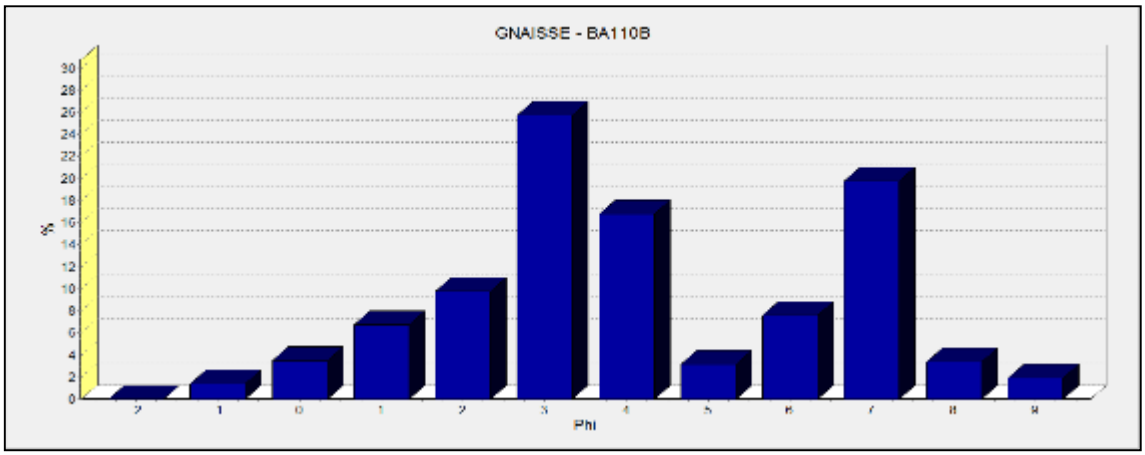
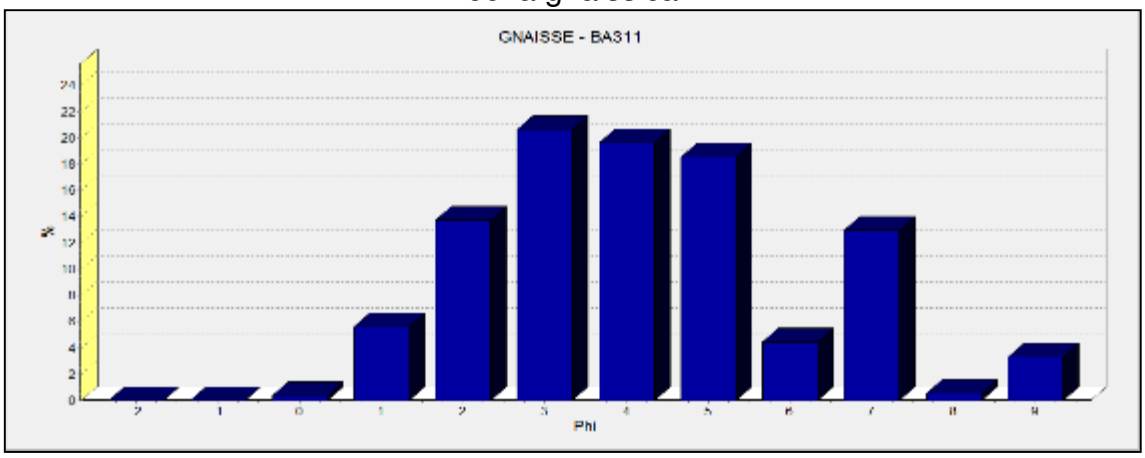


Figura 6.26a - Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de alteração de rocha gnáissica.



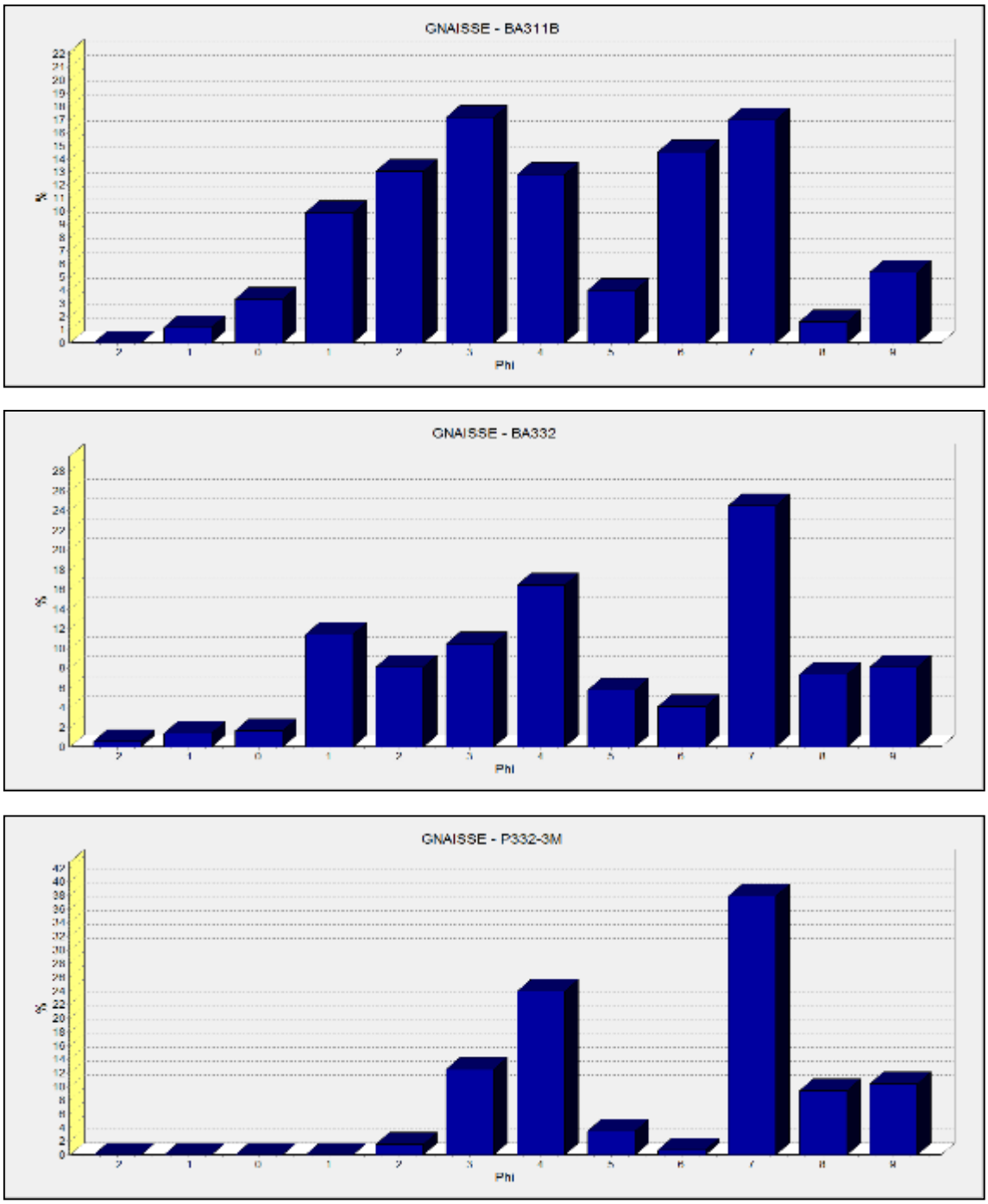
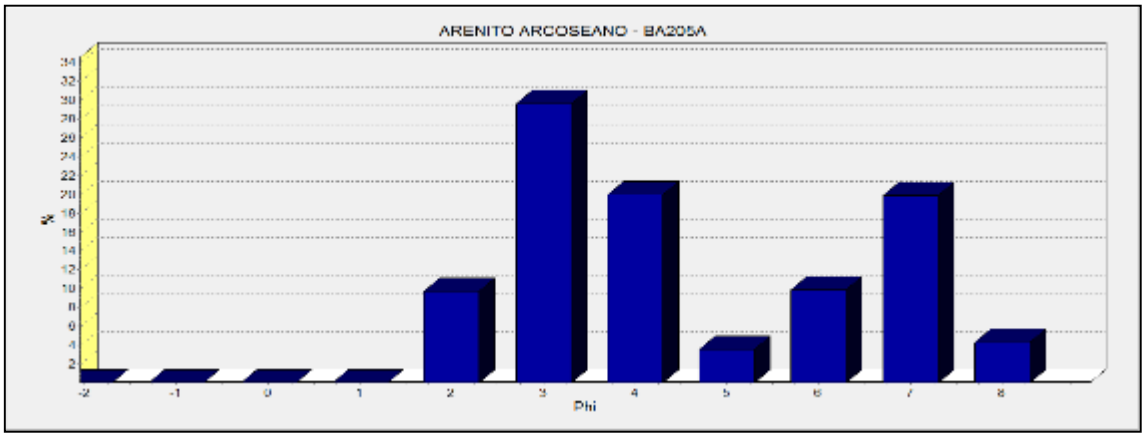


Figura 6.26b - Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de alteração de rocha gnáissica.



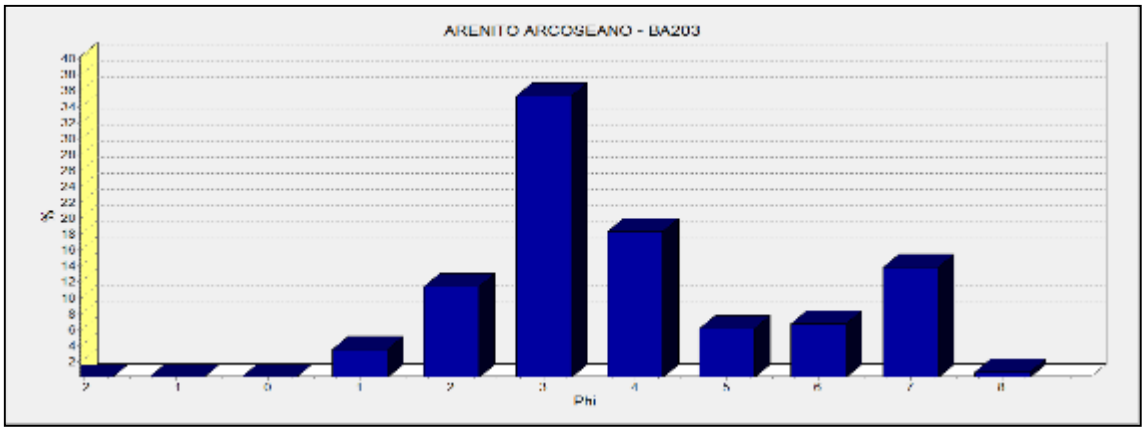


Figura 6.27 - Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de alteração de rocha arenítica arcoseana.

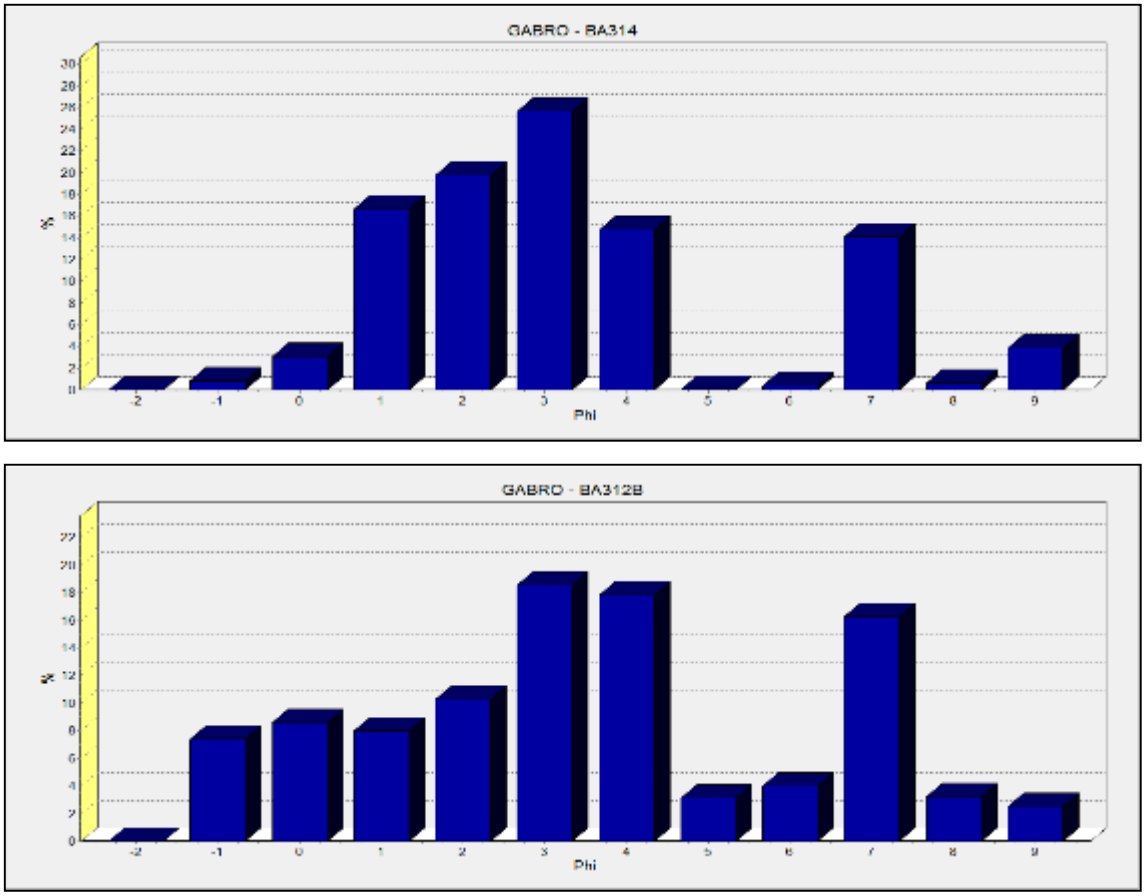


Figura 6.28 - Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de alteração de gabro.

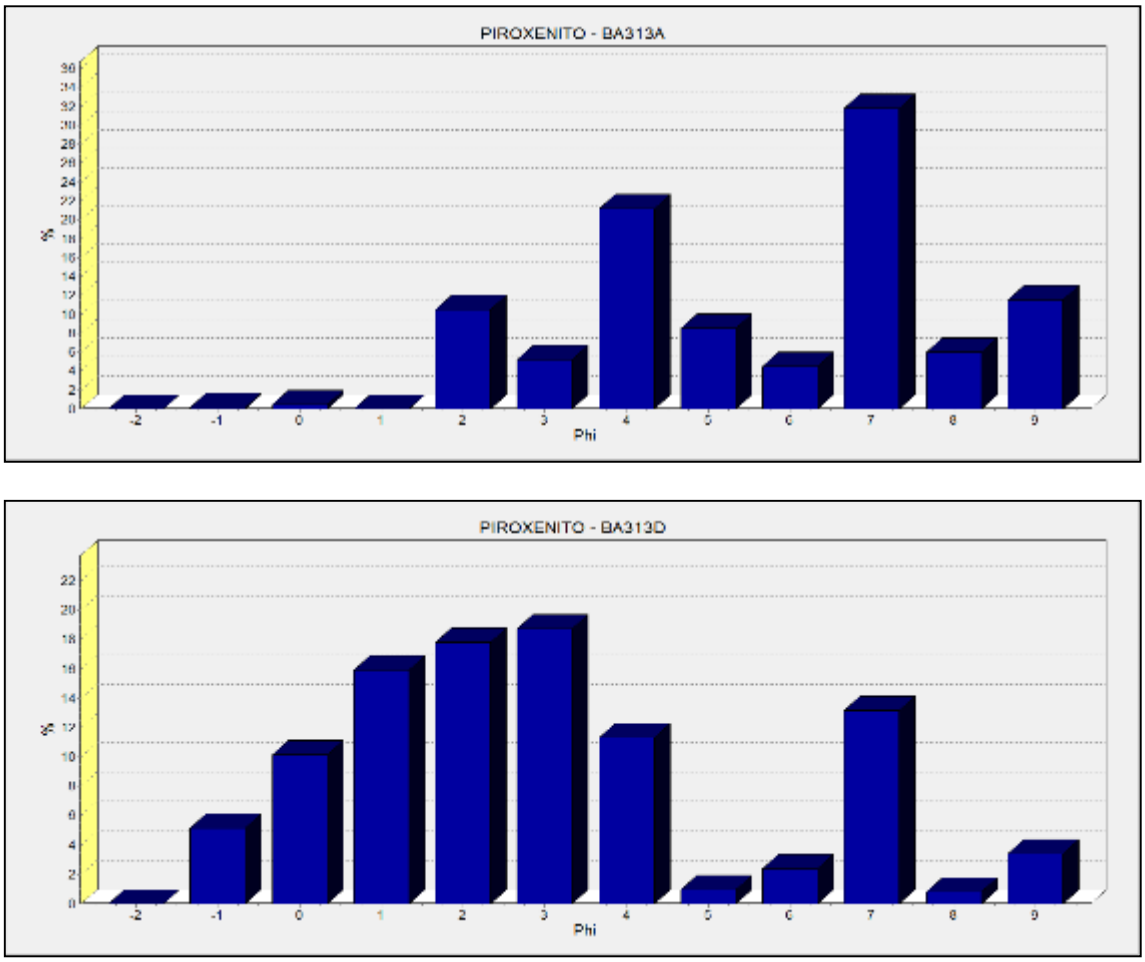


Figura 6.29 - Histogramas de distribuição granulométrica de solos oriundos de piroxenito.

Em relação à fração pelítica, independentemente da litologia de origem, a moda principal dos solos analisados é representada pela classe granulométrica de silte fino. A única exceção refere-se à amostra BA 311, com classe modal associada ao silte grosso.

Além da tendência geral ao predomínio de silte fino na fração siltosa das amostras, nota-se a prevalência da fração de silte médio ou grosso sobre a classe de silte muito fino.

Em todos os casos, os histogramas ilustram a baixa composição argilosa dos solos analisados, com os teores máximos, da ordem de 8 a 11%, obtidos nas amostras BA332, P332-3M e BA313A relativas à alteração de gnaisse nos dois primeiros casos e de piroxenito no terceiro.

Considerando a distribuição granulométrica obtida e o amplo predomínio de moda principal da amostra total na fração grosseira, os resultados obtidos são compatíveis com grau de maturidade pedogenética intermediária dos solos. Essa hipótese é apoiada pela ocorrência de moda secundária da distribuição na fração siltosa da amostra (silte fino), mas também pela

maior participação de partículas de silte grosso e médio, comparativamente a fração de silte muito fino.

Por outro lado, a verificação, através de lupa binocular, dos constituintes clásticos das amostras aponta igualmente nessa direção, tendo revelado, tanto para os solos de origem félsica quanto máfica e ultramáfica, a ocorrência de material imaturo na fração grosseira arenosa, representado principalmente por areia feldspática e fragmentos de rocha constituídos por assembleia de minerais associados a esses litotipos.

6.2.1.5.4. Diagramas de Shepard

A elaboração dos diagramas de Shepard (1954) possibilitou a classificação textural dos solos amostrados de forma mais adequada, contrapondo-se à classificação apoiada em medidas de tendência central, que tende a mascarar os resultados em amostras granulométricas polimodais.

A classificação textural obtida é apresentada nas figuras 6.30, 6.31, 6.32 e 6.33, relativas aos diagramas obtidos para as amostras de solos associados à alteração das diferentes litologias consideradas.

Nos solos oriundos da alteração de rochas gnáissicas os resultados apontaram o predomínio de textura areno-siltosa, com exceção da amostra BA124B e P332-3M, classificadas respectivamente como de textura arenosa e silte-arenosa (Fig. 6.30).

Para os solos de origem arenítica arcoseana, o diagrama apontou a ocorrência de textura areno-siltosa (Fig. 6.31).

Nas amostras associadas às litologia máfica e ultramáfica, os diagramas indicaram a ocorrência de textura arenosa e areno-siltosa para os solos resultantes da alteração do gabro e arenosa e silte-arenosa para os de decorrentes da alteração do piroxenito (Fig. 6.32. e 6.33).

A classificação textural obtida pelos diagramas de Shepard, com destaque para os litotípos máfico e ultramáfico, aponta para a ocorrência de estágio pedogenético intermediário, característico do horizonte C, com alteração incompleta da rocha matriz, resultado esse apoiado nas características mineralógicas originais das litologias consideradas.

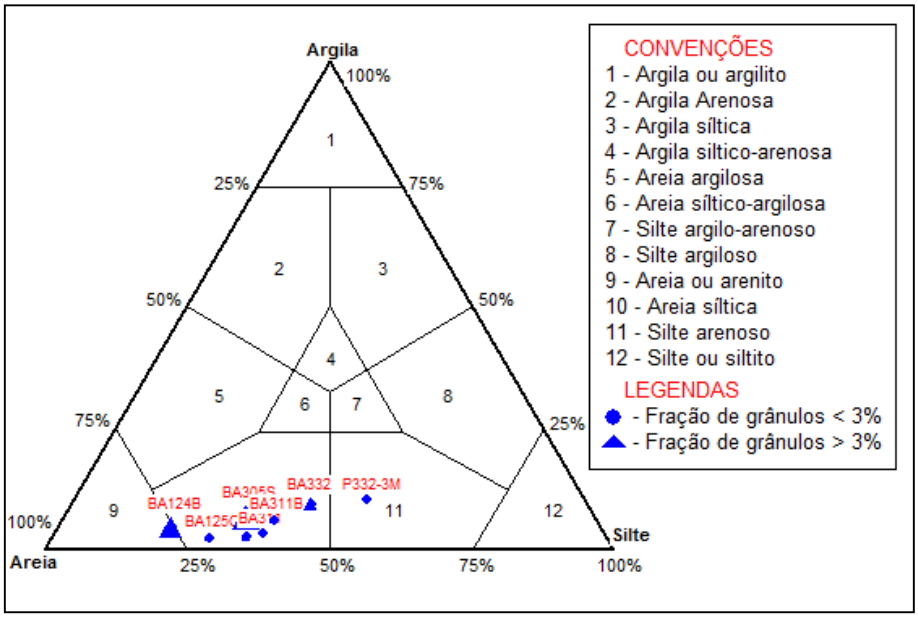


Figura 6.30 - Diagrama de Shepard para solos de alteração de rochas gnáissicas.

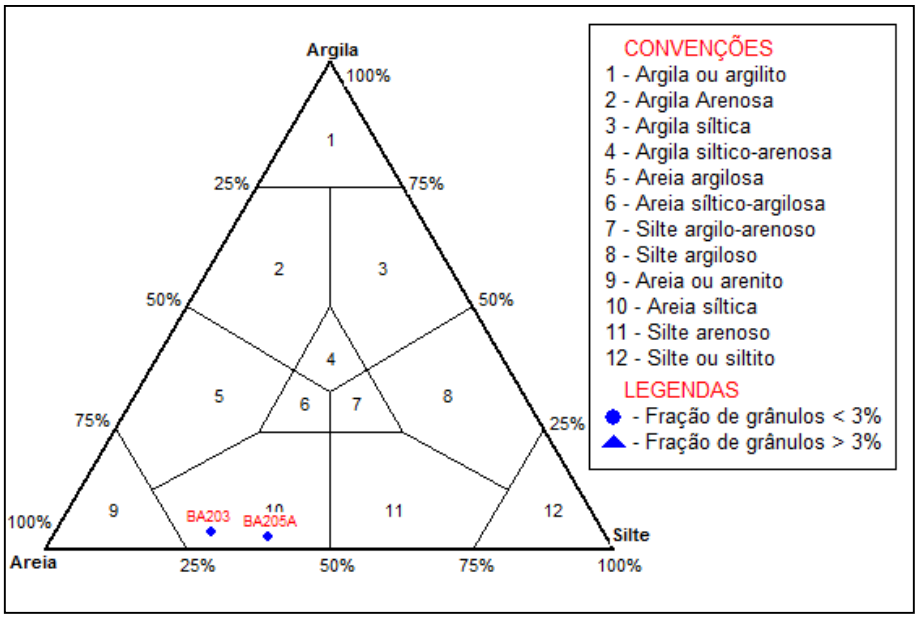


Figura 6.31 - Diagrama de Shepard para solos de alteração de rocha arenítica arcoseana.

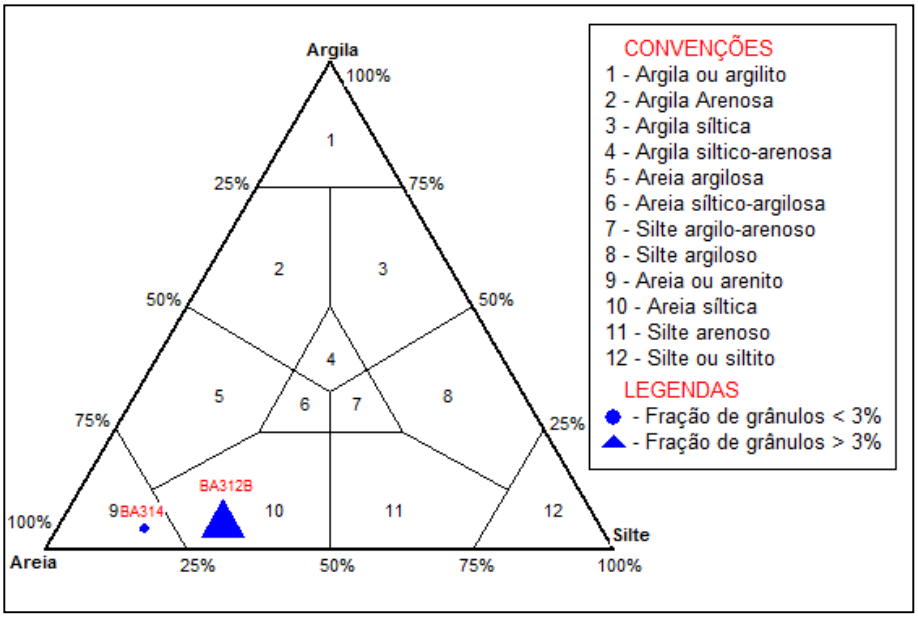


Figura 6.32 - Diagrama de Shepard para solos de alteração de gabro.

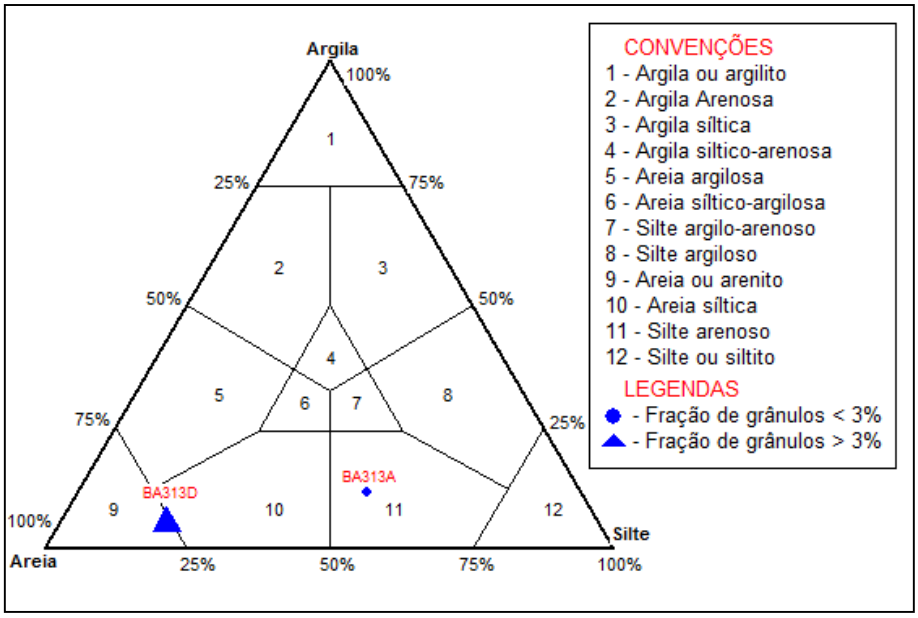


Figura 6.33 - Diagrama de Shepard para solos de alteração de piroxenito.

6.2.1.5.5. Conclusões

Os resultados obtidos nas análises granulométricas apontaram composição predominantemente arenosa dos solos na área de estudo, abrangendo as diferentes litologias de origem, com teores de areia entre 37,42% e 80,02% e destaque para as classes texturais areia fina e muito fina. Nos constituintes finos, verificou-se o predomínio da fração siltosa, que representa entre 15,24% e 51,51% dos sedimentos pelíticos, com participação destacada da classe textural silte fino. Os teores de argila foram pouco elevados, não ultrapassando 11,57%, situando-se, majoritariamente, abaixo de 5%.

Esses resultados da distribuição granulométrica dos solos são expressos pelos diagramas de Shepard (1954), que indicou o predomínio de textura arenosa e areno-siltosa dos solos nos segmentos de encosta afetadas pelos deslizamentos considerandos.

Os resultados obtidos para a distribuição granulométrica dos solos sãos concordantes com dados apresentados por Bini (2012) e Volker (2012) para a área de estudo.

A classificação textural obtida estaria associada, principalmente, ao estágio intermediário de maturidade do horizonte pedogenético C, como indicado pela presença de areia feldspática e fragmentos de rocha matriz na fração gralulométrica grosseira dos solos. A maturidade parcial dos solos amostrados é particularmente evidenciada pelos alteritos associados à litologia máfica e ultramáfica, com teores de areia superiores à 60% e baixa composição argilosa.

Além da maturidade pedogenética parcial, os teores de argila pouco expressivos nos solos analisados podem estar associados à atuação de processos de lixiviação subsuperficial nas encostas, com migração de argilominerais em direção à base das vertentes.

A maior proporção de areia confere menor coesão aos solos amostrados. Por sua vez, o predomínio de partículas arenosas fina, muito fina e de silte muito fino e a conseqüente redução do ângulo de atrito interno entre as partículas, reduz a resistência de cisalhamento dos solos.

O amplo predomínio da fração arenosa e siltosa resultam em maior porosidade e, principalmente, maior permeabilidade do horizonte pedogenético considerado, favorecendo a saturação dos solos e os processos de ruptura nas encostas.

Por outro lado, de acordo com a literatura, os limites de plasticidade e de liquidez dos solos é inversamente proporcional à granulometria das partículas, com teores de umidades inferiores para desestabilizar solos formados por sedimentos arenosos e siltosos. Resultados de testes de plasticidade e de liquidez apresentados por Volker (2012), relativos a amostras coletadas na área de estudo (Luis Alves), corroboram essa relação. Enquanto o horizonte B,

enriquecido em argilominerais, apresentou limite de plasticidade e de liquidez de 41,9% e 73,8%, respectivamente. Para o Horizonte C, com teores de areia, silte e argila comparáveis aos obtidos na presente pesquisa, os limites de umidade encontrados foram de 39,6% para a plasticidade e de 65,9% para o estado de liquidez.

Os planos de ruptura dos deslizamentos na área de estudo ocorreram, freqüentemente, no horizonte pedogenético C e no contato com o substrato rochoso. Nesse sentido, o predomínio de textura arenosa e areno-siltosa da distribuição granulométrica e os menores limites de plasticidade e liquidez associados, aliado à condição favorável à saturação do horizonte pedogenético C, favorecida pela porosidade e permeabilidade dos solos podem, juntamente com os demais fatores predisponentes à ruptura das encostas, melhor elucidar os movimentos gravitacionais de massa ocorridos na área de estudo.

A saturação dos solos analisados, favorecida pelas características granulométricas identificadas, seria potencializada pelos índices pluviométricos extremos que desencadearam os deslizamentos analisados e pela proximidade do horizonte pedogenético C com a rocha matriz inalterada e impermeável.

6.2.2. Caracterização Geomorfológica

A área ocupada pelos 3 municípios estudados está inserida na unidade geomorfológica das Serras do Leste Catarinense (ROSA, 2002). Na figura 6.34 é apresentado o mapa geomorfológico da área de estudo.

O setor é caracterizado pelo relevo montanhoso, configurando-se como um modelado de dissecação com vales muito encaixados dentre um substrato geológico muito diferenciado. Ocorrem três diferentes conjuntos de litotipos: a)rochas metamórficas do Complexo Granulítico de idade arqueana; b) quartzitos e filitos, do Complexo Metamórfico Brusque, com granitos sintectônicos intrusivos, de idade neoproterozóica; c) rochas sedimentares do Grupo Itajaí, de idade neoproterozóica. A planície do baixo vale do rio Itajaí Açu recorta essas unidades.

As amplitudes altimétricas superiores a 200m conferem a qualificação de montanhas às elevações existentes com declividade que varia entre 45 e 75% (24 a 37°). Entretanto ocorrem alguns trechos com relevo Colinoso – de vales pouco encaixados, abertos, conformando colinas de declividade entre 8 e 20% (5 a 11°) – e relevo de Morraria (outeiro) – com vales encaixados, mais fechados, conformando morros de declividades variando entre 20 e 45% (11 a 24°).

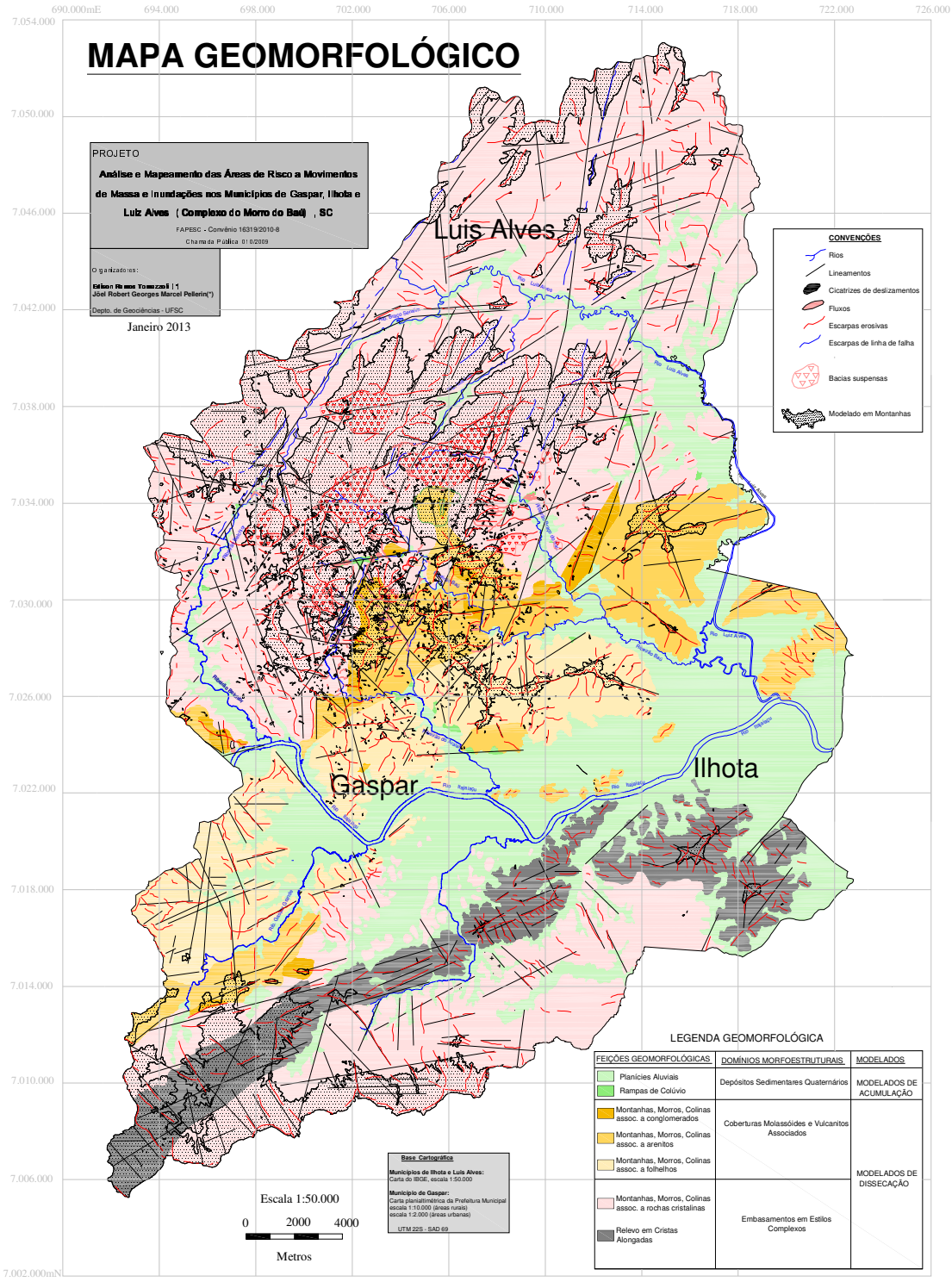


Figura 6.34. Mapa geomorfológico da área do projeto. No ANEXO III pode-se visualizar versão desse mapa em escala ampliada.

O Morro do Baú, com 811 metros se caracteriza pelas cornijas rochosas de arenito com mais de100 metros de altura formando um topo anguloso, com encostas de declividade das vertentes superior a 75% (>37°) correspondendo a escarpa monoclinal.

As áreas mais planas das baixadas, onde ocorrem os sedimentos holocênicos, configuram-se como modelado de acumulação e são caracterizadas pelos depósitos aluvionares, geradas em ambientes de deposição fluvial.

6.2.2.1. Unidades geomorfológicas

O controle estrutural se reflete na compartimentação do relevo e as unidades foram delimitadas em relação os grandes conjuntos geológicos. Elas aparecem nitidamente nas imagens tridimensionais Aster como nas imagens de sombreamento efetuado a partir dos modelos numéricos do terreno (figura 6.35).

6.2.2.1.1. Unidades das Serras do Leste Catarinense:

6.2.2.1.1.1 Domínio Morfoestrutural do Embasamento em Estllos Complexos

6.2.2.1.1.1.1. Substrato das rochas do Complexo Luiz Alves

O substrato rochoso é constituído principalmente: por gnaisses ganulíticos e núcleos máfico-ultramáficos também granulitizados, que não apresentam diferenciações significativas no modelado.

Os grandes lineamentos N30E recortam todo o Maciço do Baú no Norte do vale do Rio Itajaí Açu eles são particularmente nítidos nos vales do rio Belchior e Arraial de Ouro formando grandes escarpas de linha de falha que foram afetadas por numerosos deslizamentos (figura 6.35).

O relevo apresenta também escalonamentos e desenvolvimento de bacias suspensas (como no Ribeirão Baú Seco e Ribeirão Máximo). Feições geomorfológicas de facetas triangulares e quebra de declividades nos perfis longitudinais dos rios indicam presença de falhas com reativação recente (figura 6.36).

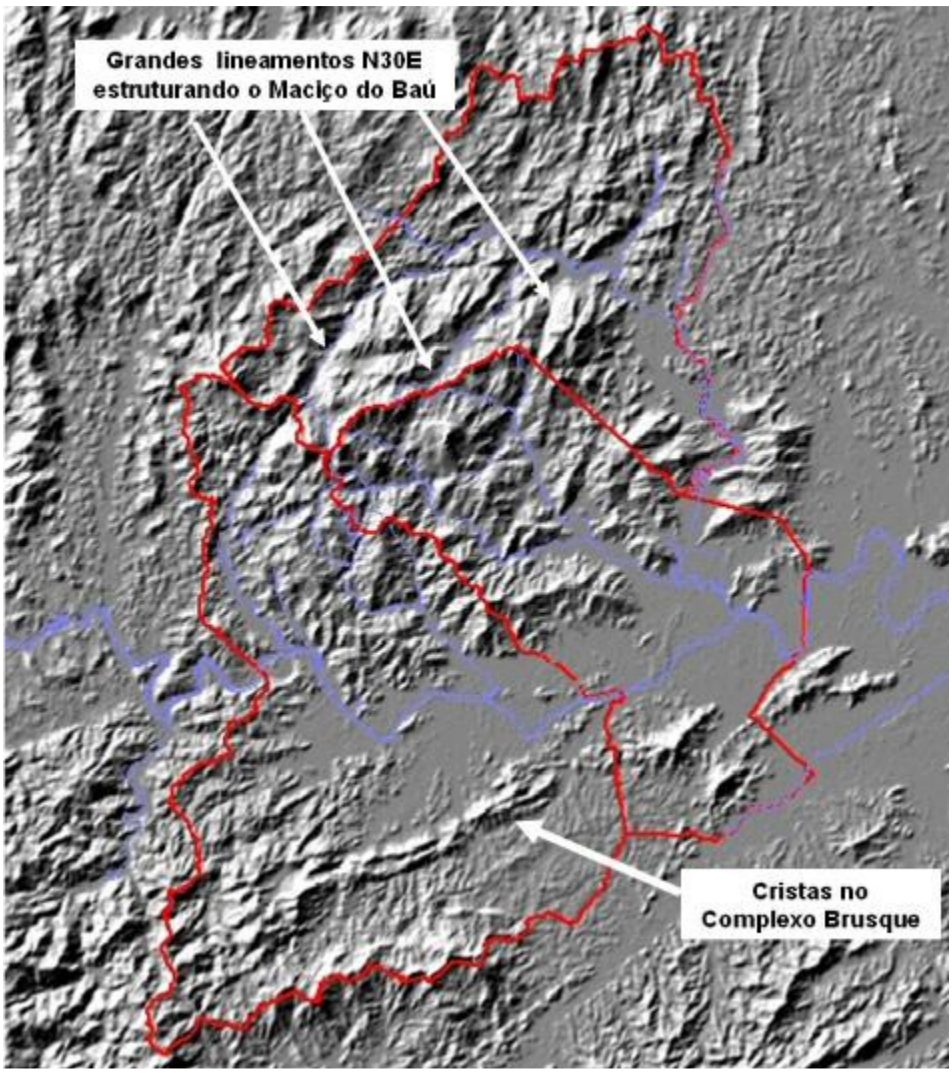


Figura 6.35 - Aspectos do relevo nos 3 municípios de Gaspar, Ilhota e Luiz Alves Sombreamento sobre modelo digital do terreno, gerado por imagens STRM.

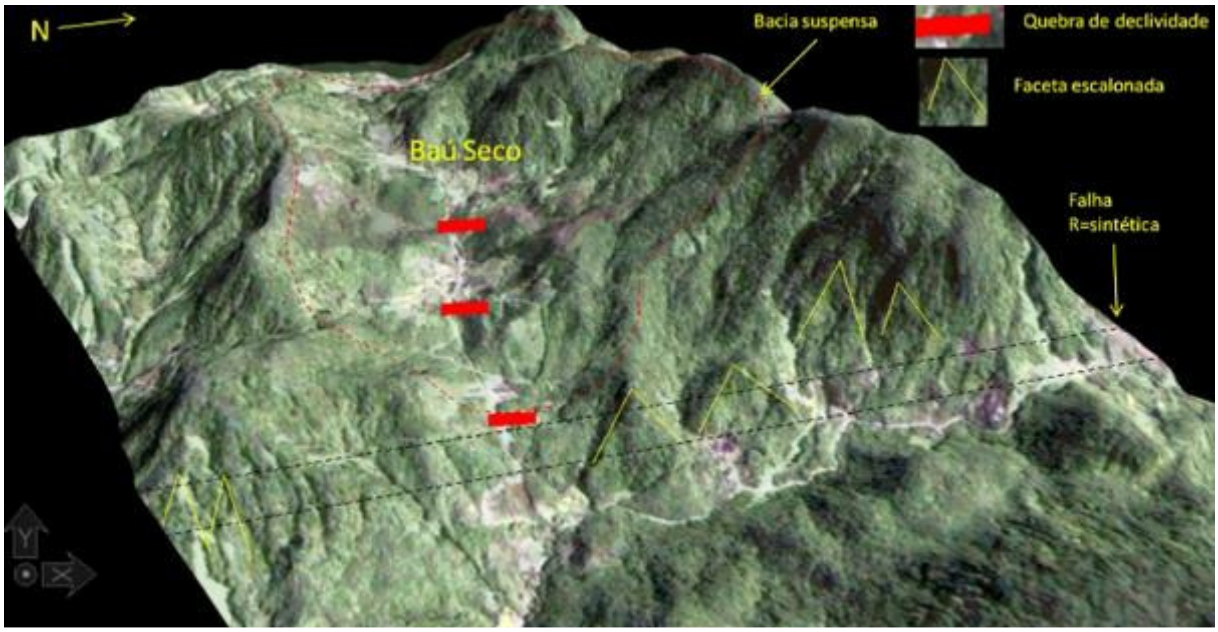


Figura 6.36 - Bacias suspensas e escalonamento do relevo na alta bacia do Ribeirão do Baú - Facetas triangulares e quebra de declividade indicam zonas de falhas. **Fonte:** Egas (2011).

Nesse domínio, é comum a ocorrência de alteritos muito espessos, além de uma ampla rede de falhas e fraturas. Os deslizamentos de maior amplitude foram encontrados nessa unidade, sendo que os mais numerosos deslizamentos foram os do tipo translacional com maior espessura, alguns gerando grandes fluxos de lama e detritos.

6.2.2.1.1.1.2. Rochas do Complexo Brusque e cataclasitos

A sul do vale do Itajaí Açu: o relevo apresenta-se bastante diferenciado, formando um relevo em cristas alongadas de orientação NE-SW, constituídas por quartzitos e filitos do Grupo Brusque e também por milonitos. Essas cristas são paralelas a zona de cisalhamento Itajaí-Perimbó. A sul dessas cristas alongadas, o relevo é marcado por colinas arredondadas e dissecadas no Granito Valsungana, de altitude mais baixa.

6.2.2.1.1.2. Domínio Morfoestrutural das Coberturas Molassóides e Vulcanitos.

Esse domínio corresponda as rochas sedimentares do Grupo Itajaí. A interpretação das fotografias aéreas realizadas na Bacia do Ribeirão do Baú (EGAS, 2011) mostra que a densidade da rede hidrográfica de primeira ordem é superior à densidade observada nas bacias, escavadas nas rochas do Complexo Luiz Alves. Os vales são também mais estreitos e mais encaixados.

Numa escala média a dissecação do relevo não apresenta feições geomorfológicas significativamente diferentes entre as diversas rochas sedimentares. As áreas correspondentes aos diversos tipos de rocha sedimentar são representadas no mapa porque muitas vezes tem padrões diferenciados em relação aos deslizamentos. Os conglomerados foram afetados com numerosos deslizamentos de pequena amplitude, mas que liberaram grande volume de seixos nos vales. Os solos de alteração dos arenitos e folhelhos sendo mais rasos que nas rochas do complexo Luiz Alves e foram afetados quase exclusivamente por deslizamentos translacionais de amplitude menor.

6.2.2.1.1.3. Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares Quaternários

Corresponde às planícies aluviais do rio Itajaí Açu e dos principais afluentes e subafluentes dos rios Belchior e Luiz Alves. As aluviões dos altos vales compostas de seixos com matriz arenosa foram fortemente remanejadas pelos fluxos que acompanharam as

inundações de novembro 2008. À jusante, os depósitos aluviais arenosos ou areno-siltosos foram recobertos por novas camadas de granulometria semelhante. Estão frequentemente associados à rampas e leques de colúvio que ocorrem no pé das encostas.

6.2.3. Avaliação e Delimitação das Áreas de Suscetibilidade e Risco a Deslizamentos e Inundações

6.2.3.1. Introdução

O evento de novembro de 2008, por ter sido de grande magnitude, deixou o terreno bem marcado por um registro de numerosas cicatrizes de deslizamentos que puderam ser delimitadas e mapeadas por imagens de satélite e inspeções de campo. Ao todo, foram mapeadas 1576 cicatrizes (Figuras 6.38, 6.39 e ANEXO II). A análise dessas cicatrizes passou a ter fundamental importância nos estudos posteriores visando à delimitação de encostas com características topográficas, geológicas e de uso do solo semelhantes às deslizadas. Esses trabalhos culminaram com a confecção de mapas de suscetibilidade e de risco a deslizamentos a partir de geoprocessamento e de análise estatística multivariada, objeto desse capítulo.

6.2.3.2. Materiais e Métodos

A descrição dos materiais e métodos empregados está no ítem 5.1.

6.2.3.3. Mapa de áreas urbanizadas e casas rurais

Para a elaboração desse mapa, foi utilizado o mosaico de fotografias áreas ortorretificadas do novo aerolevantamento do estado de SC, fornecido pela Secretaria do Desenvolvimento Sustentável de SC. Essas imagens, de excepcional qualidade, com resolução espacial em torno de 0,40 metros x 0,40 metros e georreferenciamento preciso, permitiram uma perfeita visualização das casas e áreas urbanizadas, que foram vetorizadas como pontos e polígonos, respectivamente. (figura 6.37).

No total, foram mapeadas 4.953 casas e instalações rurais nos três municípios.

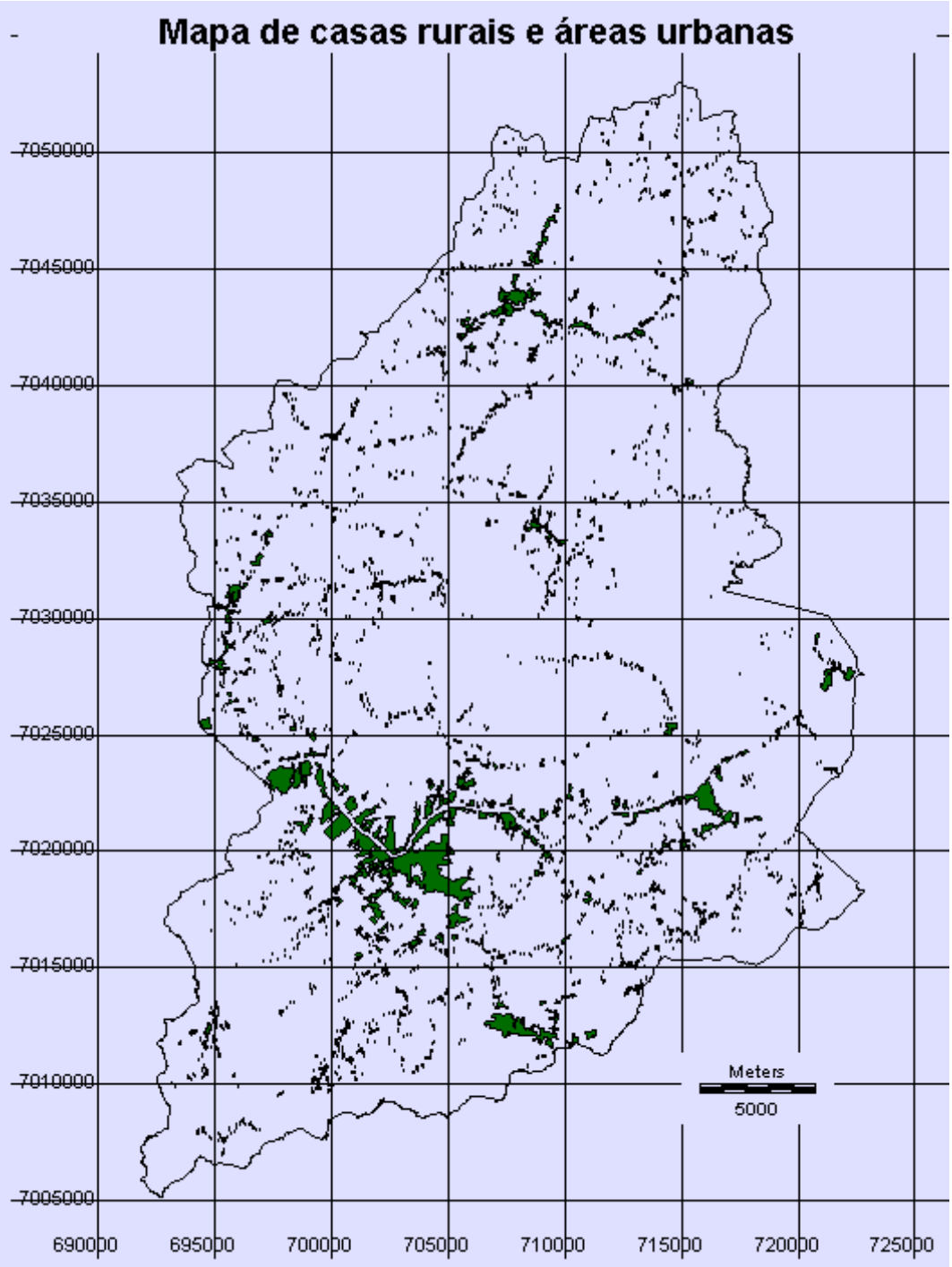


Figura 6.37 - Mapa de áreas urbanizadas (em verde) e casas rurais (pontos pretos).

6.2.3.4. Mapa de Cicatrizes

A fig. 6.38 representa o mapa de cicatrizes gerado nos municípios de Gaspar, Ilhota e Luis Alves (área do projeto).

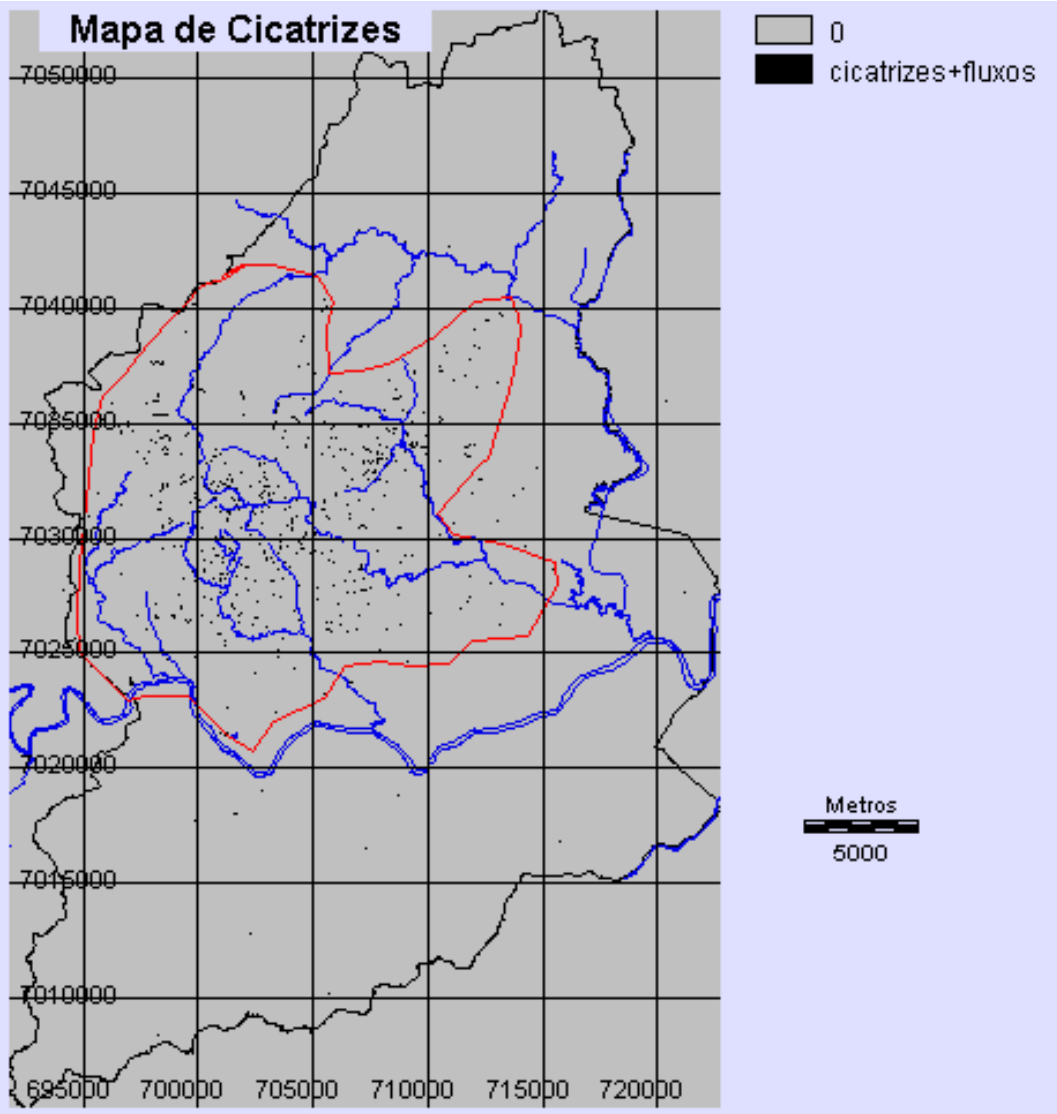


Figura 6.38 – Mapa de cicatrizes na área do projeto. Polígonos em preto:cicatrizes; polígonos em verde: fluxos de lama e detritos. A área de maior concentração de cicatrizes está delimitada pelo polígono em vermelho e passa a ser chamada *setor atingido*.

Observa-se que há uma grande concentração de cicatrizes, delimitada como setor atingido na fig. 6.39 (detalhe na fig. 6.38) e que se prolonga para sudoeste na direção da zona urbana do vizinho município de Blumenau.

O setor atingido possui área de 288,66 Km^2 e nele houve uma ocorrência de 1536 cicatrizes de deslizamentos contra 1576 cicatrizes que foram mapeadas nos 905,26 km^2 da área do projeto (municípios de Gaspar, Ilhota e Luis Alves).

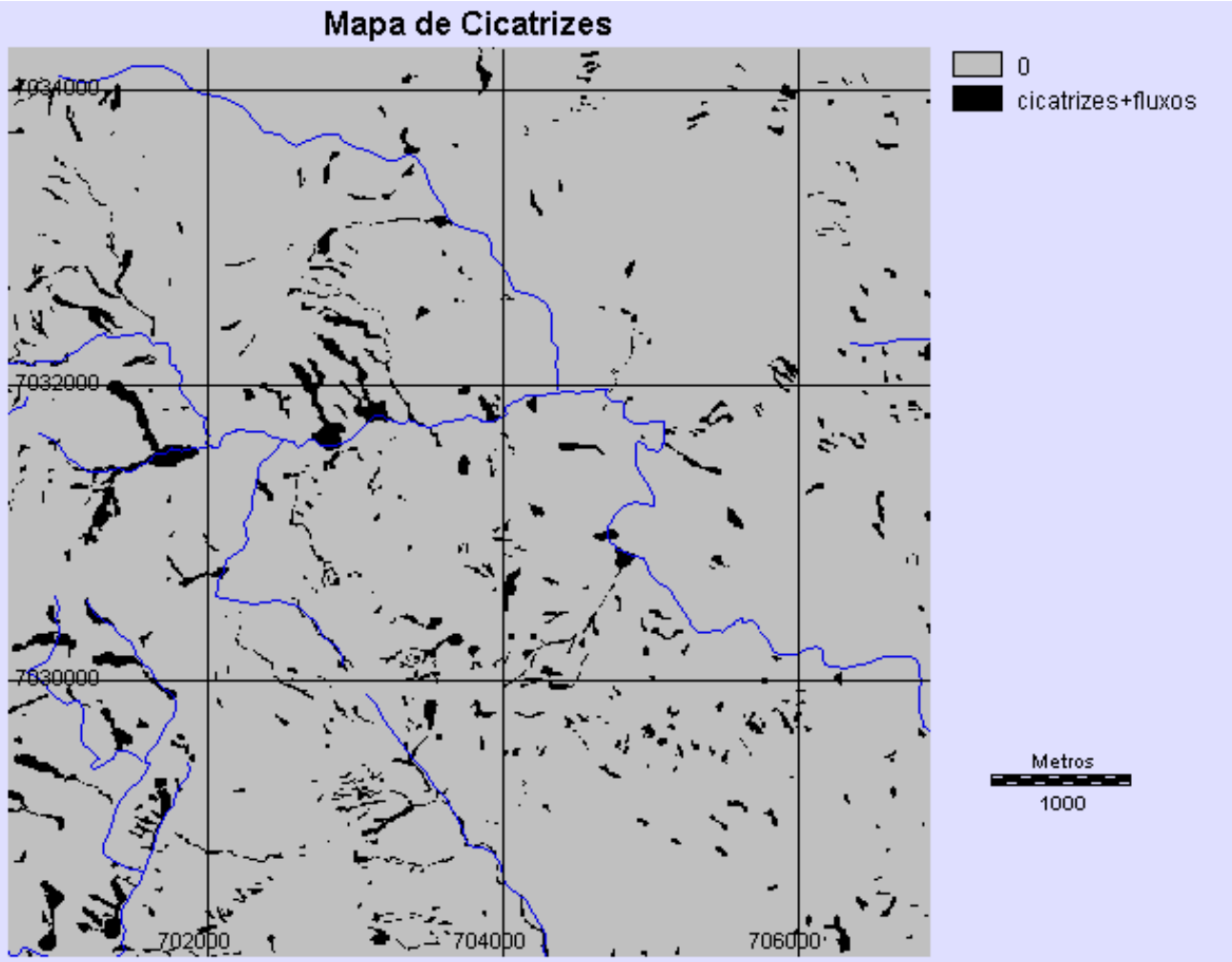


Figura 6.39 – Detalhe do mapa de cicatrizes da figura 6.38., mostrando a grande densidade de cicatrizes no setor atingido.

Na figura 6.39a, as cicatrizes são superpostas ao mapa hipsométrico da área de estudos. Observa-se que as áreas onde houve maior concentração de cicatrizes não correspondem às áreas de maior elevação. Isso parece mostrar que a concentração de cicatrizes no *setor atingido* não foi devido a fenômenos como chuvas orográficas, mesmo por o relevo, apesar de bem movimentado, é relativamente uniforme em toda a área do projeto. Essa área foi, certamente, a mais duramente atingida pelas chuvas do evento de novembro de 2008.

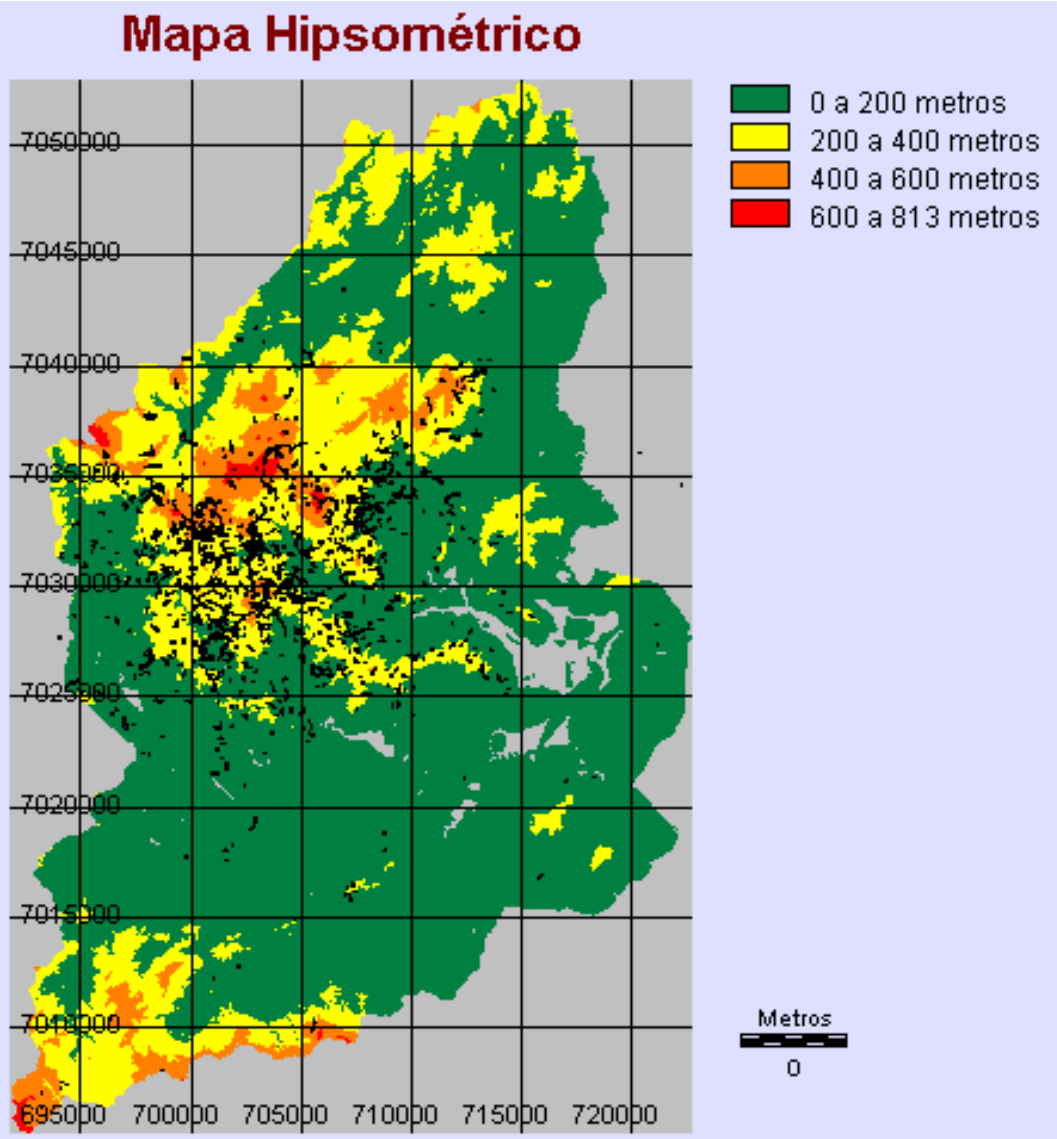


Figura 6.39a. Cicatrizes superpostas ao mapa hipsométrico da área de estudo.

Considera-se que a área de cabeceira é de grande importância, pois é nela que o deslizamento nasce e se desenvolve encosta abaixo.

De uma maneira geral, áreas com maior proporção ou densidade de cabeceiras de cicatrizes (cicatrizes/Km^2) são as mais suscetíveis a deslizamentos. Para fins de geoprocessamento e análise estatística, foi digitalizado um ponto na cabeceira de cada cicatriz, gerando-se assim uma nuvem de pontos que corresponde ao *mapa de cabeceiras de cicatrizes*.

Esse mapa foi posteriormente transformado num arquivo em formato *raster* e depois cruzado com as diversas classes *booleanas* dos mapas de variáveis topográficas e também dos mapas geológico e de uso do solo, a fim de serem geradas nas tabelas, com destaque para as colunas de densidade de cabeceiras de cicatrizes (cabeceiras/ Km^2), como a tabela

6.9. Posteriormente esses valores foram recalculados para índices de 1 a 10 que, por sua vez, foram utilizados para reclassificar os mapas.

Esses mapas reclassificados foram superpostos utilizando-se técnicas de geoprocessamento, gerando assim o mapa de suscetibilidade à geração de deslizamentos, que delimita as áreas mais propensas a esse tipo de evento.

6.2.3.5. Variáveis Topográficas

Os mapas de variáveis topográficas são compostos pelos mapas de declividade, hipsometria, orientação da encosta e forma da encosta.

Todos foram confeccionados a partir do modelo numérico do terreno (MNT) gerado por curvas de nível com equidistância de 20metros (municípios de Ilhota e Luiz Alves), de 10metros (áreas rurais do município de Gaspar) e de 5metros (áreas urbanas do município de Gaspar) da carta planialtimétrica integrada do projeto, acima referida.

As classes dos mapas de variáveis topográficas foram cruzados com os mapa de cabeceiras de deslizamentos (ver item 6.2.3.4.), com vistas à elaboração das tabelas que apresentam os números e proporções de cabeceiras em relação às áreas de cada classe. Para esse procedimento, foi utilizado o módulo álgebra com mapas e, posteriormente, o módulo contagem de células ou áreas do programa IDRISI.

Para fins de geração dos dados estatísticos expressos nas tabelas, considerou-se para cada classe do mapa de variáveis topográficas a área de cada classe relativa ao *setor atingido*, onde houve maior densidade de cicatrizes, e não à área total do projeto.

6.2.3.5.1. Mapa de Declividade

A partir do MNT foram estabelecidas quatro classes de declividade: classe 1: de 0˚ a 15˚; classe 2: de 15˚ a 30˚; classe 3: de 30˚ a 45˚; classe 4: acima de 45˚ (figura 6.40).

Embora a literatura relativa a movimentos de massa enfoque frequentemente outras classes de declividade, principalmente a classe entre 0˚ e 8˚, optou-se por trabalhar com essas quatro classes por apresentarem uma melhor distribuição dos deslizamentos na área de estudo.

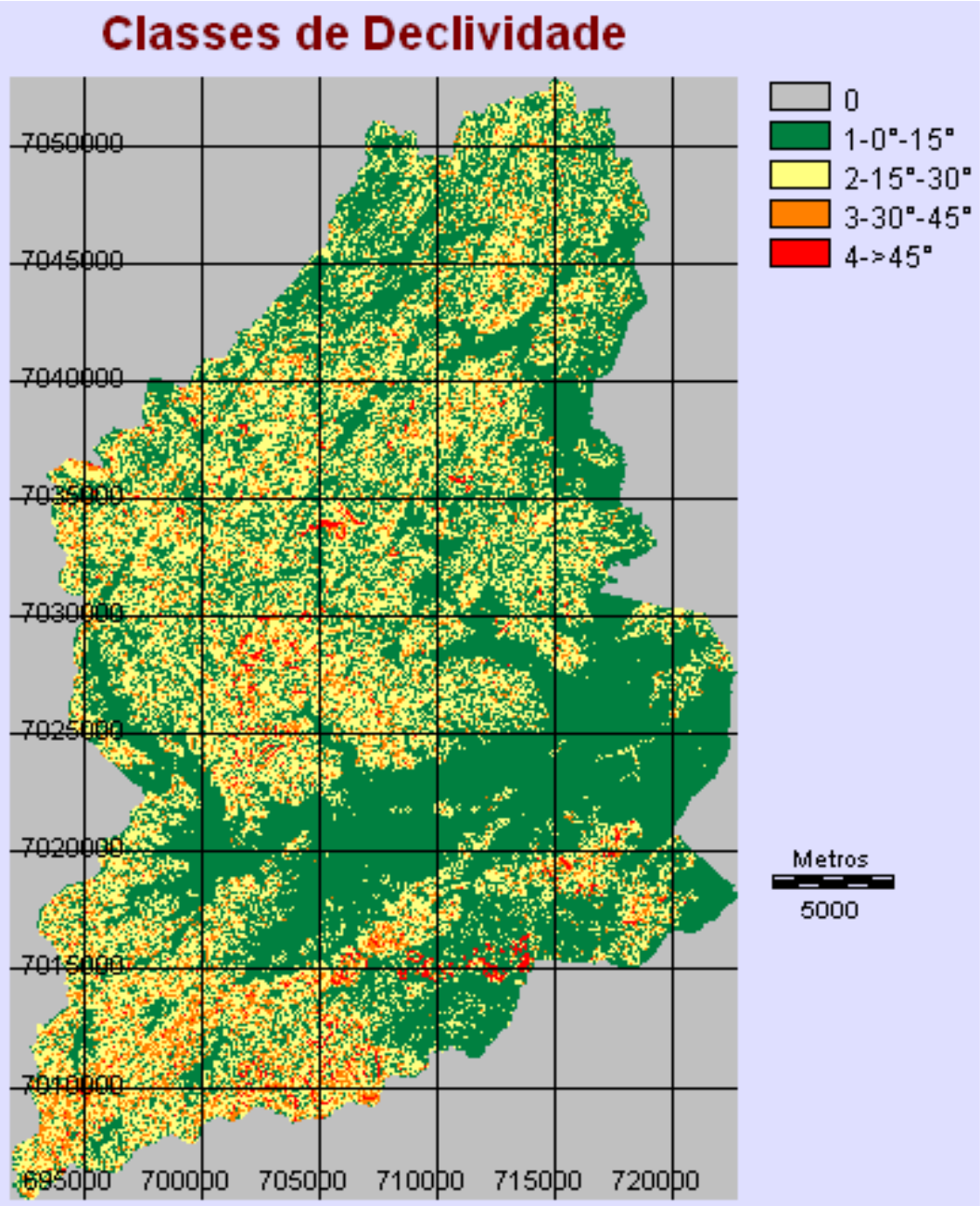


Figura 6.40 – Classes de declividade na área de estudo. Classe 1: de 0˚ a 15˚; Classe 2: de 15˚ a 30˚; Classe 3: de 30˚ a 45˚; Classe 4: acima de 45˚.

Na tabela 6.9 são apresentados os dados de cada classe de declividade, expressos em relação ao *setor atingido* e não à área total do projeto.

Tabela 6.9 – Dados estatísticos de declividade

Classe declividade	Área de cada classe (Km^2)	Número de cabeceiras	Cabeceiras/Km^2	Índice	Índice final (peso 3)
Classe 1 - 0˚ a 15˚	121,80	406	3,33	**4**	**12**
Classe 2 - 15˚ a 30˚	132,29	835	6,31	**7**	**21**
Classe 3 - 30˚ a 45˚	29,94	255	8,52	**9**	**27**
Classe 4 - acima de 45˚	4,52	40	8,86	**10**	**30**

A partir dos valores de densidade de cabeceiras (cabeceiras/Km^2), foram calculados índices, linearmente proporcionais a uma escala de 0 a 10.

Todos os quatro mapas de variáveis topográficas tiveram seus índices calculados dessa maneira.

No caso do mapa de declividade, foi atribuído um peso 3 a esses índices, para fins de geoprocessamento, devido ao fato de os valores de declividade serem reconhecidamente considerados os mais importantes quanto a deslizamentos. Observa-se, nessa tabela, que houve um aumento na densidade de cicatrizes diretamente proporcional ao aumento da declividade, como o esperado.

6.2.3.5.2. Mapa de declividade reclassificado

Com a utilização dos índices da tabela 1, foi feita a reclassificação de do mapa de declividades (figura 6.40), quando as áreas correspondentes a cada classe receberam o valor do índice correspondente (com peso 3), gerando-se, assim o mapa de figura 6.41.

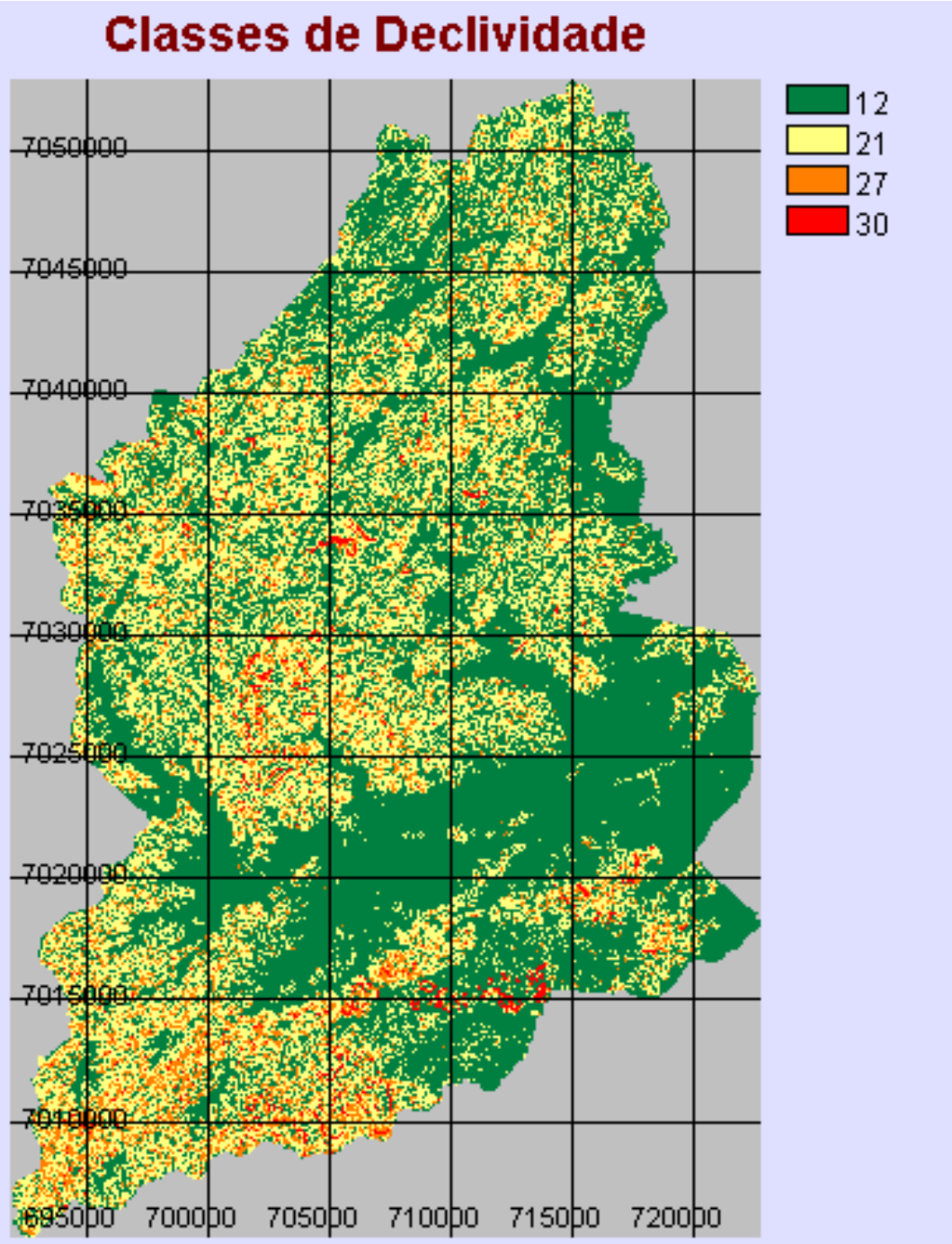


Figura 6.41 – Mapa de declividade reclassificado com os índices da tabela 1

6.2.3.5.3. Hipsometria

Na figura 6.42 é apresentado o mapa hipsométrico da área de estudo, com quatro classes: classe 1 – de 0 a 200 metros: classe 2 – de 200 a 400 metros; classe 3 – de 400 a 600 metros; classe 4 – de 600 a 813 metros.

Os dados estatísticos relativos à hipsometria estão expressos na tabela 6.10.

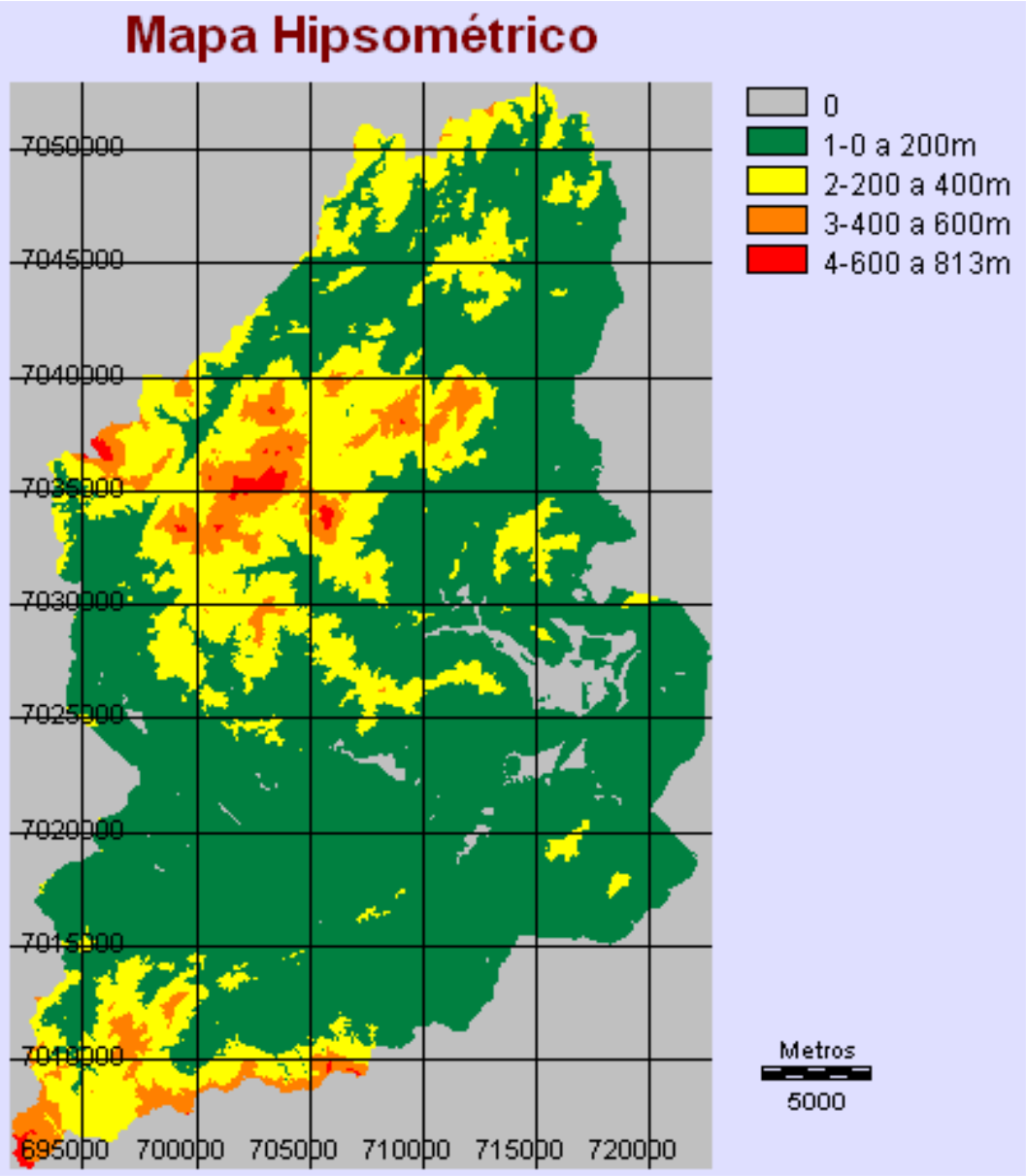


Figura 6.42 – Mapa hipsométrico da área de estudo.

Tabela 6.10 – Dados estatísticos relativos à hipsometria.

Classe hipsométrica	Área de cada classe, normalizada pela área da classe 2 de declividade (Km²)	Número de cabeceiras em cada classe normalizada	Cabeceiras/Km²	Índice
Classe 1 – de 0 a 200 metros	64,40	295	4,58	**6**
Classe 2 – de 200 a 400 metros	51,23	408	7,96	**10**
Classe 3 – de 400 a 600 metros	15,34	123	8,02	**10**
Classe 4 – de 600 a 813 metros	1,29	9	6,99	**9**

Para evitar que número de cabeceiras por classe hipsométrica, fosse influenciado pela correlação que as classes hipsométricas mais altas tem com valores mais elevados de declividade, gerando assim valores redundantes, optou-se por considerar somente as áreas relativas à classe 2 de declividade (fig. 6.40 e tabela 6.9) para cada classe hipsométrica, tirando-se, assim, a influência da declividade.

Nessa tabela, observa-se que a classe 1, representando altitudes mais baixas, foi a que apresentou uma menor densidade de cabeceiras de cicatrizes, o que é um dado curioso, considerando-se que, na área de estudo, as mais baixas altitudes correspondem aos vales que são as áreas mais densamente ocupadas e potencialmente mais propensas a deslizamentos induzidos.

No entanto, há de se considerar que a maior parte das cabeceiras mapeadas correspondem a deslizamentos translacionais rasos, quase sempre gerados nas encostas superiores, próximos aos topos de elevações.

6.2.3.5.4. Mapa hipsométrico reclassificado

Com a utilização dos índices da tabela 6.10, foi feita a reclassificação do mapa hipsométrico (figura 6.42), quando as áreas correspondentes a cada classe receberam o valor do índice correspondente, gerando-se, assim o mapa de figura 6.43.

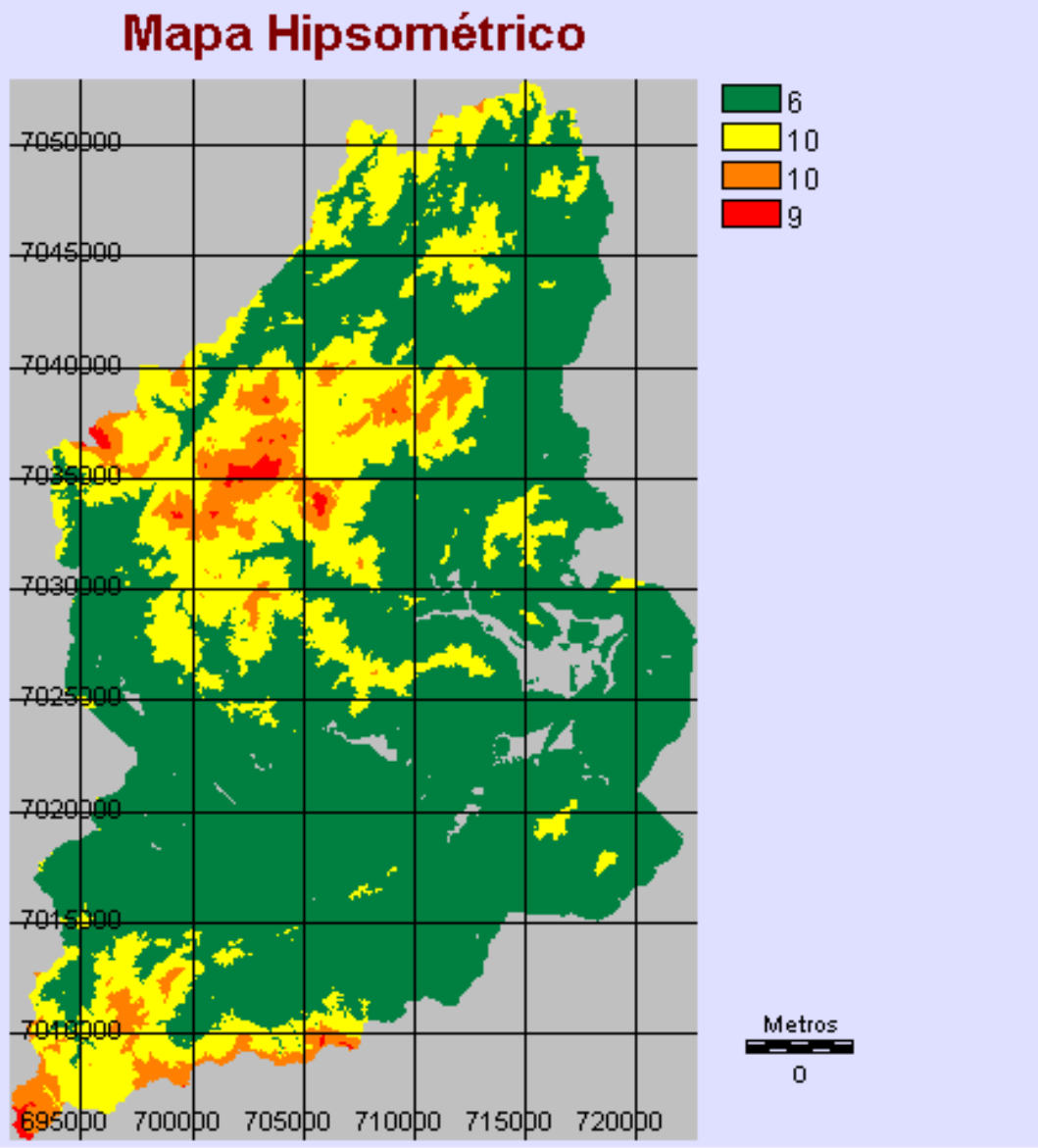


Figura 6.43. Mapa hipsométrico reclassificado com os índices da tabela 2

6.2.3.5.5. Orientação de Encostas

A figura 6.44 corresponde ao mapa de orientação de encostas com quatro classes: classe 1: azimute de 0° a 90°; classe 2: azimute de 90° a 180°; classe 3: azimute de 180° a 270°; classe 4: azimute de 270° a 360°.

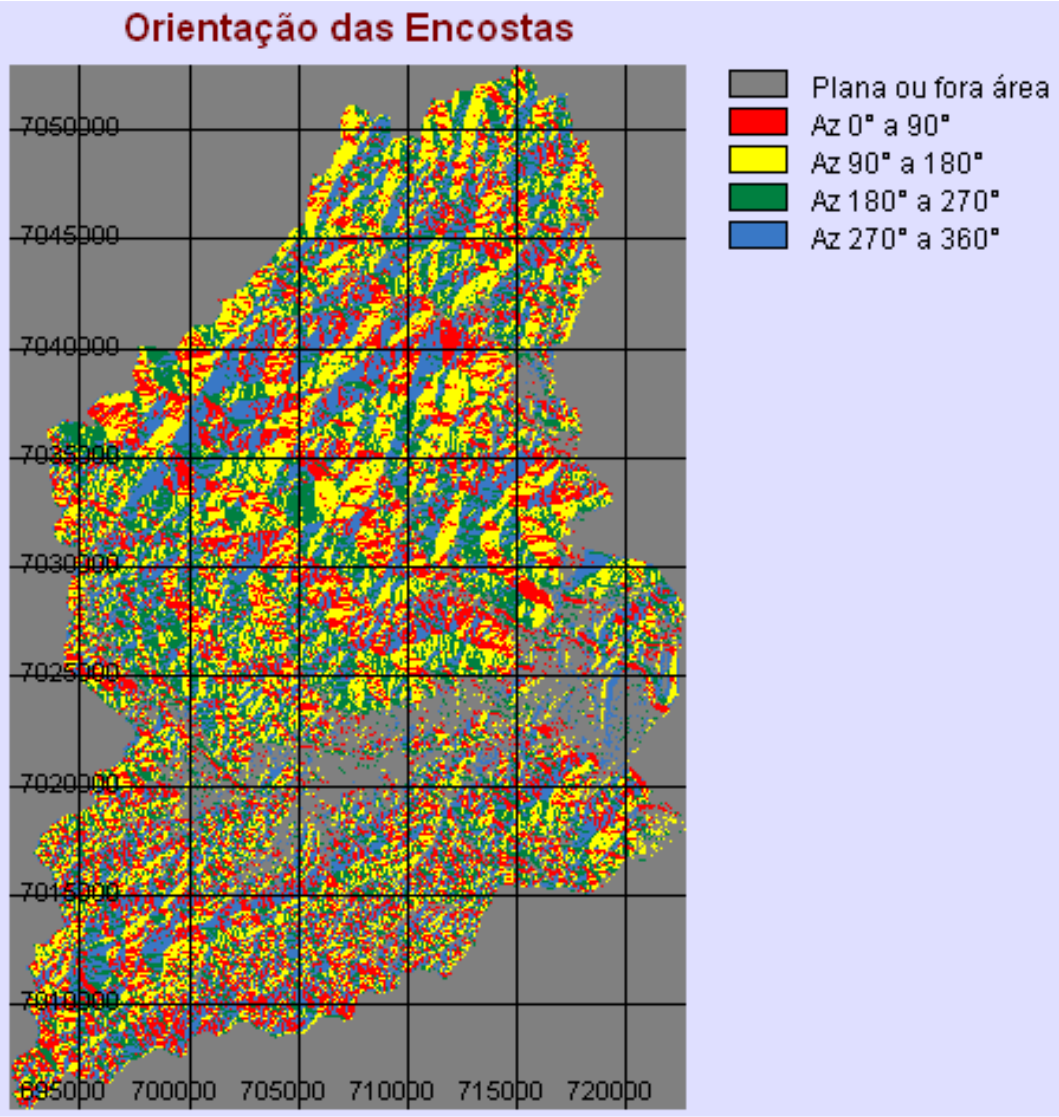


Figura 6.44 – Mapa de orientação de encostas**.**

Na tabela 6.11 são apresentados os dados estatísticos relativos à incidência de cabeceiras de deslizamentos sobre encostas voltadas para diferentes quadrantes.

Tabela 6.11 – Dados estatísticos de orientação da encosta.

Classe	Área de cada classe (Km²)	Número de cabeceiras	Cabeceiras/Km²	Índices
Classe 1: azimute de 0° a 90°(quadrante NE)	63,43	503	7,93	**10**
Classe 2: azimute de 90°(quadrante SE)	82,94	450	5,43	**7**
Classe 3: azimute de 180° a 270°(quadrante SW)	65,03	209	3,21	**4**
Classe 4: azimute de 270° a 360°(quadrante NW)	66,47	368	5,54	**7**

Nessa tabela, observa-se que as encostas da classe 1, voltadas para nordeste foram as que apresentaram maior densidade de cabeceiras, enquanto que as da classe 3, voltadas para sudoeste (quadrante oposto), foram as que apresentaram os menores valores. Isso parece refletir o fato de as chuvas de alta intensidade do evento de novembro de 2008 terem atingido a área de nordeste para sudoeste, com é relatado no item 2.2.

6.2.3.5.6. Mapa de orientação de encostas reclassificado

Com a utilização dos índices da tabela 3, foi feita a reclassificação de do mapa de orientação de encostas (figura 6.44), quando as áreas correspondentes a cada classe receberam o valor do índice correspondente, gerando-se, assim o mapa de figura 6.45.

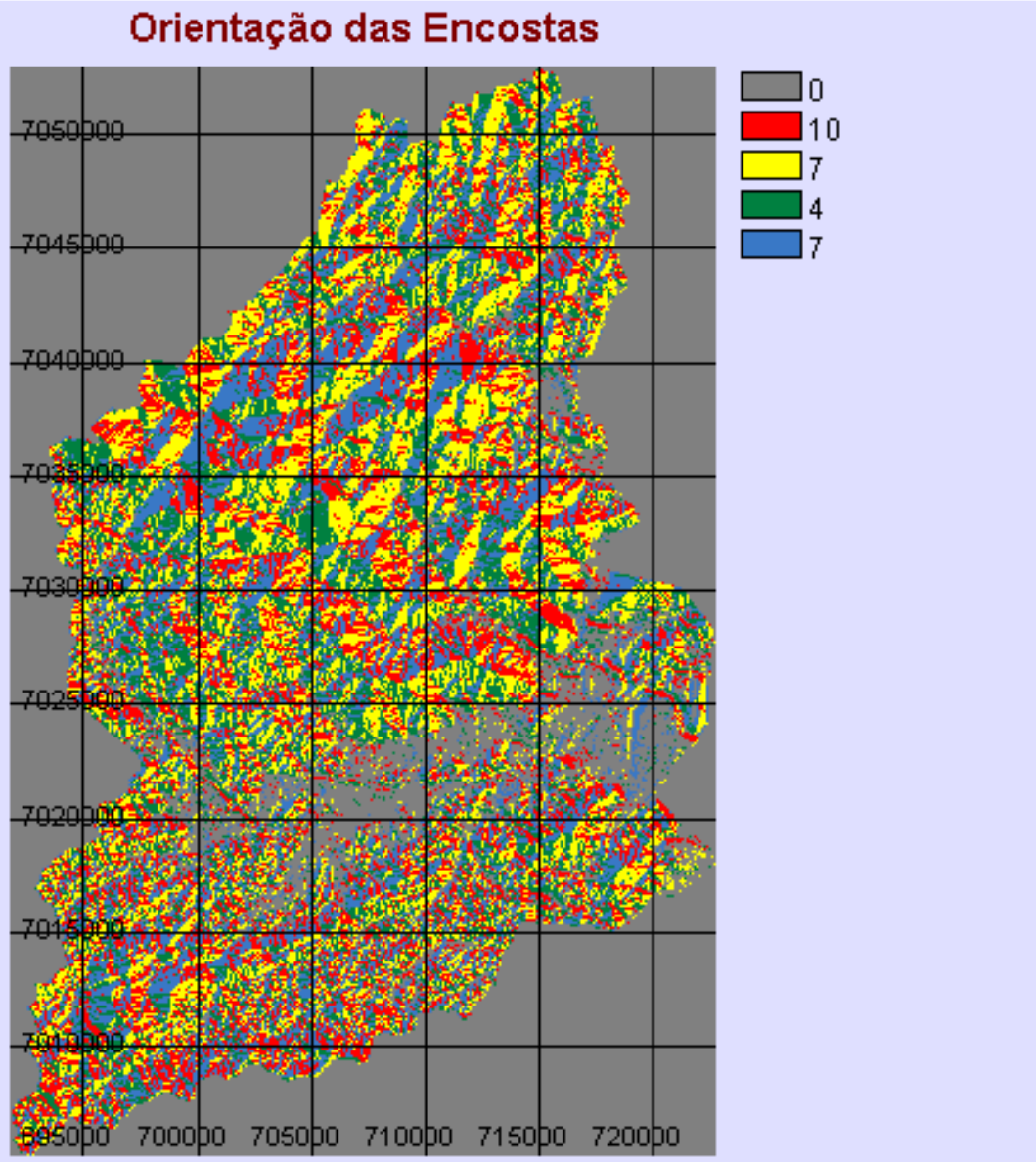


Figura 6.45 – Mapa de orientação de encostas reclassificado com os índices da tabela 3.

6.2.3.5.7. Formas de Encosta (Curvaturas)

A figura 6.46 corresponde ao mapa de formas de encostas com três classes: classe 1: encostas côncavas; classe 2: encostas planas; classe 3: encostas convexas.

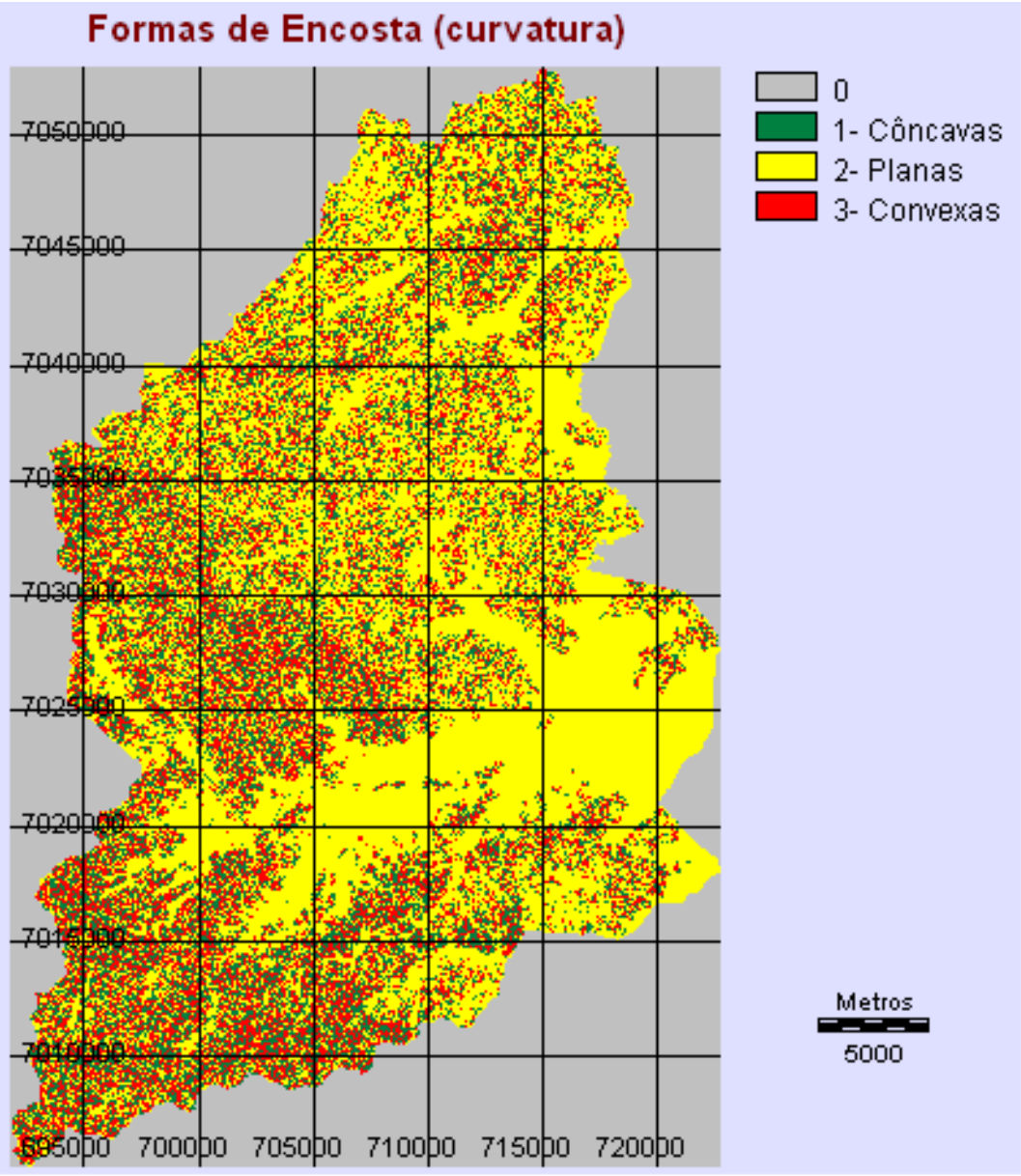


Figura 6.46 – Mapa de formas de encostas (curvaturas).

Na tabela 6.12 são apresentados os dados estatísticos referentes à distribuição de cabeceiras de cicatrizes nessas três classes de curvatura de encostas.

Tabela 6.12 – Dados estatísticos relativos às formas de encostas

Classe	Área de cada classe (Km^2)	Número de cabeceiras	Cabeceiras/Km^2	Índices
Classe 1: encostas côncavas	67,43	329	4,88	**6**
Classe 2: encostas planas	147,71	633	4,28	**5**
Classe 3: encostas convexas	73,40	574	7,82	**10**

Nessa tabela, observa-se uma densidade de cicatrizes bem maior nas encostas convexas. Isso parece refletir o fato de haver uma tendência das cicatrizes serem geradas nas áreas convexas por serem essas mais expostas à erosão do que as áreas côncavas ou planas.

6.2.3.5.8. Mapa de formas de encosta reclassificado

Com a utilização dos índices da tabela 4, foi feita a reclassificação de do mapa de formas de encostas (figura 6.46), quando as áreas correspondentes a cada classe receberam o valor do índice correspondente, gerando-se, assim o mapa de figura 6.47.

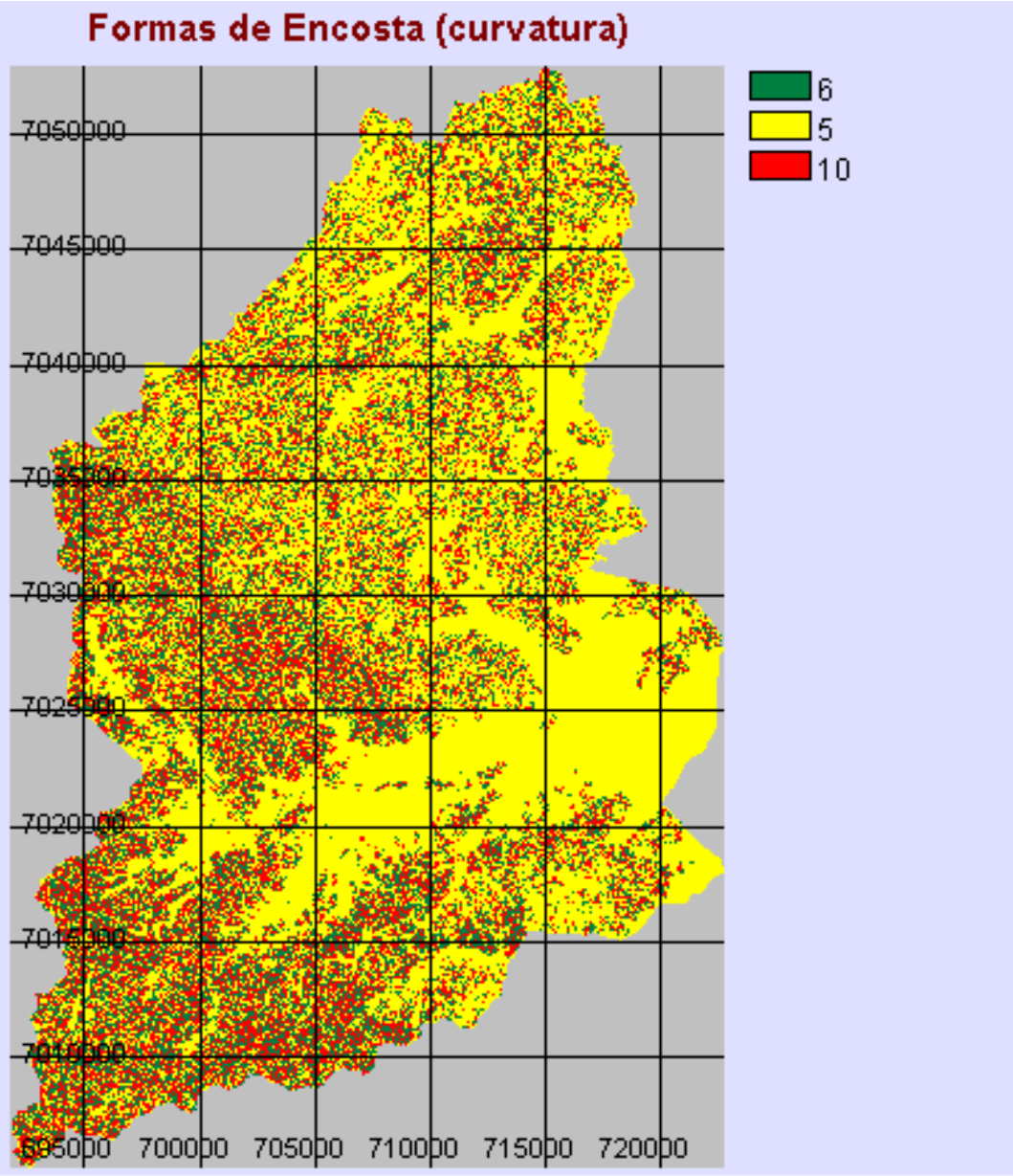


Figura 6.47 – Mapa de formas de encostas reclassificado com os índices da tabela 4.

6.2.3.6. Mapas Temáticos

Os mapas temáticos utilizados para o cálculo de índices e delimitação das áreas de suscetibilidade a deslizamentos, forma o mapa geológico e o mapa de uso e cobertura do solo.

6.2.3.6.1. Mapa Geológico

O mapa geológico da área de estudo (figura 6.48) é composto por 12 classes, cada uma correspondendo a um litotipo diferenciado.

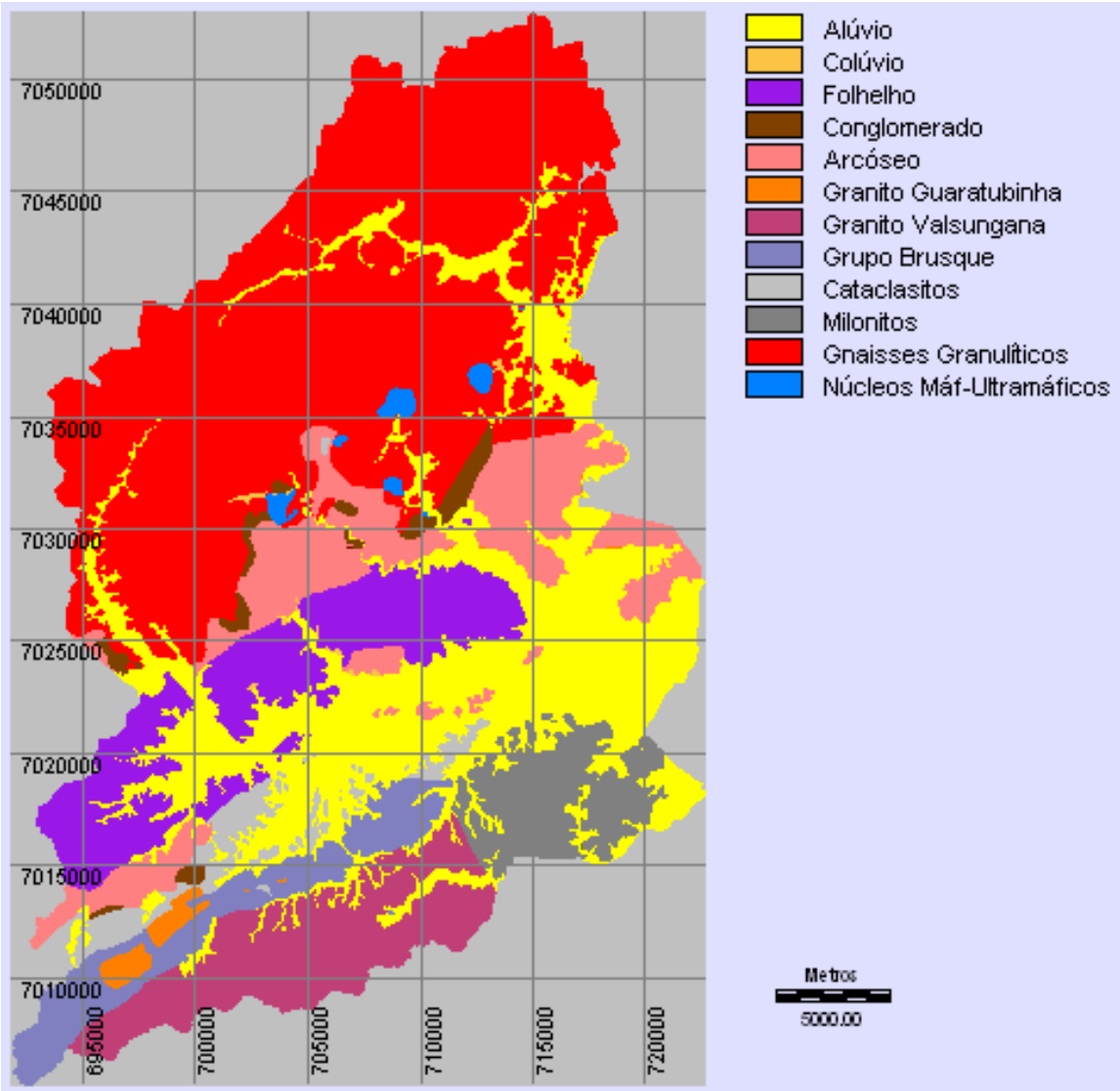


Figura 6.48 – Mapa geológico, com 12 classes, representando os litotipos.

Na área estudada observou-se que os solos residuais desenvolvidos sobre os mesmos litotipos ou unidades geológicas apresentam, em média, características mineralógicas e microestruturais semelhantes, o que permite inferir, em termos regionais, um comportamento geotécnico semelhante.

Na tabela 6.13. são apresentados os dados estatísticos quanto à distribuição das cabeceiras e também das áreas das cicatrizes de deslizamentos referentes a cada litotipo que representa classe do mapa geológico.

Tabela 6.13 – Dados estatísticos relativos às classes do mapa geológico.

CLASSE	Área classe (Km^2)	N°de cabeceiras	Cabeceiras/Km^2	Índice relativo às cabeceiras	Área das cicatrizes na classe(Km^2)	Proporção da área de cicatrizes(%)	Índice quanto a cicatrizes	Média dos índices	Índice Final
Alúvio	24,56	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Colúvio	1,38	0	0	0	0,15	10	10	5	**7**
Folhelho	44,13	210	4,76	6	0,40	0,90	2	4	**5**
Conglomerado	6,63	51	7,69	8	0,12	1,76	4	6	**8**
Arcóseo	36,92	442	11,97	10	0,96	2,61	5	7,5	**10**
Gnaisses	171,09	795	4,65	6	4,24	2,48	5	5,5	**7**
Máf-Ultramáf.	5,18	43	8,31	8	0,17	3,26	7	7,5	**9**
Guaratubinha	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	**7**
Valsungana	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	**7**
Brusque	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	**7**
Cataclasitos	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	**6**
Milonitos	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	fora	**6**

Nessa tabela, as unidades Granito Guaratubinha, Granito Valsungana, Grupo Brusque, Cataclasitos e Milonitos, por estarem fora da área de maior concentração de cicatrizes, representada pelo *setor atingido* (fig. 6.38), tiveram sua avaliação prejudicada. Para seus índices, foram estimados os valores de unidades semelhantes.

Diferentemente do que foi feito nos mapas de variáveis topográficas, considerou-se também as proporções das áreas de cada classe afetadas por cicatrizes para o cálculo do índice final.

Os solos desenvolvidos em arcóseos, seguidos pelos em complexos máfico-ultramáficos foram os que apresentaram maiores índices de suscetibilidade.

6.2.3.6.2. Mapa Geológico reclassificado

Com a utilização dos índices finais da tabela 5, foi feita a reclassificação de do mapa geológico (figura 6.48), quando as áreas correspondentes a cada classe receberam o valor do índice correspondente, gerando-se, assim o mapa de figura 6.49.

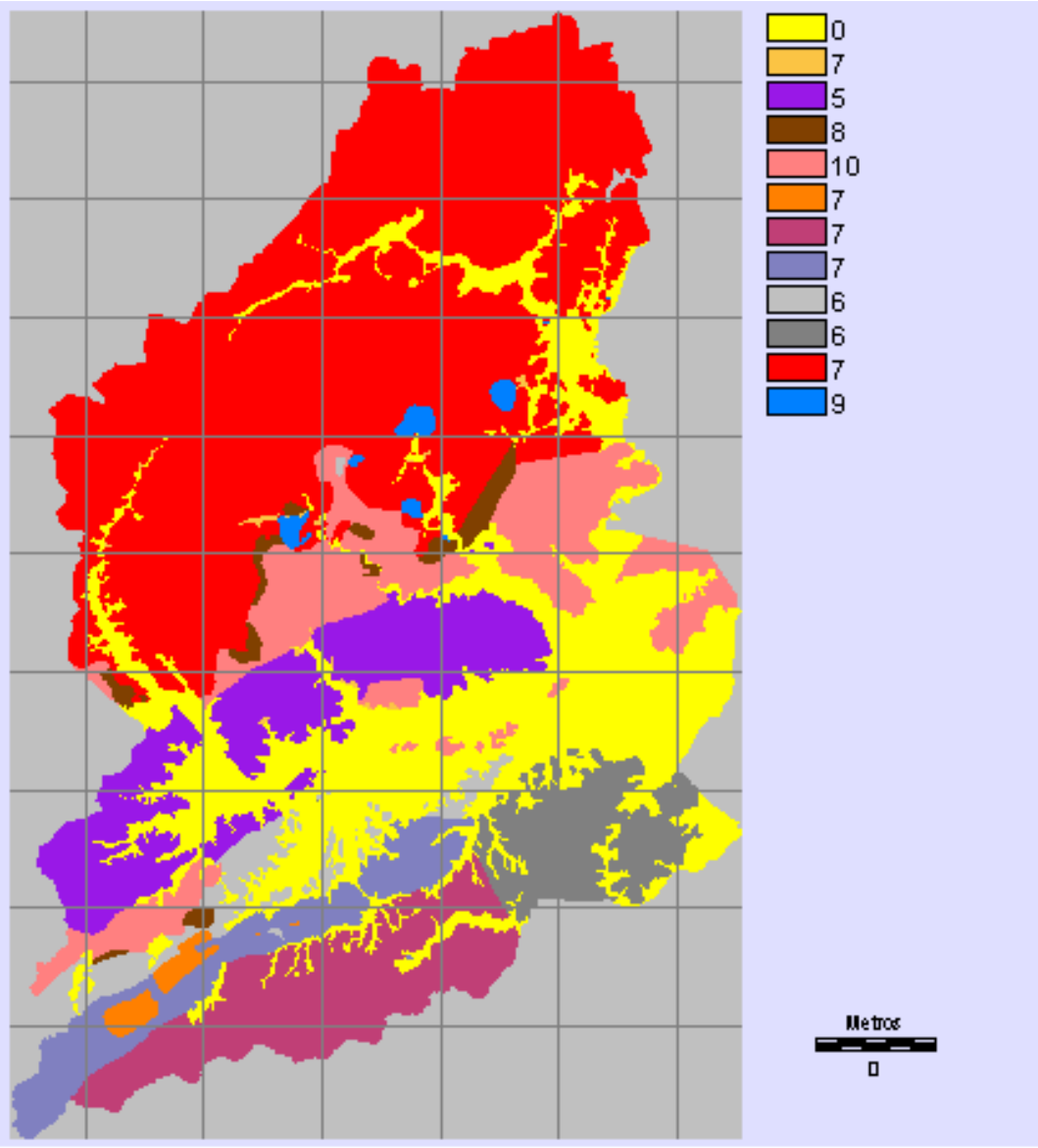


Figura 6.49 – Mapa geológico reclassificado com os índices da tabela 5.

6.2.3.6.3. Mapa de Uso e Cobertura do Solo

Os três municípios estudados ocupando áreas de morfologia variável (como setores montanhosos, planícies, setores de colinas) apresentam uma repartição diferenciada de tipo de uso da terra de um setor para outro. As 11 classes de uso da terra descritas na tabela 6.13a correspondam à uso da terra na totalidade de cada município. Esses resultados são significativos a uma escala de 1:50.000. Eles não são totalmente representativos dos detalhes de uso da terra nos setores mais afetados por deslizamentos onde somente uma análise feita por interpretação visual a partir de imagens de alta resolução permite um resultado detalhado.

As superfícies ocupadas por matas são dominantes nos municípios onde elas representam 48,9 % (tabela 6.13a), mas dentre as microbacias afetadas por deslizamentos

dos arredores do Morro do Baú esse percentagem atinge mais de 60% (70% na bacia de Ribeirão do Baú segundo Egas, 2011).

A classe pastagens (23,4% das áreas dos 3 municípios) corresponde a todas as superfícies vegetadas cobertas de gramíneas fazendo parte ou não de um uso puramente agrícola (pastos sujos ou não, capoeirinha, superfícies deslizadas já recobertas por vegetação no momento de registro das imagens). Uma comparação de imagens dos últimos anos mostra que na planície do Rio Itajaí Açu uma parte das pastagens em 2009 é agora utilizada como arrozais.

Tabela 6.13a - Classes de uso da terra em 2009 extraídas das imagens Liss3 de 2009/2010 na totalidade das superfícies dos 3 municípios estudados

	Gaspar	**Ilhota**	**Luiz Alves**	**Total**		
	ha	ha	ha	ha	%	
Água	328,9	244,8	2,1	575,8	0,6	0,6
Arroz	3187,5	3038,6	448,9	6675	7,4	36,1
Pastagens	8131,3	7579,5	5495	21205,8	23,4	
Banana	0	561,3	3963	4524,3	5,0	
Palmito	66	63,7	57,8	187,5	0,2	
Cana	7.8	10.4	74.3	92.5	0.1	
Mata	21725.3	10158.8	12341.6	44225.7	48.9	48.9
Eucalipto	1626	1539.9	1359.4	4525.3	5,0	6.2
Pinus	157.1	92.2	849.8	1099.1	1.2	
Solo nu	2477.9	1700.1	1261.1	5439.1	6,0	6.0
Urban.	1497.4	270.8	201.4	1969.6	2.2	2.2
Total	39205.2	25260.1	26054.4	90519.7	100	100

Na figura 6.50 é apresentado o mapa de uso e cobertura de solo da área de estudo, composto pelas onze classes de uso ou cobertura de solo.

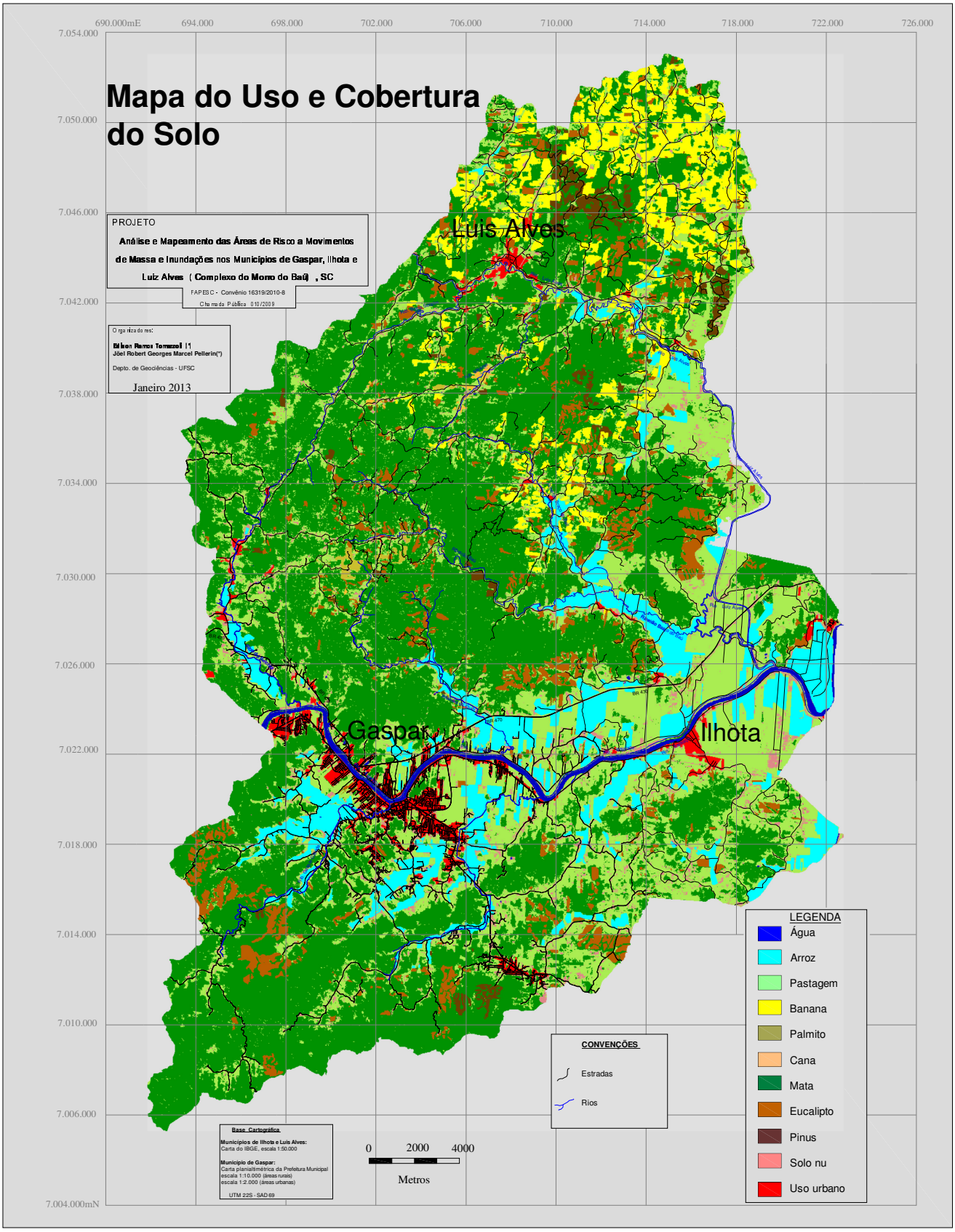


Figura 6.50 – Mapa de uso e cobertura do solo, com onze classes. No ANEXO IV pode-se visualizar versão desse mapa em escala ampliada.

Na tabela 6.14 são apresentados os dados estatísticos quanto à distribuição das cabeceiras e também das áreas das cicatrizes de deslizamentos referentes a cada classe de uso e cobertura do solo do mapa da fig. 6.50.

Para evitar que número de cabeceiras por classe de uso do solo, fosse influenciado pelo fato de algumas coberturas do solo como a mata tenderem a ocorrer em áreas com maior declividade do que outras, gerando assim valores redundantes, optou-se por considerar somente as áreas relativas à classe 2 de declividade (fig. 6.40 e tabela 6.9) para cada classe de uso do solo. Portanto, todos os dados da tabela 6.14. foram normalizados à classe 2 de declividade (entre 15° e 30°), tirando-se, assim, a influência da declividade no uso do solo.

Tabela 6.14 – Dados estatísticos relativos ao mapa de uso e cobertura do solo, normalizados à classe 2 de declividade.

CLASSE	Área classe (Km^2)	N°de cabeceiras	Cabeceiras /Km^2	Índice relativo às cabeceiras	Área das cicatrizes na classe(Ha)	Proporção da área de cicatrizes(%)	Índice quanto a cicatrizes	Média dos índices	Índice Final
Água		0	0	0	0	0	0	0	**0**
Arroz		0	0	0	0	0	0	0	**0**
Pastagem	18,2	105	5,7	3,1	63,39	3,41	3,9	4	**6**
Banana	3,58	14	3,9	2,1	11,59	3,23	3,7	3	**5**
Palmito	0,79	5	6,3	3,5	3,04	3,82	4,4	4	**6**
Cana	0,11	2	18,2	10	0,95	8,66	10	10	**10**
Mata	98,5	668	6,8	3,7	213,07	2,16	2,5	3	**5**
Eucalipto	7,14	46	6,4	3,5	11,57	1,62	1,9	3	**5**
Pinus	1,30	4	3,01	1,6	1,61	1,24	1,4	2	**3**
Solo nu	1,95	6	3,1	1,7	4,94	2,53	2,9	3	**5**
Áreas urbanas	0,35	1	2,8	1,5	0,63	1,82	2,1	2	**3**

Nessa tabela observa-se que as áreas de cultivo de cana de açúcar, em que pese sua pequena área normalizada, foram as que apresentaram maiores índices de suscetibilidade quanto à geração de cabeceiras de cicatrizes como às áreas atingidas por deslizamentos, seguidas pelas áreas de palmito e pastagens. As áreas de cultivo de banana mostraram

índices relativamente baixos quanto à densidade de cabeceiras como também quanto à proporção da área atingida por cicatrizes.

6.2.3.6.4. Mapa de uso e cobertura de solo reclassificado

Com a utilização dos índices finais da tabela 6, foi feita a reclassificação de do mapa de uso e cobertura de solo (figura 6.50), quando as áreas correspondentes a cada classe receberam o valor do índice correspondente, gerando-se, assim o mapa de figura 6.51.

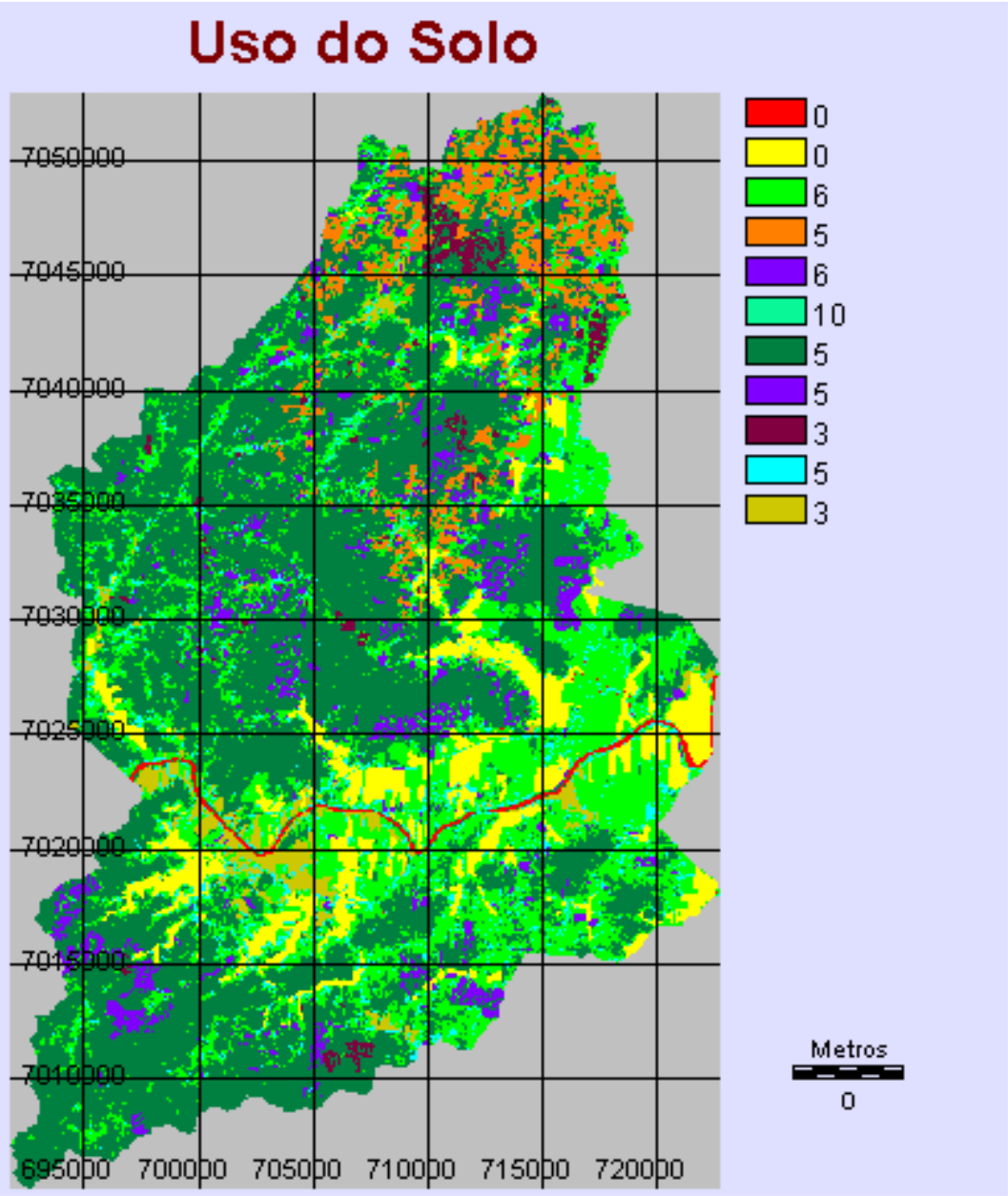


Figura 6.51 – Mapa de uso e cobertura de solo reclassificado com os índices finais da tabela 6.14.

6.2.3.7. Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos

O mapa de suscetibilidade a deslizamentos foi gerado pela superposição e soma dos índices dos mapas de variáveis topográficas, mapa geológico e de uso e cobertura do solo reclassificados (figuras 6.41, 6.43, 6.45, 6.45 e 6.49). Para essa soma, foi utilizado o módulo "álgebra com mapas" do programa IDRISI, resultando no mapa da figura 6.52. Nesse mapa, as áreas com valores mais elevados de soma de índices representam as áreas mais suscetíveis a deslizamentos.

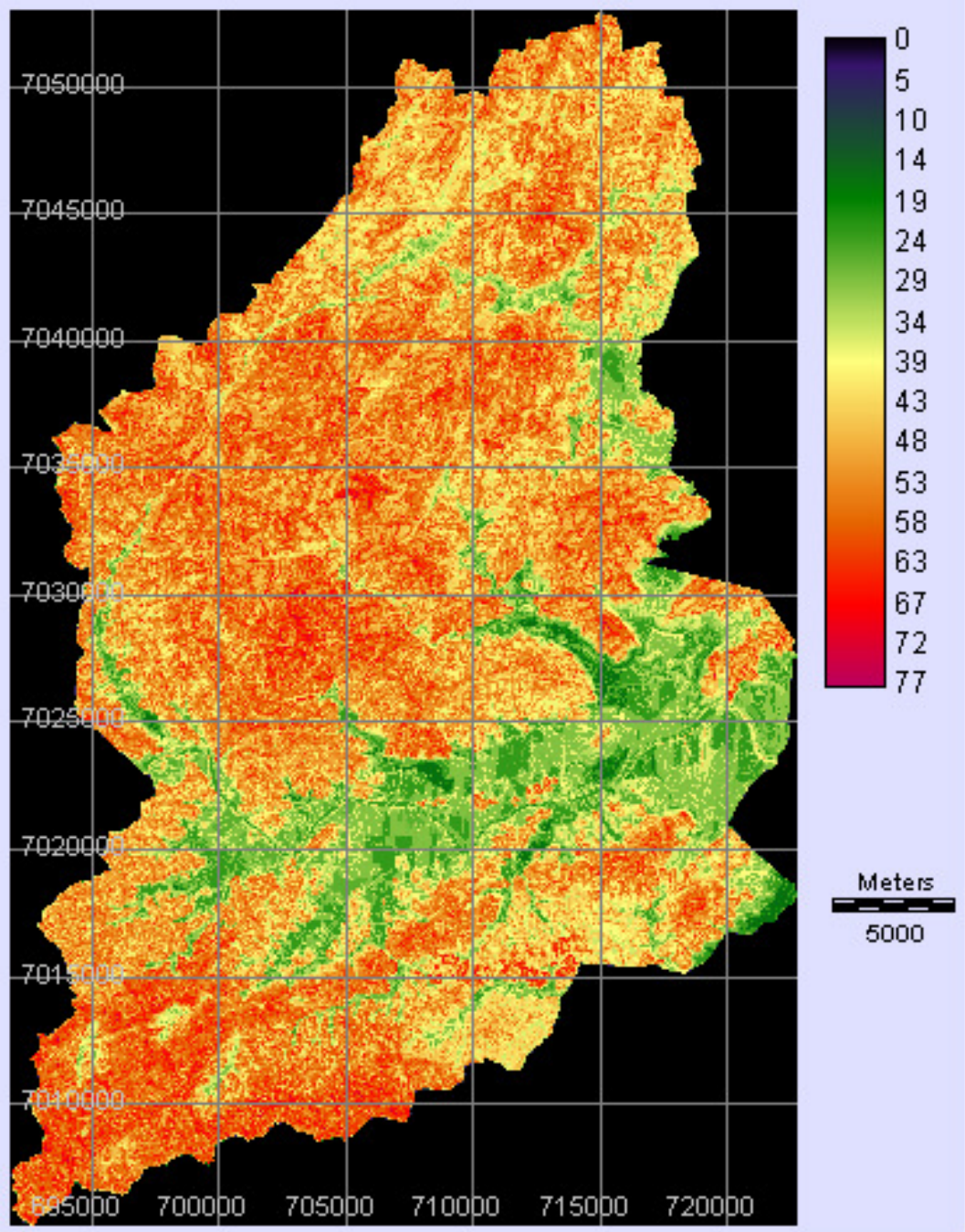


Figura 6.52 – Mapa do somatório dos índices de suscetibilidade.

Finalmente, esse mapa foi reclassificado para três classes: suscetibilidade baixa: índices de 0 a 26; suscetibilidade média: índices de 26 a 52 e suscetibilidade alta: índices de 52 a 77 (figura 6.53).

As áreas de suscetibilidade baixa totalizaram 211,14 Km^2; as de suscetibilidade média, 339,85 Km^2 e as de suscetibilidade alta, 356,51 Km^2.

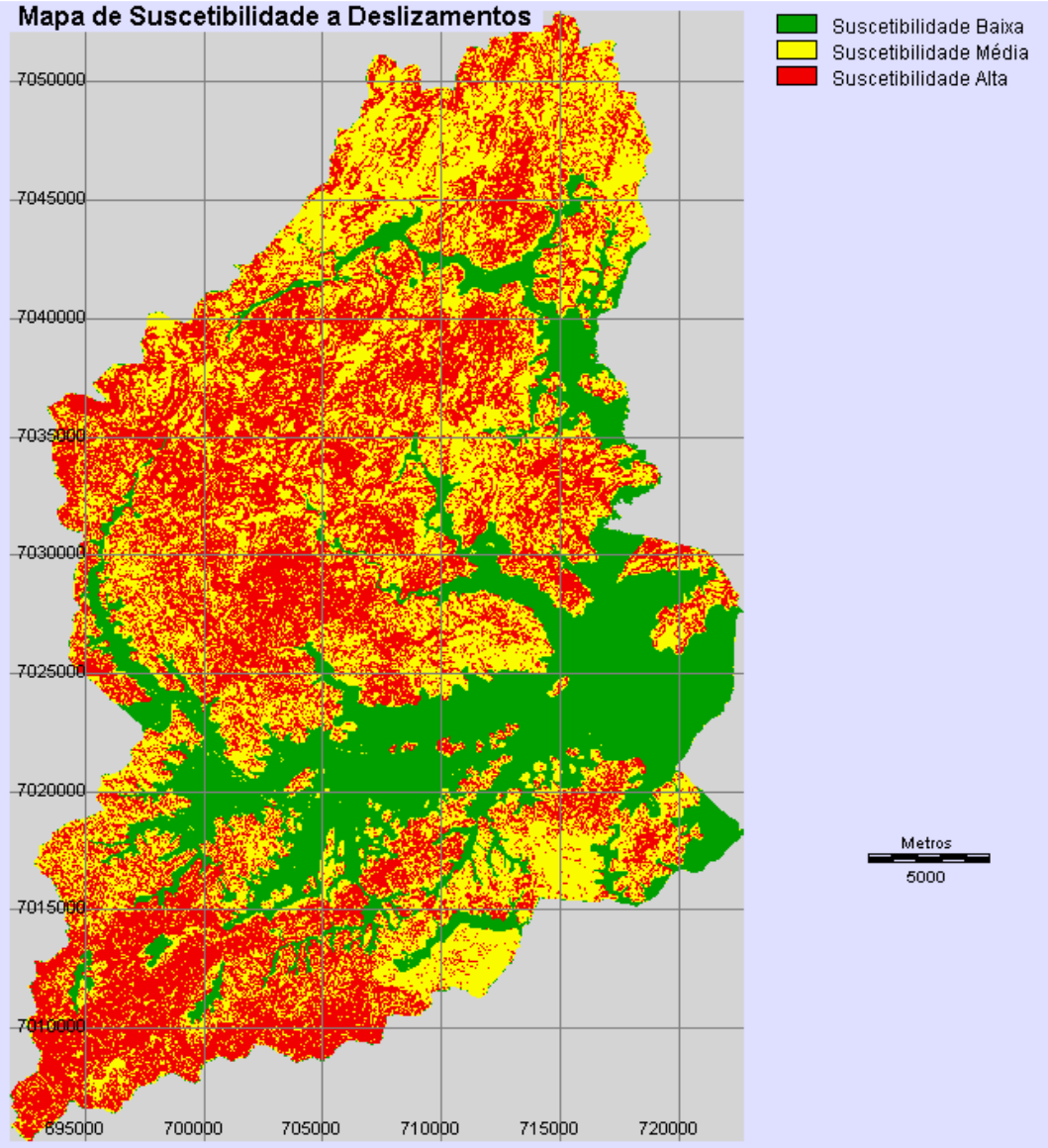


Figura 6.53 – Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na área do projeto.

6.2.3.8. Mapa de Risco a Deslizamentos

O mapa de risco a deslizamentos da área do projeto foi confeccionado fazendo-se o cruzamento (interseção) da classe de *suscetibilidade alta* do mapa de suscetibilidade (figura 6.53) com o mapa de casas rurais e áreas urbanas (figura 6.37).

Como o conceito de área de risco não está relacionado unicamente a residências ou construções, mas também a todo o espaço utilizável no entorno delas, optou-se por estabelecer uma área de influência (ou *buffer*) de 50 metros no entorno das casas e áreas urbanizadas. Portanto, o mapa de áreas de risco a deslizamentos (figura 6.54) resultou da interseção entre a classe de *suscetibilidade alta* do mapa de suscetibilidade e o mapa de casas rurais e áreas urbanas com esse *buffer* de 50 metros. No total, as áreas de risco a deslizamentos totalizaram 850,10 hectares.

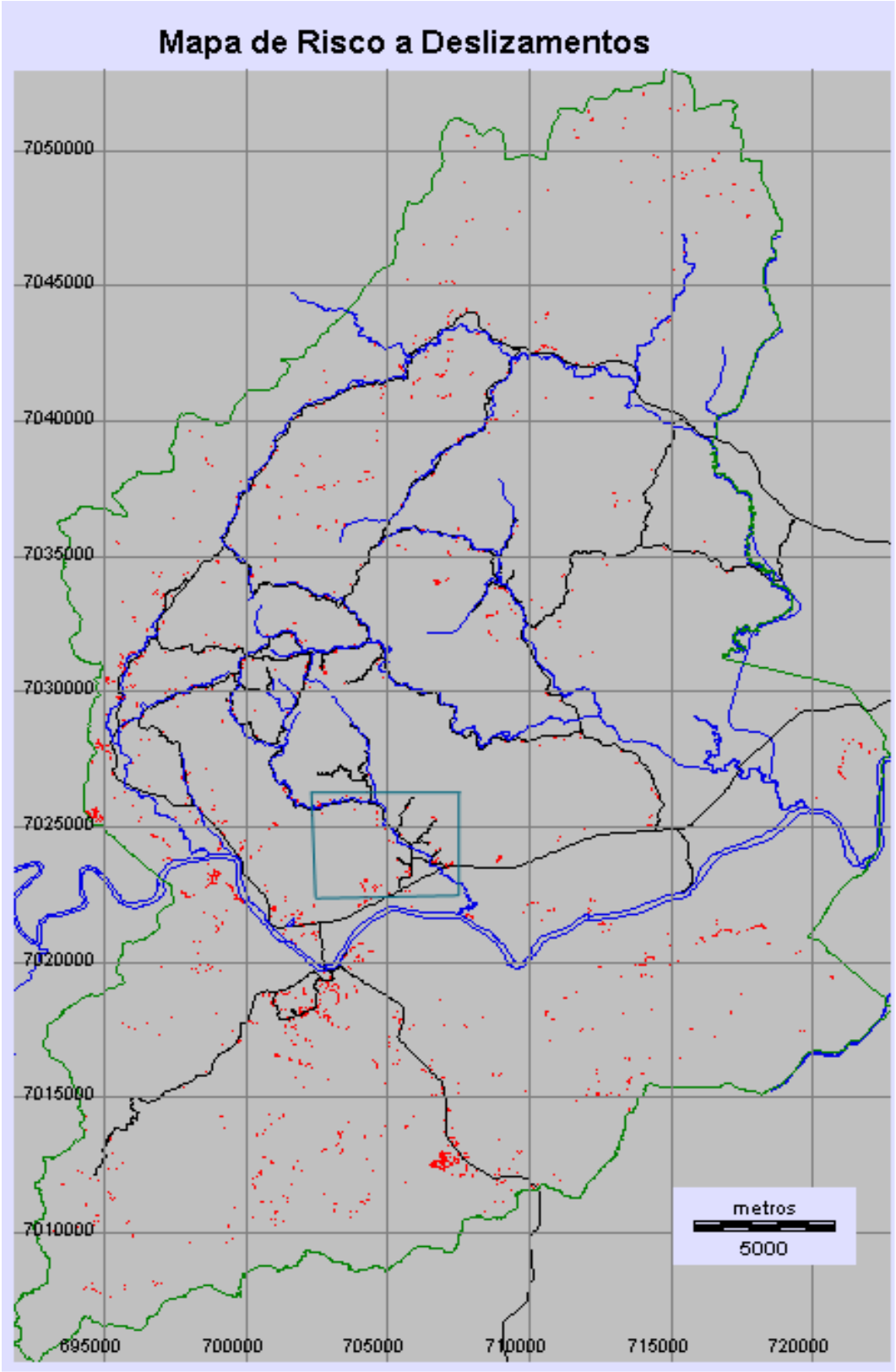


Figura 6.54 – Mapa de áreas de risco a deslizamentos. As áreas de risco estão delimitadas em vermelho, rios em azul, estradas em preto.

Na figura 6.55 temos o mapa de áreas de risco numa escala ampliada, enfocando a área do Ribeirão do Arraial.

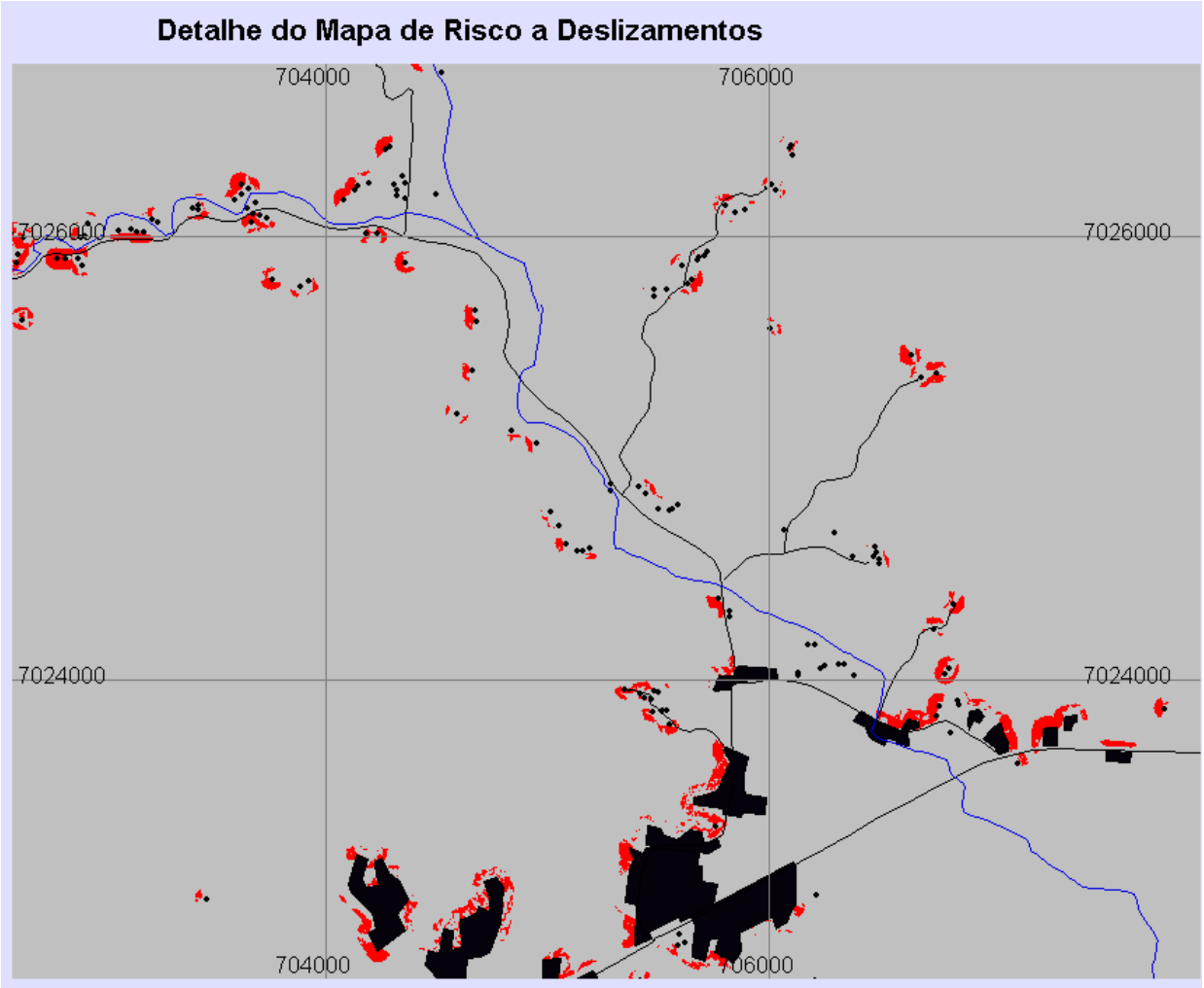


Figura 6.55 - Ampliação da área do retângulo em azul no centro do mapa de áreas de risco da fig. 6.54., correspondendo à área do Ribeirão do Arraial. Além das áreas de risco a deslizamentos em vermelho, observa-se a posição das casas rurais (pontos pretos) e dos núcleos urbanizados (áreas em preto). Ribeirão do Arraial: linha azul; estradas: linhas pretas (BR 470 no canto inferior esquerdo).

Neste setor do mapa, observa-se que as áreas de risco englobam grande parte das casas (representadas por pontos), instalações rurais ou de seu entorno. Observa-se que estas áreas ocorrem também na periferia de núcleos urbanizados (áreas em preto).

6.2.3.9. Avaliação das Áreas Inundáveis

No mapa da figura 6.56 estão representadas as áreas suscetíveis à inundação, na área do projeto. Esse mapa foi desenvolvido a partir de uma precisa delimitação de áreas de depósitos aluvionares que corresponde a áreas atingidas, periodicamente, por cheias.

Os setores inundáveis desse mapa totalizam 218,2 Km^2.

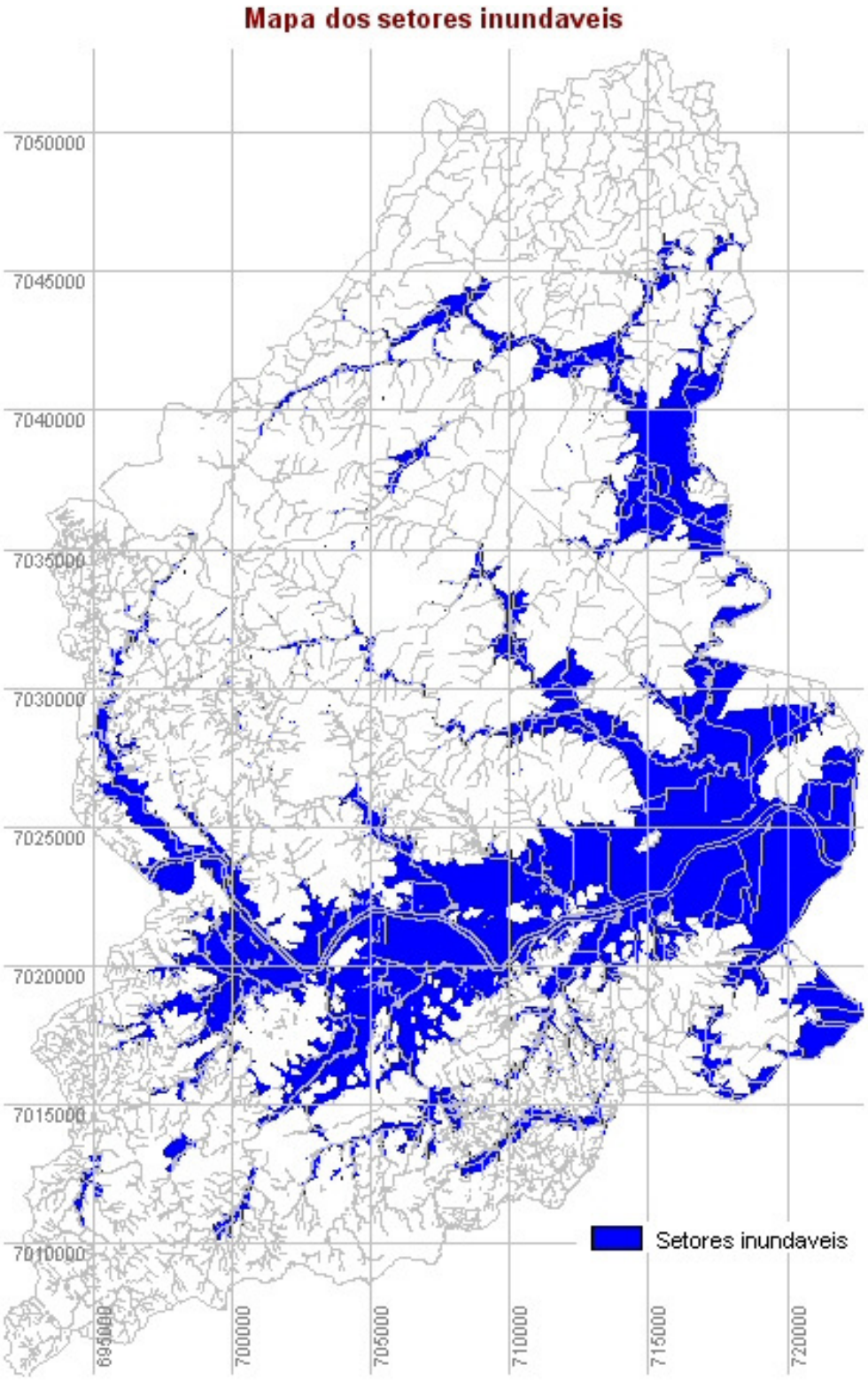


Figura 6.56 – Mapa de áreas com suscetibilidade a inundações. As linhas em cinza correspondem aos principais canais de drenagem.

6.2.3.9.1. Avaliação das áreas inundáveis na bacia do Braço do Baú

Em seu trabalho de conclusão de curso, Monteiro (2011) realizou um trabalho de modelagem matemática para a previsão de áreas suscetíveis à inundação na bacia do Braço do Baú, setor central da área do projeto.

Para tanto, integrou dados de modelagem hidrológica, com o software HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*) foi desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América (USACE-HEC, 2000). O HEC-HMS é projetado para simular o processo de precipitação-vazão de sistemas de bacias hidrográficas.

Utilizou também o modelamento com o software FLO-2D, cujo modelo hidrodinâmico foi proposto por O'Brien *et al.* (1993). Este modelo mostrou ser uma efetiva ferramenta para delimitar perigo de inundação e determinar formas de minimizar inundações. Ele pode simular desde cenários básicos de escoamento superficial até cenários avançados (FLO-2D SOFTWARE INC., 2009).

O resultado desse modelamento foi a delimitação de áreas com três níveis de perigo na bacia estudada: nível 3 para Perigo Alto (vermelho); nível 2 para Perigo Médio (laranja); nível 1 para Perigo Pequeno (amarelo) e 0 para Perigo Inexistente (sem cor). As áreas de perigo de inundação são apresentadas na Figura 6.57.

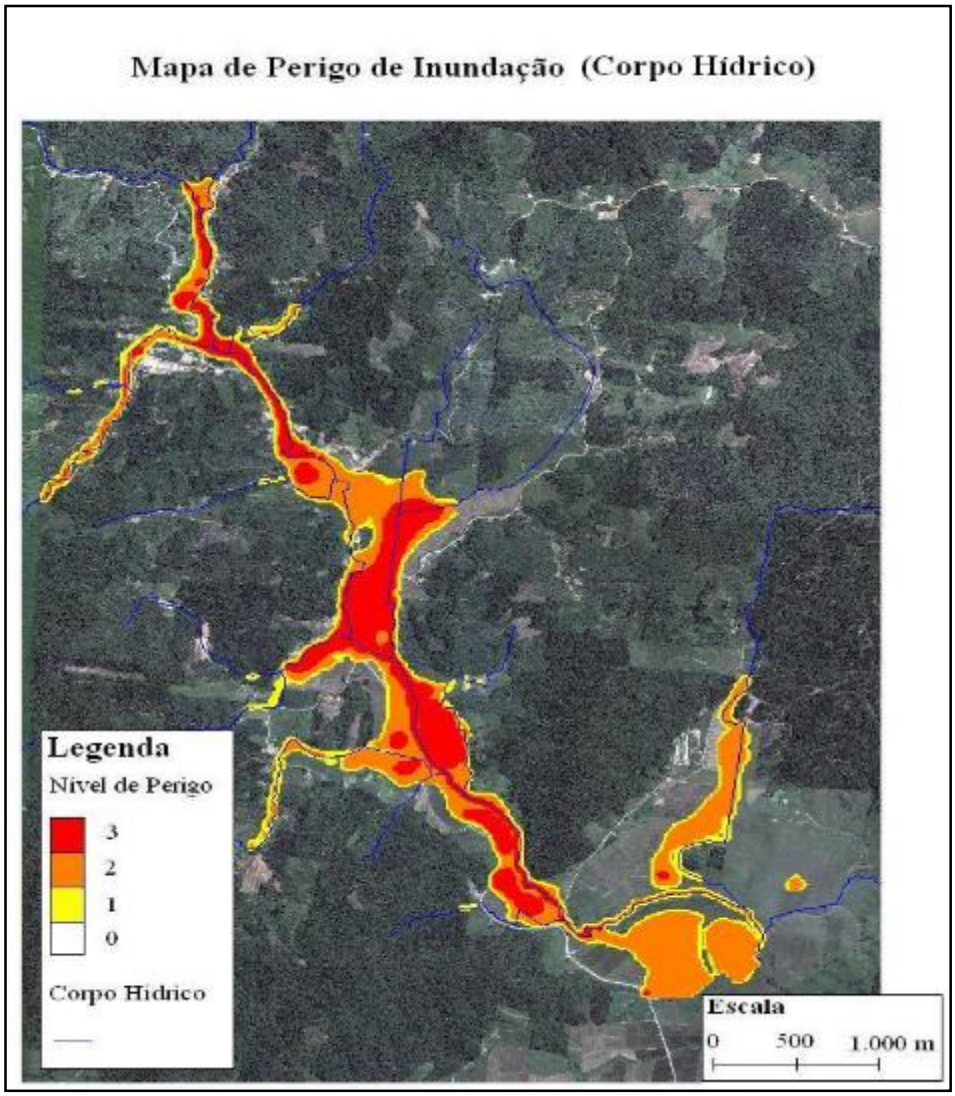


Figura 6.57 - Mapa de Perigo de Inundação (Corpo Hídrico). **Fonte:** Monteiro, L.R. (2011).

6.2.3.10. Áreas de Risco a Inundações

A figura 6.58 representa o mapa de áreas de risco a inundações. De maneira semelhante ao mapa de áreas de risco a deslizamentos, foi confeccionado fazendo-se o cruzamento (interseção) do mapa de suscetibilidade a inundações (figura 6.56) com o mapa de casas rurais e áreas urbanizadas (figura 6.37), onde foi considerado, novamente, um buffer de 50 metros no entorno das casas rurais e áreas urbanas.

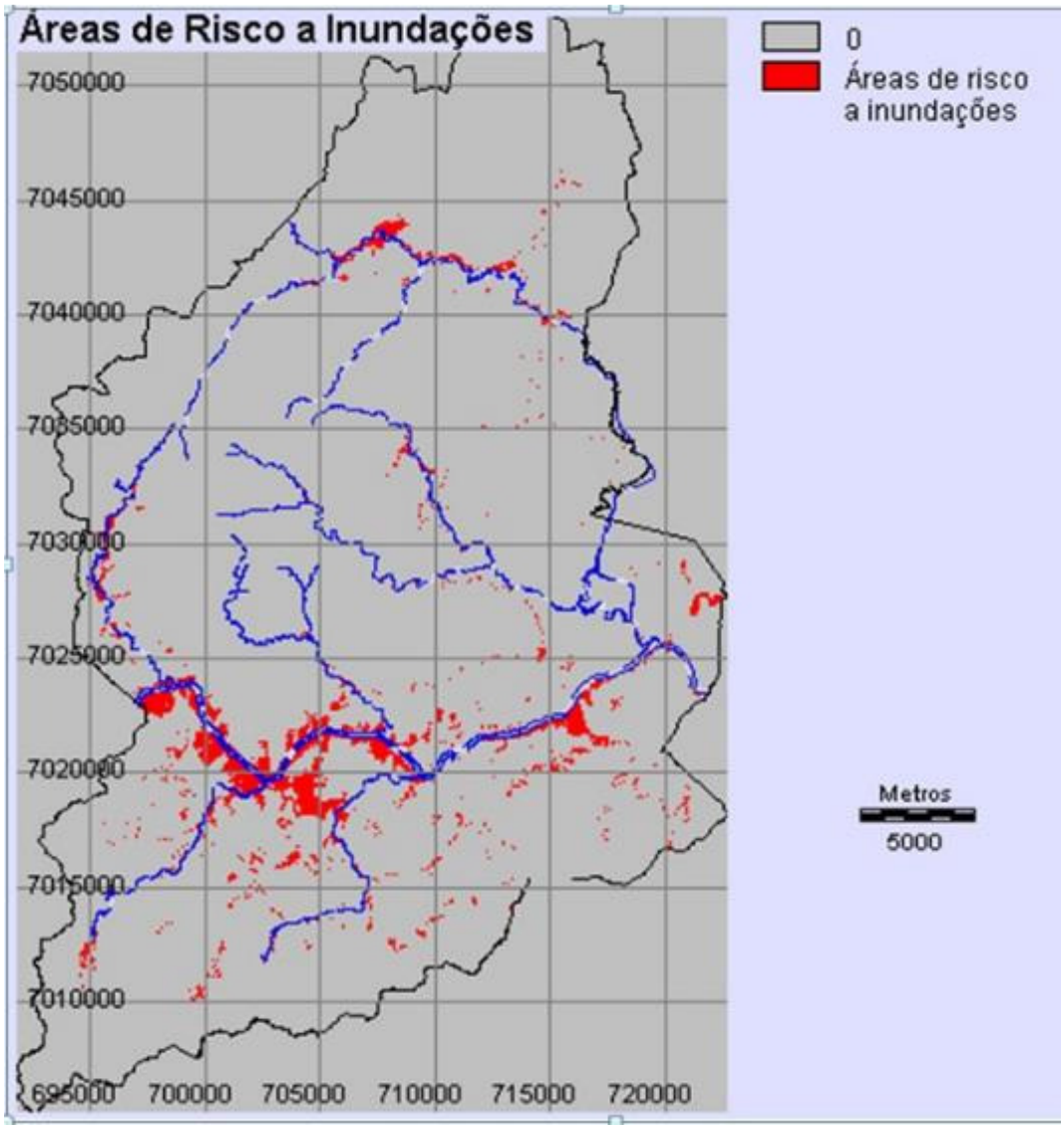


Figura 6.58 - Mapa de áreas de risco a inundação. Em azul: principais canais de drenagem.

As áreas de risco a inundações totalizam 36,02 Km^2. Grande parte destas áreas inundáveis corresponde a áreas urbanizadas de cidades da área do projeto, como mostra a figura 6.59.

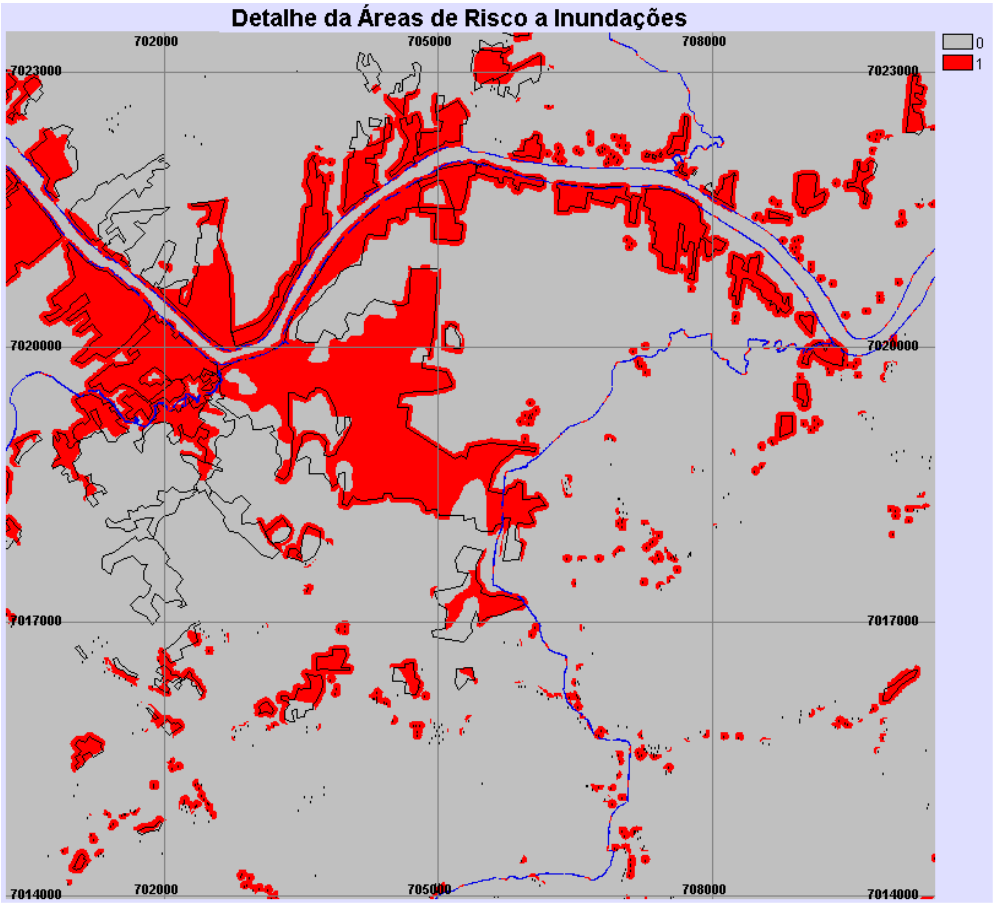


Figura 6.59.- Áreas de risco a inundações no município de Gaspar. Observa-se que grande parte das áreas urbanizadas do município (representadas pelas linhas poligonais pretas) está em área de risco a inundações (áreas em vermelho). Os pontos pretos correspondem a casas e instalações rurais, muitas das quais estão também em áreas de risco. Os rios estão representados pelas linhas azuis.

Nos ANEXOS V e VI são apresentados, respectivamente, o Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos e Inundações e o Mapa de Áreas de Risco a Deslizamentos e Inundações em escala ampliada, fornecendo detalhes.

7. – PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

No período vigente do projeto trabalhos foram apresentados e publicados como resultados parciais das pesquisas. Esses trabalhos estão aqui discriminados e constam na Plataforma Lattes (CNPq) dos respectivos autores.

3.5.1 – Artigos publicados em periódicos

TOMAZZOLI, E. R. Caracterização geológico-geomorfológica dos movimentos de massa ocorridos no vale do Itajaí (estado de Santa Catarina) – Brasil - em novembro de 2008. Memórias e Notícias (Nova Série) - Publicação do Departamento de Ciências da Terra e do Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, v. Especial, p. 1-20, 2012.

BAUZYS, F. Mapa de inventário dos movimentos de massa ocorridos no alto da bacia do Ribeirão Belchior, Gaspar, Santa Catarina. Revista Geonorte, v. 1, p. 788-799, 2012.

BAUZYS, F. Identificação, análise e mapeamento dos movimentos de massa ocorridos em novembro de 2008, no alto da bacia do Ribeirão Belchior, Gaspar - SC. Geosul (UFSC), v. 25, p. 236, 2010.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P.; GOERL, R. F.. Relação entre desastres naturais e floresta. Revista Geonorte, v. 1, p. 17-48, 2012.

GOERL R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco à inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho/SC. Boletim de Geografia (UEM), v. 30, p. 81-100, 2012.

HERRMANN, M. L. de P.. Desastres Naturais em Santa Catarina: análise crítica. Revista do Instituto Histórico e Geográfico de Santa Catarina, v. 28, p. 73-108, 2009.

3.5.2 – Trabalhos publicados em anais de congressos

TOMAZZOLI, E. R.; VIEIRA, C. V.; SILVA, M.; MOCHIUTTI, N. F.; ALENCAR, R. Mapeamento geológico-geomorfológico do Ribeirão do Arraial, Gaspar (SC), aplicado ao estudo de movimentos de massa. In: Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais, 2012, Rio Claro - SP. Trabalhos Publicados - eixo 2 - erosão e escorregamentos, 2012.

MATOS, C. H.; BELTRAME, A. V.; PELLERIN, J. R. G. M. Análise de distribuição de deslizamentos para elaboração de Mapa de Áreas de Risco no entorno do Parque Botânico do Morro do Baú, Ilhota, SC.. In: Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais, 2012, Rio Claro. Anais do Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais. Rio Claro: UNESP - Rio Claro, 2012.

EGAS, H. M.; PELLERIN, J. R. G. M.; FLORES, J. A. A.; FARIA, A. M. C. Inventário dos processos de movimentos de massa na Microbacia do Ribeirão do Baú, Ilhota, SC, no ano de 2008. In: IX Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro. IX SINAGEO, 2012.

BAUZYS, F.; TOMAZZOLI, E. R. Análise e mapeamento dos movimentos gravitacionais de massa ocorridos em novembro de 2008 no alto da bacia do Ribeirão Belchior, Gaspar - SC. In: 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011, São Paulo (SP). CD - anais do congresso, 2011.

CAMARGO, L. P.; FRAGOAS, L. H.; MATOS, C. H. Caracterização dos movimentos de massa ocorridos em novembro de 2008, no entorno do Morro do Baú, e suas relações com feições geológicas e geomorfológicas: Microbacia do Ribeirão Braço do Baú, SC, Brasil.. In: II Workshop Internacional de História do Ambiente: Desastres Ambientais e Sustentabilidade & GISDAY 2011, 2011, Florianópolis. Mapeamento do Território (SIG e SIG-P) e História Ambiental do local; Cultura e cidadania: dimensão social da prevenção de desastres ambientais e da construção de sociedades mais sustentáveis. Florianópolis: UDESC, 2011.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. G. M.; MATOS, C. H.; PIMENTA, L. F.; CAMARGO L. P. Análise dos deslizamentos de 2008 no entorno do Morro do Baú: mapeamento geológico-geomorfológico da Microbacia do Ribeirão Braço do Baú. In: 10ª Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2011, FLORIANOPOLIS. Anais da 10ª Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2011.

LIMA, G. M. A.; L. C. BASTOS. A correlação da vegetação com os movimentos de massa com base nas vistorias do projeto resposta ao desastre em Santa Catarina no ano de 2008 no Bairro Progresso, Blumenau SC. in: XII Simpósio Nacional de Geografia Urbana, 2011, Belo Horizonte. XII Simpósio Nacional de Geografia Urbana, 2011.

EGAS, H. M.; FLORES, J. A. A.; PERUZZO, R. S.; PELLERIN, J. R. G. M. Correlação entre o uso do solo e as cicatrizes dos escorregamentos de novembro de 2008: Bacia do Ribeirão Baú, Ilhota, SC. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2011, Dourados, SC. Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 2011.

EGAS, H. M.; HENNING, L. A. Riscos Ambientais. In: 8ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), 2011, Gaspar, SC. 8ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) "Mudanças Climáticas, Desastres Naturais e Prevenção de Riscos. 2011.

HEIDEMANN, M.; BRESSANI, Luiz A.; FLORES, J. A. A. Fatores controladores da relação entre chuvas e movimentos gravitacionais de massa. In: VI Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul, 2011, PASSO FUNDO. VI Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul, 2011.

HEIDEMANN, M.; BRESSANI, Luiz A.; FLORES, J. A. A. Investigação do mecanismo de ocorrência de um grande movimento gravitacional de massa em Gaspar SC.. In: 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011, São Paulo. 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. São Paulo, 2011.

MARTINS, M. M.; JUNGLES, A. E; FLORES, J. A. A. Avaliação de áreas afetadas por eventos adversos em Santa Catarina. In: XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2011, Dourados, MS. 2011, Dourados. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2011.

RIBEIRO, R. S.; DORTBACH, D.; BACIC, I. L. Z.; FLORES, J. A. A. Identificação de Áreas Susceptíveis a Movimentos de Massa na Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Irma, Município de Massaranduba, SC Brasil.. In: II Workshop Internacional de História do Ambiente: Desastres Ambientais, 2011, Florianópolis, 2011, Florianópolis. Anais - II Workshop Internacional de História do Ambiente: Desastres Ambientais. Florianópolis: UDESC, 2011. Florianópolis - SC, 2011.

LIMA, G. M. A.; BELTRAME, A. V. Correlação entre os movimentos de massa e a cobertura vegetal na bacia do Braço do Baú, município de Ilhota - SC.. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2010, Recife. Anais do III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

BAUZYS, F.; SCHADECK, R.; GUZZI, D. A Experiência do CEPED/UFSC no desastre de 2008, em Santa Catarina, Brasil. In: II Congresso Internacional e IV Encontro Nacional, 2010, Coimbra. Afirmar as ciências cindinicas: reequacionar o conhecimento dos riscos e das catástrofes. Coimbra: Riscos, 2010.

FLORES, J. A. A.; EGAS, H. M.; PELLERIN, J. R. G. M.. Análise de áreas de risco a movimentos de massa: Rua União de Vitoria, Valparaiso, Blumenau. SC. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia e I Encontro Ibero-Americano do Quaternário (SINAGEO), 2010, Recife. Anais VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia. Recife, 2010. p. 263-276.

BAUZYS, F.; PELLERIN, J. R. G. M.; GRISON, F. Análise das áreas de risco à inundação e a movimentos de massa no bairro de Sertão Verde, Gaspar. In: VIII ENANPEGE Encontro Nacional da ANPEGE, 2009, Curitiba. VIII ENANPEGE Encontro Nacional da ANPEGE, 2009.

BAUZYS, F.; FLORES, J. A. A.; TOMAZZOLI, E. R.. Movimentos de massa ocorridos no evento do Morro do Baú, Vale do Itajaí (SC): Caracterização geológico-geomorfológica. In: 5º COBRAE Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas, 2009, São Paulo. 5º COBRAE Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas, 2009

FLORES, J. A. A.; PELLERIN, J. R. G. M.; EGAS, H. M. Movimentos gravitacionais de massa no município de Gaspar, Vale do Itajaí SC, na catástrofe de novembro 2008. Caracterização dos processos por critérios geomorfológicos, geológicos e pedológicos. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa MG. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

3.5.3 – Apresentações de Trabalhos

PARIZOTO, D. G. V.; DAVISON DIAS, R.. Mapeamento Geotécnico como Subsídio para Análise de Suscetibilidade a Movimentos de Massa. 2012. (Apresentação de Trabalho/Seminário).

PARIZOTO, D. G. V. Desastres Naturais e Movimentos de Massa. 2011. SEPEX. (Apresentação de Trabalho/Conferência).

RIBEIRO, G. R. Previsão de deslizamentos através de análise multicriterial somado ao modelo matemático Shaltab na região Gaspar - SC.. 2011. (Apresentação de Trabalho/Outra).

BAUZYS, F.; CARDOSO, F.; HERRMANN, M. L. P.; PEREIRA, G.. Frequência dos desastres naturais no estado de Santa Catarina, o período de 1980 a 2007. 2009. (Apresentação de Trabalho/Outra).

BAUZYS, F.; PELLERIN, J. R. G. M.; GRISON, F. Análise das áreas de risco a inundação e a movimentos de massa no bairro de Sertão Verde, Gaspar - SC. 2009. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

EGAS, H. M.. Movimentos Gravitacionais de Massa no Município de Gaspar, Vale do Itajaí, SC, na catástrofe de novembro de 2008. Caracterização dos processos por critérios geomorfológicos, geológicos e pedológicos. 2009. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).

HERRMANN, M. L. de P.; ARAVENA, H. I. R.; MENDONÇA, M.; GINO, S. Causas Climáticas y Urbanas em La ocurrencia de inundaciones em ciudades costeras atlanticas y pacificas. 2009. (Apresentação de Trabalho/Outra).

8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nesse trabalho, constatou-se que, para um perfeito entendimento das causas e uma delimitação precisa de áreas de risco, visando minimizar os impactos de novos desastres ambientais, era necessário ampliar o conhecimento e informações de base na área de estudo. Assim, boa parte do trabalho constou da aquisição e interpretação de dados petrográficos, geoquímicos e da caracterização do solo para uma melhor caracacterização geológico-geomorfológica da área, com vistas a análise dos deslizamentos.

Análise dos dados geoquímicos foi muito útil para elucidar questões importantes referentes à caracterização geológica. Em relação às rochas vulcânicas, supunha-se, inicialmente, que duas amostras (respectivamente de andesito e andesito basáltico) associadas a folhelhos do Grupo Itajaí representassem a sequência vulcânica desse grupo. No entanto, a caracterização geoquímica evidenciou que o andesito (amostra BA 232) apresenta um comportamento geoquímico bastante diferenciado do andesito basáltico (amostra BA 206), com um enriquecimento relativo em CaO, MgO e Ni, e um empobrecimento relativo em TiO_2,P_2O_5, U e Th, mesmo tendo um índice de diferenciação (teor em SiO_2) mais alto. Isso parece indicar que o andesito basáltico representa não o Gr. Itajaí, mas um dique de rocha básica pouco mais diferenciada da Província Magmática Paraná devido a seu comportamento geoquímico mais próximo ao de outros diabásios dessa província (amostras BA 123b e BA 213b).

Quanto às rochas plutônicas, observa-se que, em relação aos núcleos máfico-ultramáficos do Complexo Luiz Alves, amostra de basalto de borda de núcleo máfico, evidenciou aspectos evolutivos importantes, quando comparada a amostra de gabro do centro do mesmo complexo. Essa amostra, embora seja relativamente mais pobre em SiO_2, apresenta maiores teores em TiO_2, P_2O5, K_2O, Fe_2O_3, Cu, Co, Nb, Ta, Ga, Rb, Sr, U, Th, Zn, V, Y e Zr e menores teores em Cr_2O_3, MgO, MnO e Ba, mostrando que é uma amostra mais diferenciada. Amostra de gabro do centro do núcleo parece ter evoluído a partir do basalto de borda por processos de acumulação de cristais ferromagnesianos O maior teor em SiO_2 do gabro pode ser explicado pela interação com os gnaisses granulíticos encaixantes. O entendimento desses aspectos serve para consolidar a idéia de que os núcleos máfico-ultramáficos são, de fato, complexos ígneos diferenciados, nos quais os gabros e piroxenitos evoluíram a partir de magma basáltico toleítico por processos de acumulaçao de cristais.

Em relação aos solos, observa-se que, quando comparada à composição química da rocha-matriz, o quimismo do solo residual desenvolvido sobre piroxenito mostra um enriquecimento residual em TiO_2, Al_2O_3, FeO, MnO, K_2O e P_2O_5 e uma depleção em SiO_2, MgO, CaO e Na_2O. Os solos desenvolvidos sobre gnaisse granulítico, por sua vez, mostram enriquecimento residual em TiO_2, Fe_2O_3 e P_2O_5 e uma depleção em SiO_2, MnO, MgO, CaO, Na_2O e K_2O, enquanto que os teores em Al_2O_3 não sofreram variação. Essas características apontam para um processo de laterização na evolução dos solos da área de estudo.

Na área de estudo, os planos de ruptura dos deslizamentos ocorreram, frequentemente, no horizonte pedogenético C e no contato com o substrato rochoso. Análises granulométricas no horizonte C de solos de encostas que sofreram deslizamentos indicaram composição predominantemente arenosa, com textura areno siltosa, independentemente do tipo de rocha matriz. Foram analisados solos residuais (alteritos) desenvolvidos sobre gnaisse granulítico, arenito arcoseano, gabro e piroxenito e todos eles mostraram teores de areia entre 37,42% e 80,02%, com destaque para as classes texturais areia fina e muito fina. Nos constituintes finos, verificou-se o predomínio da fração siltosa, com pouca argila. Essa textura, predominantemente arenosa, está relacionada principalmente, a um ao estágio de maturidade pedogenética intermediária a baixa no horizonte C, como é indicado pela presença de areia feldspática e fragmentos de rocha matriz na fração granulométrica grosseira dos solos. A imaturidade parcial dos solos amostrados é particularmente evidenciada pelos alteritos associados à litologia máfica e ultramáfica, com teores de areia superiores à 60% e baixa composição argilosa. Outros fatores podem ter contribuído ainda para os teores de argila pouco expressivos nos solos analisados, como, por exemplo, processos de lixiviação subsuperficial nas encostas, com a remoção de argilominerais pela ação da água, em direção à base das vertentes.

A maior proporção de areia fina, muito fina e silte confere menor coesão e reduz a resistência de cisalhamento dos solos, além de aumentar a porosidade e permeabilidade, favorecendo a saturação e processos de ruptura nas encostas. A tendência a uma maior desestabilização nesse tipo de material é ainda reforçada pelo fato que, de acordo com a literatura, os limites de plasticidade e de liquidez dos solos são inversamente proporcionais à granulometria das partículas, podendo ser alcançados com teores de umidade inferiores aos necessários para desestabilizar solos formados por frações mais finas.

A saturação dos solos analisados, favorecida pelas características granulométricas identificadas, seria potencializada pelos índices pluviométricos extremos que desencadearam

os deslizamentos analisados e pela proximidade do horizonte pedogenético C com a rocha matriz inalterada e impermeável.

O evento meteorológico de novembro de 2008 foi de excepcional magnitude e intensidade. Observou-se que os deslizamentos decorrentes deixam marcada no terreno uma concentração de cicatrizes, com cerca de 288,6 Km^2 na área do projeto, delimitada na figura 6.38. Essa área, denominada setor atingido, se prolonga para sudoeste na direção da zona urbana do vizinho município de Blumenau. Foi, certamente, a área mais duramente atingida pelas chuvas do evento de novembro de 2008.

Observa-se que as áreas onde houve maior concentração de cicatrizes não correspondem às áreas de maior elevação (figura 6.39a) e isso parece mostrar que a concentração de cicatrizes no *setor atingido* não foi devido a fenômenos como chuvas orográficas.

Foi mapeado um total de 1576 cicatrizes de deslizamentos nos 905,3 Km^2 da área do projeto (municípios de Gaspar, Ilhota e Luis Alves), sendo que 97.5% delas concentrou-se no chamado setor atingido, com 288,6 Km^2.

Considera-se, nesse trabalho que as áreas mais suscetíveis a deslizamentos são também as que apresentam um maior número de cabeceiras de cicatrizes por unidade de área (densidade de cabeceiras de cicatrizes) no *setor atingido*.

A análise estatística mostrou que, em relação à declividade do terreno, houve um aumento da densidade de cabeceiras de cicatrizes (n° de cabeceiras de cicatrizes/Km^2) com o aumento da declividade gerando índices de suscetibilidade a deslizamentos maiores, como o esperado.

Em relação à orientação das encostas, observou-se que as voltadas para nordeste foram as que apresentaram maior densidade de cabeceiras de cicatrizes, enquanto que as voltadas para sudoeste (quadrante oposto), foram as que apresentaram os menores valores. Isso parece refletir o fato de as chuvas de alta intensidade do evento de novembro de 2008 terem atingido a área de nordeste para sudoeste.

Quanto à forma das encostas, observa-se uma densidade de cabeceiras de cicatrizes bem maior nas encostas côncavas, quando compara às encostas planas ou convexa. Isso parece refletir o fato de haver uma tendência das cicatrizes serem geradas nas áreas côncavas por serem essas mais expostas à erosão do que as áreas convexas ou planas.

Do ponto de vista pedogeológico, observa-se que os solos desenvolvidos sobre rochas do tipo arenito arcoseano, seguidos pelos solos desenvolvidos sobre núcleos máfico-ultramáficos foram os que apresentaram maiores índices de suscetibilidade a deslizamentos.

A distribuição das cicatrizes de deslizamentos por classe de uso e cobertura de solo mostrou que as áreas de cultivo de cana de açúcar foram as que apresentaram maiores índices de suscetibilidade a deslizamentos, seguidas pelas áreas de cultivo de palmito e pastagens.

Na confecção do mapa de suscetibilidade a deslizamentos, foram considerados os índices de suscetibilidade referentes à declividade, à hipsometria, à orientação de encostas, à forma das encostas às classes pedogeológicos e ás classes de uso e cobertura do solo. O mapa de suscetibilidade final foi subdividido em três classes: suscetibilidade baixa, média e alta. As áreas de suscetibilidade baixa totalizaram 211,1 Km^2; as de suscetibilidade média, 339,8 Km^2 e as de suscetibilidade alta, 356,5 Km^2.

O mapa de áreas de risco a deslizamentos foi elaborado a partir do cruzamento entre a classe de suscetibilidade alta e o mapa de casas rurais e áreas urbanas (figura 6.37). No total, as áreas de risco a deslizamentos totalizaram 850,10 hectares, englobando grande parte das casas, instalações rurais ou de seu entorno. Observa-se também que as áreas de risco concentram-se na periferia de cidades e núcleos urbanizados, como mostra a figura 6.55.

O mapa de suscetibilidade a inundações (Figura 6.58) foi desenvolvido a partir de uma precisa delimitação de áreas de depósitos aluvionares que correspondentes à planície de inundações dos rios e ribeirões que, por sua vez, correspondem às áreas periodicamente atingidas por cheias. Essas áreas suscetíveis a inundações totalizam 218,2 Km^2 . Já as áreas de risco a inundações totalizam 36,02 Km^2. Grande parte destas áreas inundáveis corresponde a áreas urbanizadas de cidades e núcleos urbanos da área do projeto, como mostra a figura 6.59.

Em que pese o seu trágico saldo de mortos, feridos, desabrigados e danos materiais, as cicatrizes de deslizamento deixadas pelo evento de novembro de 2008 mostraram-se potencialmente eficientes na delimitação de outras áreas de suscetibilidade e risco por meio da utilização de métodos estatísticos associados ao geoprocessamento. Os mapas de áreas de suscetibilidade e riscos a deslizamentos e também a inundações foram elaborados com metodologias próprias, baseadas nas condições locais e específicas do Vale do Itajaí, e também em eventos que já ocorreram e podem vir a se repetir. Esses mapas podem agora ser utilizados agora como ferramentas para planos diretores e zoneamento/compartimentação de áreas urbanas e rurais por parte do poder público.

Para dar continuidade a esse trabalho, seria conveniente o aproveitamento dos mapas de suscetibilidade e risco a deslizamentos e inundações gerados, no sentido de atuar junto as populações das áreas ameaçadas, monitorando-as e instruindo os moradores para procedimentos autodefesa e evacuação para áreas seguras quando da incidência de chuvas muito intensas. Para a viabilização desse tipo de procedimento seria necessário o encaminhamento de um novo projeto, agora de extensão universitária, envolvendo UFSC, Defesa Civil e agências financiadoras como a FAPESC.

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BAUZYS, F. **Identificação, Análise e Mapeamento dos Movimentos de Massa Ocorridos em Novembro de 2008, no Alto da Bacia do Ribeirão Belchior, Gaspar – SC.** 2010. 237 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2010.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Vol 3. 02. ed. Florianopolis: Editora da UFSC, 2007.

BINI G. M. P. **Análise dos movimentos de massa nas microbacias fluviais: Saltinho, Belchior Baixo, Sertão e Porto Arraial - Gaspar – SC.** UFSC / PPGGeo, Dissertação (Mestrado em Geografia). 2012

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. UFSC. **Resposta ao desastre em Santa Catarina no ano de 2008: avaliação das áreas atingidas por movimentos de massa e dos danos em edificações durante o desastre**. Florianópolis: CEPED, 2009.

COX, K. G.; BELL, J. D.; PANKHAURST, R. J. 1979. *The interpretation of igneous rocks.* London, George Allen and Unwin, 450 p.

CPTEC. Banco de Dados de Imagens. DSA – Divisão de Satélite e Sistemas Ambientais. 2008. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp>. Acesso: 10 out 2012.

DEFESA CIVIL. **Santa Catarina relembra um ano da maior tragédia do Estado**. 14-01-2010. Disponível em: <http://www.desastre.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=400:santa-catarina-relembra-um-ano-da-maior-tragedia-do-estado&catid=1:ultimas-noticias>. Acesso em: 14 out. 2012.

EGAS H. M. **Análise de risco: suscetibilidade a movimentos de massa e inundaçaões na micro-bacia do Alto Baú. Ilhota, SC.** UFSC / PPGGeo, Dissertação (Mestrado em Geografia). 2011.

EPAGRI/CIRAM. **Principais dúvidas a respeito das chuvas Intensas em Santa Catarina**. 2008. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/arquivos/portal/noticia/1122822041343871840 6b42f2bcecfa90b7b38c57c.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2012.

FLORES, J.A.A. ; PELLERIN, J. R. G. M. ; ÉGAS, H. M. **Movimentos Gravitacionais de Massa no Município de Gaspar, Vale do Itajaí, SC**, na catástrofe de novembro de 2008.

Caracterização dos processos por critérios geomorfológicos, geológicos e pedológicos. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Visoça. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009.

FOLK, R. L. & WARD, W. C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27(1): 3-27.

FRANK, B.; SEVEGNANI, L (org). **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: Água, gente e política. Blumenau:** Agencia de água do Vale do Itajaí, 2009. 192 p.

FLO-2D SOFTWARE INC. Reference Manual / GDS Manual / Data Input Manual / Mapper Manual. Tutoriais do modelo FLO-2D. Version 2009. 2009.

HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C.; ORLANDI F. V. **O Complexo Granulítico de Santa Catarina: Descrição e Implicações Genéticas**. Acta Geológica Leopoldensia. São Leopoldo (RS). 3(6): 93-112. 1979.

HERRMANN, M.L.P. (1989) **Aspectos ambientais da porção central da Ilha de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. PPGGeo-Dep. De Geociências, UFSC.

HERRMANN, M.L. Levantamento dos desastres naturais ocorridos em Santa Catarina no período de 1980 a 2000. Florianópolis: IOESC, 2001.

HERRMANN, M.L (org.) Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC, 2005.

IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Série manuais técnicos em geociências, número 1. Rio de Janeiro. 1992.

INPE/CPTEC. Previsão do Tempo. 2008 Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml>. Acesso: 14 out 2012.

INPE/INMET/EPAGRI. **As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos**. 2008. Nota Técnica. Editor responsável: Maria Assunção F. Silva Dias. Disponível em: <http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_3661.pdf>. Acesso: 12 nov 2012.

KAUL, P.F.T; et al., A. Projeto Gerenciamento Costeiro – GERCO (3ª fase) – Geologia. **Mapa Geológico Itajaí. 1:100.000**. IBGE, Florianópolis (SC), 2003.

KLEIN, R.M. **Ecologia da Flora e vegetação do Vale do Itajaí/SC**. Sellowia 31: 70-89. Itajaí.SC 1979.

KLEIN, R.M. **Ecologia da Flora e Vegetação do Vale do Itajaí** (continuação). Sellovia nº 32. Itajaí, 1980.

KOBIYAMA, M.; SILVA, R.V.; CHECCHIA, T.; ALVES, A. **Mapeamento de área de perigo com consideração do alcance da massa deslizada: estudo de caso**. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.117-128.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

KRUMBEIN, W.C. 1934. Size frequency distribution of sediments. Journal of Sedimentary Petrolology, 4: 65-77.

LE BAS, M.J., LE MAITRE, R.W., STRECKEISEN, A., ZANETTIN, B. 1986. A classification of volcanic rocks based on the total alcalis-silica diagram. *J. Petrol.,* 27:745-750.

MATOVANI, W. A Degradação dos Biomas Brasileiros. In: RIBEIRO, Wagner Costa (Org.). *Patrimônio Ambiental Brasileiro*. São Paulo: Edusp / Imprensa Oficial. USP, 2003. p. 367-439.

MENDONÇA, M.; MONTEIRO, M.A. Precipitações anômalas concentradas e localizadas ocorridas na costa centro-sul do Estado de Santa Catarina no período de 1990-1995. **Boletim Climatológico.** Presidente Prudente. v. 2, n. 3, p. 177-180. 1997.

MINUZZI, R.; RODRIGUES, L. **Novembro com recordes de chuva em SC: 1000 mm em Blumenau.** Epagri/Ci RAM. Florianópolis-SC, 2009.

MONTEIRO, C. A. F. Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991.

MONTEIRO, L. R.; KOBIYAMA, M. Influência da distribuição temporal da precipitação em inundações. In XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (2011: Maceió) Maceió: ABRH, Anais, 2011. CD-rom. 16p. (no prelo)

O'BRIEN, J.S.; JULIEN, P.Y.; FULLERTON, W.T. Two-dimensional water flood and mudflow simulation. J. of Hyd. Eng., ASCE, 119(2), pp. 244 – 259, 1993.

PARIZOTO, D. G. **Mapeamento geotécnico como subsidio para análise dos movimentos de massa na microbacia Ribeirão Braço do Baú-Ilhota/SC.** TCC (Especialização) - Curso de Gestão de Desastres, UDESC, Florianópolis, 2013.

PELLERIN, J. et al. Timbé do Sul – Jacinto Machado: avaliação preliminar da extensão da catástrofe de 23-24/12/95. **Geosul**, Florianópolis, v.23, p.71-86, 1997.

PELLERIN, J. et al. . **Les crues et laves torrentielles catastrofiques du 23 Décembre 1995 dans l Etat de Santa Catarina (Brésil subtropical).** Geomorphologie: Reliefs Processus Environment, Paris, n. 1, p. 51-60, 2002.

ROSA, R. O. **Projeto Gerenciamento Costeiro, 3ª fase-Geologia.** IBGE. Florianópolis, 2002

SANTA CATARINA. **Atlas de Santa Catarina**. Governo do Estado de Santa Catarina. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Rio de Janeiro, 1986.

SEVERO, D. L. A meteorologia do desastre**.** in:FRANK, Beate e SEVEGNANI, Lucia (org). **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: Água,gente e política**. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009.

SHEPARD, F. P. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, Tulsa, Okla, 24 (3): 151-158p.

TOMAZZOLI, E. R**.** ; PELLERIN, Joel Robert Marcel ; ESTEVES, Marcelo Borges . **Geologia e Unidades Morfotectônicas da Área Central da Cidade de Florianópolis** - SC. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e II Cingresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas, 2003, Recife - PE. Anais - CD - Tema: Quaternário Continental, 2003.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. M. **O Mapeamento geológico-geomorfológico como procedimento básico na caracterização de áreas de risco: o caso da área central da cidade de Florianópolis-SC**. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 277-287.

TOMAZZOLI, E. R; PELLERIN, J. R.M. et al. **Compartimentação do Setor Nordeste da Ilha de Santa Catarina com Base em Critérios Geoambientais**. In: 6 Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. Uberlândia (MG). Anais (CD) – Seção Cartografia Geotécnica e Geoambiental Aplicadas ao Planejamento Urbano e Territorial. São Paulo (SP): ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. 2007.

TOMAZZOLI, E.R.; FLORES, J.A.A.; BAUZYS, F. **Movimentos de massa ocorridos no evento de novembro de 2008, no entorno do Morro do Baú, Vale do Itajaí (SC)**: caracterização geológico-geomorfológica In: 5° COBRAE- Conferência Nacional de Estabilidade de Encostas. São Paulo (SP). Nov de 2009.

TOMAZZOLI, Edison Ramos. **Caracterização geológico-geomorfológica dos movimentos de massa ocorridos no vale do Itajaí (estado de Santa Catarina)-Brasil-em novembro de**

2008. Memórias e Notícias (Nova Série) - Publicação do Departamento de Ciências da Terra e do Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, v. Especial, p. 1-20, 2012.

VOLKER, E. 2012. Suscetibilidade a movimentos de massa na microbacia do ribeirão Máximo, município de Luis Alves, SC. **Dissertação de mestrado**. Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental – MPPT. Universidade de Estado de Santa Catarina. 97p.

WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, 30: 377-392.

WINCHESTER, J. A. & FLOYD, P. A. 1977. **Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements**. *Chemical Geology,* 20: 325-343.

ANEXOS

ANEXO I - Carta Planialtimétrica Integrada

OBS.: O CD do projeto (no ANEXO X) contém esse mapa em formato pdf configurado para impressão em papel tamanho A3 e A0 (na escala 1:50.000).

ANEXO II – Mapa Geológico

OBS.: O CD do projeto (no ANEXO X) contém esse mapa em formato pdf configurado para impressão em papel tamanho A3 e A0 (na escala 1:50.000).

ANEXO III – Mapa Geomorfológico

OBS.: O CD do projeto (no ANEXO X) contém esse mapa em formato pdf configurado para impressão em papel tamanho A3 e A0 (na escala 1:50.000).

ANEXO IV – Mapa de Uso e Cobertura de Solo

OBS.: O CD do projeto (no ANEXO X) contém esse mapa em formato pdf configurado para impressão em papel tamanho A3 e A0 (na escala 1:50.000).

ANEXO V – Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos e Inundações

OBS.: O CD do projeto (no ANEXO X) contém esse mapa em formato pdf configurado para impressão em papel tamanho A3 e A0 (na escala 1:50.000).

ANEXO VI – Mapa de Áreas de Risco a Deslizamentos e Inundações

OBS.: O CD do projeto (no ANEXO X) contém esse mapa em formato pdf configurado para impressão em papel tamanho A3 e A0 (na escala 1:50.000).

ANEXO VII – Síntese dos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs)

CORRELAÇÃO ENTRE OS MOVIMENTOS DE MASSA E A COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO BRAÇO DO BAÚ, MUNICÍPIO DE ILHOTA – SC

Autor: Gabriel Muniz de Araujo Lima

Em novembro de 2008 Santa Catarina foi palco de mais uma catástrofe. Um evento pluvial intenso desencadeou inundações e movimentos de massa, atingindo diversos municípios. A mesorregião do Vale do Itajaí foi a mais atingida. Segundo relatório publicado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) por Vianna & Souza (2009), uma das regiões mais afetadas por enchentes e deslizamentos foi o complexo do Morro do Baú, situado no triângulo formado pelos municípios de Ilhota, Luiz Alves e Gaspar. A bacia hidrográfica do Braço do Baú (Figura 1), área do presente estudo, possui 4918 hectares e abriga grande parte da área agrícola do município de Ilhota (IBGE 2007).

Especulações perpassam entre os moradores e na sociedade em geral sobre as causas do enorme desastre. A influência da intervenção antrópica nos movimentos de massa, principalmente através do plantio e desmatamento nas encostas, consiste em uma destas especulações. Muitas vezes a influência da vegetação na estabilização da encosta é positiva, porém ocasionalmente pode ter efeito negativo.

O relatório citado acima, publicado pela Epagri, teve como objetivo central, analisar a correlação do uso e cobertura do solo com os movimentos de massa nas dispersões que causaram danos na estrutura viária (VIANNA & SOUZA, 2009). A própria Epagri aponta a necessidade de se fazer um inventário preciso e atual do uso e cobertura do solo no complexo do Morro do Baú.

Dessa forma, o presente estudo analisou os usos da terra e os movimentos de massa da bacia hidrográfica do Braço do Baú.

A questão que norteou o trabalho foi: em que tipo de cobertura do solo predominou os movimentos de massa ocorridos em novembro de 2008 na bacia do Braço do Baú?

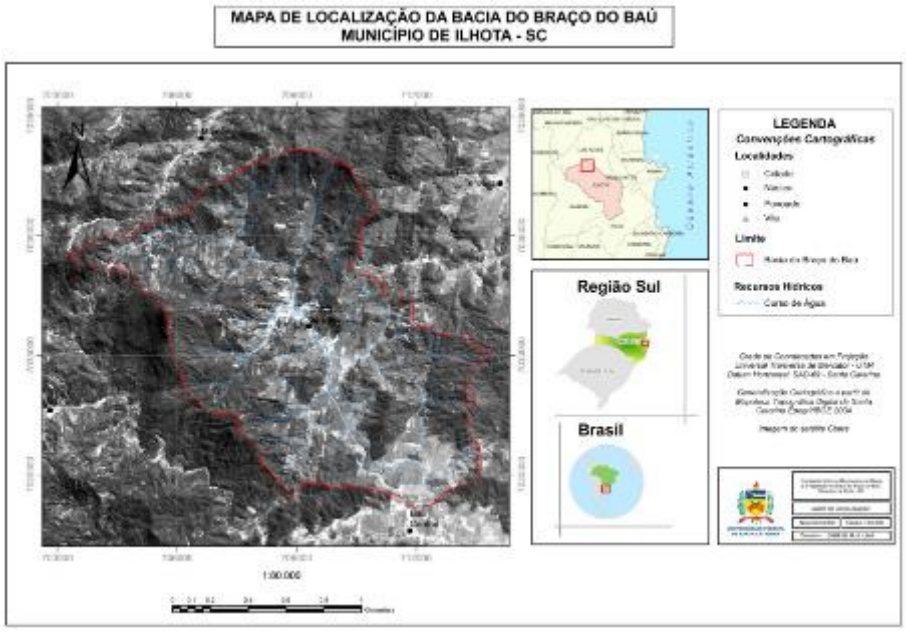


Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia do Braço do Baú (versão reduzida do original).

METODOLOGIA

Utilizou-se técnicas de fotointerpretação tanto para o mapeamento dos movimentos de massa quanto para a elaboração do mapa de uso da terra. Posteriormente as informações foram processadas e os resultados analisados.

Buscou-se identificar os movimentos de massa, principalmente, através da forma da vertente e da cicatriz deixada no terreno. As curvas de nível e a rede de drenagem serviram de auxílio para diferenciar os deslizamentos de locais com solos

arados ou sem cobertura vegetal. De antemão sabia-se genericamente a forma da cicatriz que um movimento tende a deixar no terreno e que as massas deslizadas tendem a fluir em direção aos eixos de drenagem.

Os polígonos dos movimentos de massa foram traçados na escala 1:3500. Foi adotado este método para padronizar a escala de detalhe dos polígonos gerados.

Alguns movimentos unem-se, formando um complexo de massas deslizadas encosta abaixo. Quando há dois movimentos com cabeceiras muito próximas (menos que 50 metros de distância), as condições e os processos desencadeadores podem ser exatamente os mesmos. Nesses casos, mesmo com a presença de duas cabeceiras, foi gerado somente um polígono (Figura 2). Entretanto, houve casos em que ocorreram vários movimentos ao longo da vertente, todos fluindo por um só eixo (Figura 3). Nesta situação o primeiro movimento, mais a montante da encosta, flui pelo eixo do talvegue desestabilizando a base da vertente e favorecendo a ocorrência de mais movimentos, gerando várias cabeceiras. No caso acima, quando as cabeceiras encontram-se afastadas (mais que 50 metros de distância) no decorrer do talvegue, considerou-se que cada cabeceira representa um deslizamento e foi gerado um polígono para cada um deles. A cabeceira traz importantes informações sobre a geração do movimento, por isso foi tomada como critério para a separação dos polígonos de deslizamentos.

Possíveis movimentos já cobertos por vegetação não foram registrados, somente aqueles que, mesmo de maneira parcial, apresentam solo exposto.

As classes de uso da terra foram divididas de acordo com as principais coberturas da bacia em estudo: mata, banana, reflorestamento, arroz, outros cultivos, capoeirinha, solo exposto e aglomerado urbano.

Os polígonos de Uso da Terra foram vetorizados na escala 1:4000. Os elementos que foram mais relevantes na fotointerpretação foram: a textura, tonalidade na imagem Cbers e a cor nas imagens do *Google Earth*.

Foram extraídas quatro composições de imagens do *Google Earth*. Estas composições foram georreferenciadas e utilizadas de apoio para a fotointerpretação. Os polígonos foram todos gerados com base na imagem Cbers, permanecendo as do *Google* exclusivamente como suporte na interpretação das classes de uso da terra.

A classe de mata foi generalizada e inclui diferentes estágios sucessionais: capoeira, capoeirão, mata secundária e clímax. O nível de detalhamento ficou restrito à dificuldade de acesso para visualização "in loco".

Traçado os polígonos dos movimentos de massa e das classes de uso da terra, foram realizadas consultas com a finalidade de gerar nova informação.

O *software* utilizado tanto para a vetorização dos polígonos e elaboração dos mapas quanto para a extração e geração de nova informação foi o *ArcGis*. Os gráficos foram gerados no *software Excel*.

As consultas foram realizadas por localização e por atributos. A consulta por localização promove o cruzamento de dois *layers* (camadas) distintos para gerar nova informação. Com este tipo de consulta foi possível saber quantos movimentos de massa intersectam e quantos estão completamente contidos em cada classe de uso da terra. A consulta por atributos é uma consulta simples aos dados de um só *layer*. Com esta consulta foram quantificados os movimentos de massa e conhecida a área afetada pelas dispersões de massa, assim como a área de cada classe de uso da terra.

RESULTADOS

Na Tabela 1 é possível visualizar os resultados obtidos. A Figura 2 representa o mapa de movimentos de massa e usos da terra. Nas Figuras 3 e 4 tem-se a representação gráfica dos resultados.

Tabela 1 – Resultados.

	ÁREA (HA)	M. MASSA QUE INTERSECTAM	M. MASSA COMPLETAMENTE CONTIDOS	TOTAL
Bacia Braço do Baú	4918	----	----	----
Movimentos de Massa	117,54	----	----	118
Usos da Terra				
Mata	2464,57	105	51	156
Banana	732,15	31	1	32
Reflorestamento	562,71	26	4	30
Arroz	447,12	0	0	0
Outros Cultivos	43,14	0	0	0
Capoeirinha	628,34	26	5	31
Solo Exposto	30,79	1	0	1
Aglomerado Urbano	9,43	1	0	1

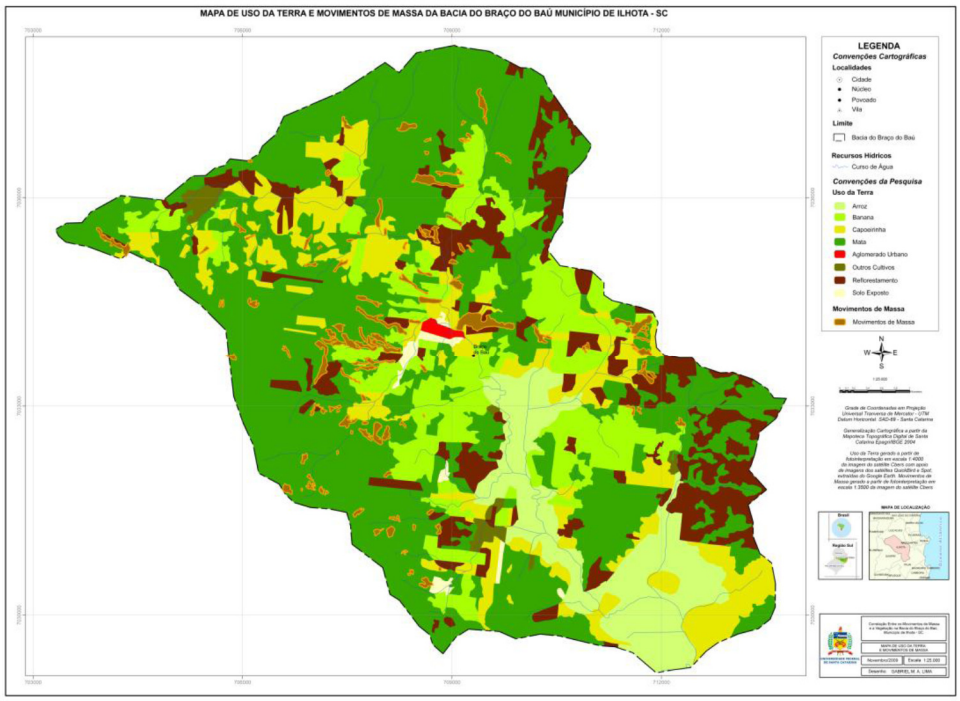


Figura 2 – Mapa de Uso da Terra e Movimentos de massa (versão reduzida do original).

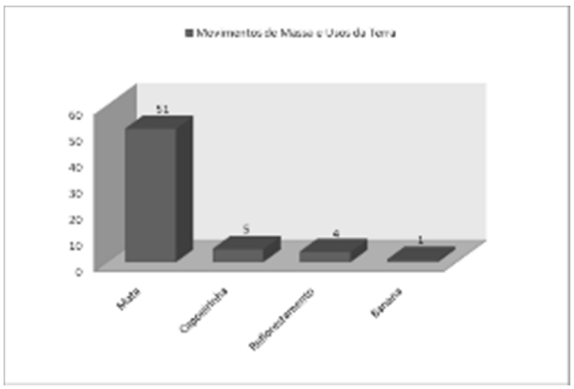


Figura 3 – Número de movimentos de massa que estão completamente contidos nos usos da terra na bacia do Braço do Baú.

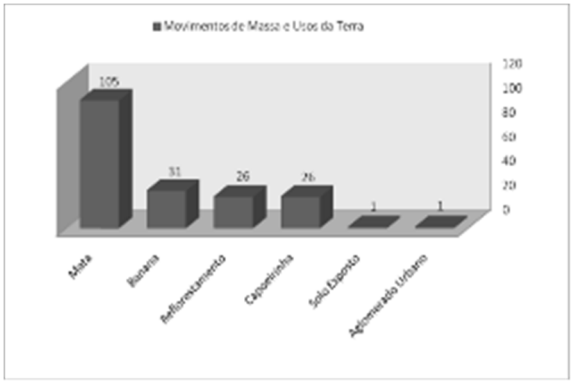


Figura 4 – Número de movimentos de massa que intersectam os usos da terra na bacia do Braço do Baú.

Os movimentos de massa mapeados restringem-se, em sua grande maioria, a movimentos dos tipos translacionais ou planares e fluxos ou corridas (terra, lama e detritos). Sem dúvida alguma ocorreram outros tipos de movimentos na área analisada, principalmente do tipo rotacional. Entretanto, devido a resolução da imagem base e da cobertura florestal, não foi possível identificar esta classe de movimentos de massa.

A bacia do Braço do Baú sofreu uma grande quantidade de movimentos de massa, totalizando 118. A bacia tem área de 4918 hectares, ficando 2% desta área afetada por movimentos de massa.

Da área total da bacia, 50% está coberta por mata (capoeira, capoeirão, mata secundária e clímax), 15% por plantação de banana, 13% por capoeirinha, 11% por reflorestamento, 9% por cultivo de arroz, 1% por outros cultivos e 1% por solo exposto.

As áreas de mata localizam-se principalmente nas encostas, onde concentram-se grandes extensões desta classe. As demais áreas de mata são representadas por pequenos fragmentos em meio a outros usos da terra. As áreas de mata foram as mais afetadas. 105 movimentos de massa intersectam esta classe e destes, 51 estão completamente contidos nos polígonos que a representam.

Bigarella (2003), considera que as dispersões de massa em áreas de mata devem-se principalmente a solos rasos e a alta declividade, lembrando que, devido a variação litológica da área de estudo, podem ocorrer na bacia do Braço do Baú espessos mantos de intemperismo em determinadas vertentes. Por outro lado, Araujo *et al.* (2005) expõe alguns benefícios da vegetação na estabilidade da encosta quando esta encontra-se sobre um substrato raso (característico de vertentes íngremes), mas com litologia favorável a penetração das raízes. Quando as raízes alcançam a rocha, tornam-se ancoradas, mas seu grau de penetração dependerá da estrutura de falhas e fraturas do substrato rochoso. Em solos graníticos, geralmente, a textura é grosseira e o solo bem drenado, assim as raízes vão buscar a água nas fissuras da rocha, ancorando-se nelas e contendo a movimentação do manto. No entanto, pela necessidade de oxigênio as raízes da maioria das árvores tendem a concentrar-se próximas a superfície (ARAUJO *et al.* 2005).

Estudos históricos como o de Vibrans (2003), mostram que a agropecuária ocupava maior área nas décadas anteriores no Vale do Itajaí, levando a crer que parte da área de mata da bacia em estudo já pode ter sido explorada anteriormente. Fato este, que pode ter tido influência na instabilidade das vertentes da classe de mata.

Há de se considerar que as áreas de mata são maiores e mais homogêneas que as dos demais usos, situação que contribui para esta classe possuir maior número de movimentos de massa completamente contidos dentro de seus perímetros (51). Enquanto as outras classes (em especial a de capoeirinha [5 movimentos de m. completamente contidos], reflorestamento [4] e banana [1]) compõem uma espécie de mosaico, divididas em fragmentos por toda a extensão da bacia do Braço do Baú.

Os dados obtidos em relação aos movimentos de massa das outras classes de usos da terra revelaram-se mais homogêneos. Como exposto acima verificaram-se nas classes de capoeirinha, reflorestamento e banana, 5, 4 e 1 movimento de massa respectivamente, completamente contido dentro dos perímetros destas classes. Da mesma forma apresentaram-se homogêneos os dados dos movimentos de massa que intersectam estas classes. Na classe banana ocorreram 31, reflorestamento 26, capoeirinha 26. As classes de solo exposto e aglomerado urbano tiveram cada uma 1 movimento que as intersectam.

Se compararmos a área de mata com as outras classes de usos referentes a atividade antrópica, observamos um valor muito próximo em relação aos movimentos de massa que as intersectam, 55% mata e 45% outros usos da terra. Este dado revela quase que uma paridade quanto aos deslizamentos que intersectam a mata e as áreas antropizadas, mostrando que os movimentos de massa não são exclusivos de áreas antropizadas ou de áreas de mata.

O que não contatou-se, através dos dados obtidos neste trabalho, na bacia do Braço do Baú, foi o que alguns moradores da região acreditavam e os meios de comunicação divulgavam, a idéia de que os movimentos de massa ocorreram exclusivamente em áreas com atividade antrópica. Por outro lado, a complexidade dos fatores condicionantes relacionados aos movimentos de massa torna imprudente generalizações no que tange aos fatores mais atuantes, sendo necessário o estudo de cada caso em suas particularidades.

CONCLUSÃO

Este estudo não pretendeu criar uma idéia de que a vegetação de mata favorece os movimentos de massa. A motivação deste trabalho foi levantar questões para o debate em torno da influência dos usos da terra na estabilidade das encostas, especificamente sobre os movimentos de massa. Tendo em vista que pós-evento de 2008 na região do Morro do Baú foram levantadas diversas indagações sobre as causas de tamanha catástrofe. E uma das questões que insistentemente eram levantadas era a da influência do impacto antrópico na movimentação das vertentes. Afirmações foram feitas nos meios de comunicação dizendo que as dispersões de massa de novembro de 2008 deram-se exclusivamente em locais onde houve intervenção antrópica: áreas agrícolas, de pecuária, de mineração etc. Conversando com moradores da comunidade do Braço do Baú constatou-se que a maioria deles pensavam da mesma forma, idéia que não se verificou com os resultados obtidos.

Insistimos que se deve tomar cuidado ao interpretar os resultados desta pesquisa, pois ao olhar desapercebido pode parecer que a mata torna a encosta susceptível à movimentos de massa pelo fato destes terem predominado nesta classe. As áreas de mata além de se apresentarem mais extensas e homogêneas, ao contrário dos outros usos da terra que mas parecem uma colcha de retalhos, localizavam-se praticamente em sua totalidade nas vertentes, muitas vezes de alta declividade.

Contudo, este trabalho teve algumas limitações. Uma análise mais apropriada da correlação da vegetação com os movimentos de massa dever-se-ia dispor de bases cartográficas mais detalhadas e levantamentos de dados em campo.

MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PERIGO DE INUNDAÇÃO NO BRAÇO DO BAÚ, ILHOTA - SC

Autor: Leonardo Romero Monteiro

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, houve um grande crescimento de ocorrências de desastres naturais. Para Marcelino et al. (2006) os desastres naturais aumentaram em todo o globo em função do crescimento populacional, segregação socioespacial, acumulação de capital fixo em zonas perigosas, avanços tecnológicos das comunicações e mudanças globais.

Com a carência e muitas vezes desrespeito ao planejamento urbano das cidades e à legislação, áreas de risco são ocupadas, além da alteração do meio natural sem um estudo prévio adequado. Todos estes fatores aumentam a probabilidade de ocorrerem desastres naturais. O desastre natural é um sintoma da fraqueza da sociedade, pois demonstra a incapacidade do governo no gerenciamento das áreas de perigo.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi o de mapear as áreas de perigo de inundação na Bacia do Braço do Baú, no município de Ilhota – SC.

3. METODOLOGIA

3.1 MAPA DE PERIGO E ÍNDICE DE PERIGO

De acordo com Kobiyama *et al.* (2006) os termos "perigo" e "risco" são frequentemente utilizados como sinônimos, porém não são. O perigo é um fenômeno natural que ocorre em épocas e região conhecidas que podem causar sérios danos nas áreas sob impacto. Enquanto que o risco é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo.

O Índice de Perigo (*IP*) proposto por Stephenson (2002) é:

$$IP = h \cdot v$$

onde h é a profundidade de inundação em metros; e v é a velocidade do escoamento em metros por segundo.

Este índice foi criado para indicar qual o local mais adequado para o desenvolvimento de uma localidade. Para isto, o autor propôs tipos diferentes de perigos associados a este índice de perigo. PRENEVE (2001) propôs uma forma de criar o mapa de perigo de inundação que foi aplicada em Caracas, Venezuela. O mapa de perigo é uma função de frequência de inundação (período de retorno) e intensidade (índice de perigo).

3.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é composta pela Bacia do Braço do Baú (48 km²) a qual faz parta do Complexo do Baú, e localiza-se no município de Ilhota, estado de Santa Catarina. O município possui 12.324 habitantes de acordo com o IBGE (2010) e um histórico marcado por problemas com inundações e está inteiramente dentro da bacia do Rio Itajaí.

3.3 PRECIPITAÇÃO DE PROJETO

Através de uma série histórica de precipitaçao, utilizou-se o Método de Gumbel para analisar a distribuição de extremos e estimar as máximas precipitações diárias prováveis para cada ano. Sequencialmente, o método de desagregação proposto pela DAEE/CETESB (1980) foi utilizado para se adquirir precipitações com diferentes durações e de diferentes intensidades para períodos de retorno de 2, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 40, 50, 75 e 100 anos

3.4 MODELAGEM MATEMÁTICA

De acordo com Machado (2005) a modelagem matemática é uma ferramenta, em geral, constituído de um conjunto de equações, que de forma simplificada, é utilizada para representar o comportamento de um sistema

físico mais complexo. Kobiama *et al.* (2004) se referem a modelagem matemática para prevenir os desastres ou minimizar os prejuízos causados por estes.

3.4.1 MODELAGEM HIDROLÓGICA COM HEC-HMS

O software HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*) foi desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América (USACE-HEC, 2000). O HEC-HMS é projetado para simular o processo de precipitação-vazão de sistemas de bacias hidrográficas.

3.4.2 MODELAGEM HIDRODINÂMICA COM FLO-2D

O modelo hidrodinâmico FLO-2D foi proposto por O'Brien *et al.* (1993). Este modelo é uma efetiva ferramenta para delimitar perigo de inundação e determinar formas de minimizar inundações. Ele pode simular desde cenários básicos de escoamento superficial até cenários avançados (FLO-2D SOFTWARE INC., 2009).

4. RESULTADOS

Este é o produto final deste presente trabalho. Os níveis de perigo são identificados da seguinte maneira: 3 para Perigo Alto (vermelho); 2 para Perigo Médio (laranja); 1 para Perigo Pequeno (amarelo) e 0 para Perigo Inexistente (sem cor). Para verificar a importância do corpo hídrico as áreas de perigo de inundação são apresentadas na Figura 1.

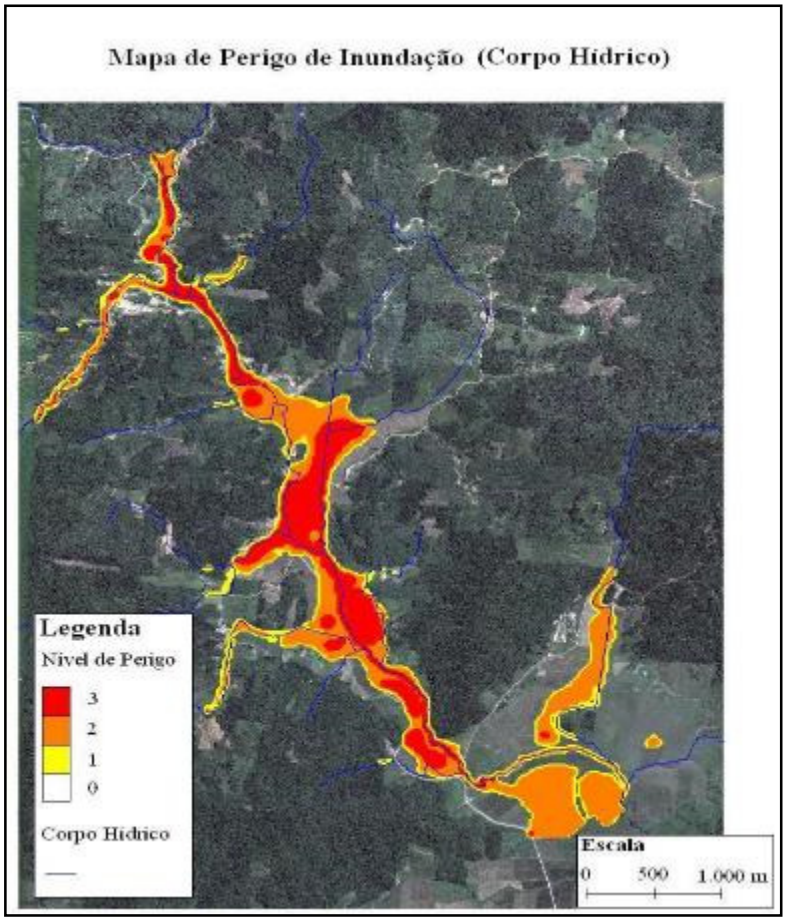


Figura 1 - Mapa de Perigo de Inundação (Corpo Hídrico)

5. CONCLUSÕES

Para a localização de vias de transporte não se deve adotar nenhum perigo como aceitável, pois em casos de desastres naturais estas devem estar sempre disponíveis para a retirada de pessoas. Para a localização de obras de importância pública, como hospitais e escolas, deve-se ter pelo menos o perigo baixo como aceitável. Obras como parques para lazer que são utilizadas apenas quando não existe ocorrência da precipitação podem ser construídas aceitando o perigo alto, desde que após um evento de inundação estes locais sejam limpos. As demais obras devem ser realizadas aceitando o perigo médio, mas sempre tentando reduzir este ao máximo.

Com base nessas considerações temos vias de transporte com a situação mais precária, já que possuem partes áreas com o nível de perigo 3. Outros problemas encontrado foi algumas residências estão localizadas em áreas com nível de perigo 2 e 3. De uma forma geral, a localidade possui poucas construções em áreas indevidas, mas isso se deve por ser uma área rural. Torna-se clara a necessidade de medidas para reduzir o nível de perigo nas vias de transporte.

1.1 PROBLEMÁTICA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As regiões intertropicais são caracterizadas, em geral, por possuírem um clima mais quente e úmido, principalmente nas áreas adjacentes aos oceanos que possuem relevo acidentado, causando chuvas torrenciais e frequentes.

O Brasil possui uma extensa faixa litorânea, sendo que a maior parte dela é costeada por diversas serras, entre elas a Serra do Mar, corresponde a borda oriental do Planalto Atlântico, acompanhando as direções geográficas e estruturais SW/NE do litoral sudeste brasileiro, transpondo desniveis médios de 1000m e em larguras entre 5 a 10km, e estendendo-se por cerca de 1000km do Estado do Rio de Janeiro ao estado de Santa Catarina(Santos,2004).

Neste contexto infere-se a questão dos processos naturais de grande magnetude em baixa frequencia, ou seja, agentes, via de regra, raros e capazes de remodelar as paisagens num curto espaço de tempo.

Conforme dados de desastres naturais de Santa Catarina(HERRMANN, M.L (org.)), podemos perceber que estes eventos são cíclicos e pontuais e, no caso de Santa Catarina, seu coeficiente médio de repetição , está na ordem de cinco anos, para mais ou para menos.

Estudar a dinâmica destes processos se torna fundamental nos dias de hoje, haja vista o crescimento desordenado e desenfreado da sociedade como um todo, tornando centenas de milhares de brasileiros vulneráveis a estes eventos naturais que se repetem todos os anos.

No caso de movimentos de massa, os danos causados são mais severos do que as inundações, apesar desta última ser mais frequente e generalizada em relação à primeira. As pesquisas na área de compreensão da dinâmica e sua previsão quanto à localização espacial já vem sendo estudada há bastante tempo, conforme CHRISTOFOLETTI, 1976 e BIGARELLA, 1974, dentre muitos outros, entretanto o momento de ocorrência, fidelidade e validade dos dados ainda não estão claros o suficiente.

Outro ponto que marca o despreparo acadêmico frente à demanda prática destes eventos em relação à sociedade é o parecer técnico que não chega a ser executado pelos órgãos públicos, tornando estes eventos naturais, que, ora, fossem profilaxiados e prevenidos corretamente, nunca passariam para a classe desastre.

Ao invés disso, as medidas públicas sempre acenam para trabalhar e investir com remediação de desastres, criando verdadeiros fundos financeiros que ficam paralisados, a espera de um desastre para serem gastos em caráter emergencial, dispensandoos transmites burocráticos padrões, como, por exemplo, os processos licitatórios, obrigatórios para qualquer operação que demande custos por parte do poder público.

Neste contexto bilhões de reais são gastos quase que anualmente em remedição dos impactos causados pelos desastres (reconstrução de vias públicas, rede elétrica, esgoto, gás, hospitais, escolas, praças, prédios públicos, etc.), somados ao custo hospitalar abrigo, transporte e socorro de vitimas, e todo o corporativo alocado para sanar um desastre (defesa civil, forças armadas, políticos, cientistas, etc.). Por outro lado os investimentos públicos alocados à pesquisa de prevenção destes acidentes jamais passaram desta ordem de investimentos, sendo restringido a alguns poucos projetos pontuais nas universidades e institutos de pesquisa avançada.

Soma-se a este problema a falta de instrumentos de pesquisa, como por exemplo, as cartas topográfica em escala aceitável para este tipo de pesquisa (1:5.000 ou maior), raríssimas no Pais, onde este tipo de investimento não surge em Santa Catarina a pelo menos 30 anos.

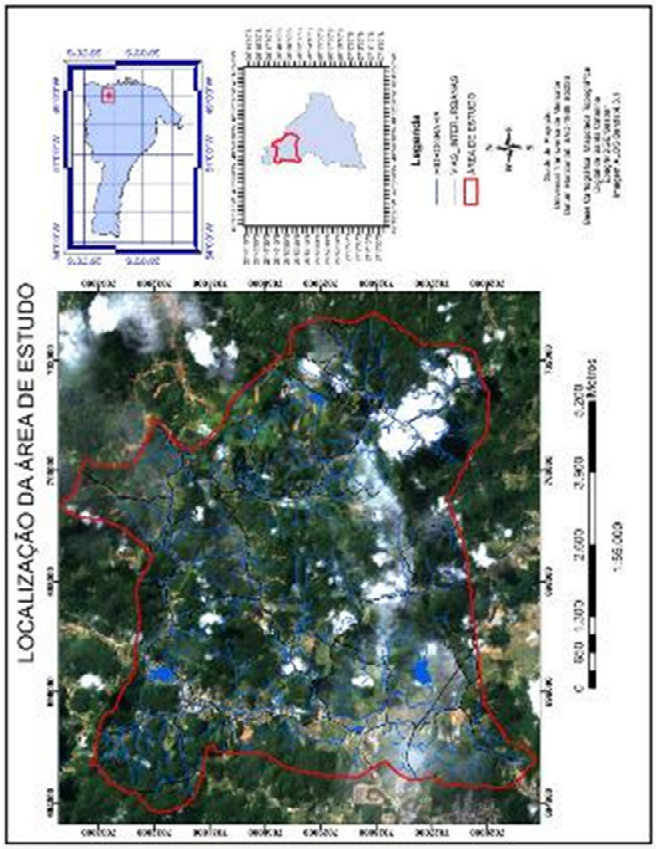
A Bacia Hidrografia do Rio Itajaí com uma área de aproximadamente 15 000 Km2 corresponde a maior bacia hidrográfica da vertente atlântica de Santa Catarina, ocupando, uma total de 16,15% do Estado (Frank e Pinheiro, 2003)

Segund Hermann 2009, no alto vale a drenagem encontra-se encaixada formando pequenos Canyons com alta velocidade de escoamento, intenso poder erosivo e grande capacidade de transporte de sedimentos. Os altiplanos estão esculpidos sobre rochas sedimentares paleozóicas (argilitos, siltitos folhelhos e arenitos) e mesozóicas (arenitos Botucatu e basalto Serra Geral).

No médio vale a ação da drenagem não é tão intensa, quanto à do Alto Vale, onde as rochas sedimentares existentes foram erodidas anteriormente aflorando rochas metamórficas nas suas margens.

No baixo vale, ocorre o alargamento da planície sedimentar com altitudes muitas vezes abaixo de 100m, onde a drenagem apresenta baixa capacidade erosiva, menor velocidade de escoamento, baixa capacidade de transporte de sedimentos, surgindo as várzeas e as planícies de aluvião.

As serras litorâneas são esculpidas sobre rochas mais antigas do embasamento. As rochas magmáticas e metamórficas pré-cambrianas do embasamento geológico (Complexo Luiz Alves, Grupos Brusque e Itajaí, e granitos intrusivos diversos) constituem o substrato geológico da parte oriental da bacia.



Mapa 1 Localização da área de estudo

1.3 OBJETIVOS GERAIS

Contribuir para o refinamento das técnicas de prevenção/previsão das áreas susceptíveis a deslizamentos a partir uma análise multicriterial e outra determinística, utilizando o modelo matemático Shalstab para fins comparativos, em relação ao grau de eficiência relativa de cada um.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapeamento das cicatrizes de deslizamentos a partir de imagens de satélite ALOS e CEBERS com resolução espacial na banda pancromática de 2,5m e 10m nas bandas multiespectrais e LANDSAT com resolução espacial de 30m nas bandas multiespectrais, de 2009;
- Compreender os principais agentes que envolvam o evento de um deslizamento, em micro e macro escala;
- Pesquisar e correlacionar os potencias de agravantes a deslizamentos para cada feição do meio ambiente;
- Analisar em laboratório ensaios de amostras de solo para fins de abastecimentos das variáveis do modelo matemático ShalStab;
- Operar e processar o modelo ShalStab na área de estudo;
- Analisar os resultados distintos a fim de verificar a eficiência de cada produto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de sistemas de informações geográficas é uma ferramenta imprescindível para as análises de susceptibilidade e risco a desastres, pois é com um parecer técnico a estes eventos que sucederão uma tomada de decisão por parte do poder público, mas é necessária a divulgação destes trabalhos em meios comunitários para haja uma real pressão por parte da comunidade a estes pareceres, que por vezes se tornam lentos e burocráticos.
Após a leitura das tabelas X e Y, é possível precisar com mais clareza a eficiência de cada método, o primeiro relacionado às analises multicriteriais se mostraram bem correlacionadas aos números totais de deslizamentos por

classe de susceptibilidade, as três classes mais suceptiveis contemplam quase 60% da área de estudo e concentram mais de 90% dos deslizamentos, enquanto que os 40% restante da área representam menos de 10% dos deslizamentos mapeados. Um dos valores relativos de grande importância para a correlação positiva com esta metodologia é que a classe mais susceptível (MUITO ALTO) apresenta 50 vezes mais deslizamentos por km² do que a classe menos susceptível (BAIXO).

Classes de susceptibilidade	N° de deslizamentos	Área (Km²)	Deslizamentos \ Km²
BAIXO	2	8,3908	0,238356294
MÉDIO	19	10,9979	1,727602542
MÉDIO Á ALTO	23	6,75335	3,405717162
ALTO	88	13,91455	6,324315195
MUITO ALTO	90	7,8122	11,52044238
TOTAL	222	47,8688	4,627487274

TABELA X: Relação entre n° de deslizamentos pela área de cada classe

Classes de susceptibilidade	N° de Deslizamentos \ Km²	% Total da área	% Total de deslizamentos
BAIXO	0,238	17,52	0,9
MÉDIO	1,727	22,95	8,55
MÉDIO Á ALTO	3,405	14,10	10,36
ALTO	6,324	29,06	39,63
MUITO ALTO	11,627	16,31	40,54

TABELA X: Porcentagens entre área total e deslizamentos.

Em relação à metodologia adotada para o modelo matemático Shalstab, também se mostrou eficiente no que tange sua praticidade e agilidade em processamento e análise.
As soma das 5 classes mais instáveis representam um total de 92% dos deslizamentos e uma área correspondente a 71% do total, enquanto que as duas classes mais estáveis representam 29% da área total e concentram pouco mais de 8%, indicando assim um mapeamento positivo para gerar mapeamentos de susceptibilidade sem a utilização de cicatrizes para gerar um mapa de invetários e assim correlaciona-los aos diversos fatores indutiveis a deslizamentos.

ANEXO VIII – Síntese das Pesquisas de Mestrado

IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE E MAPEAMENTO DOS MOVIMENTOS DE MASSA OCORRIDOS EM NOVEMBRO DE 2008, NO ALTO DA BACIA DO RIBEIRÃO BELCHIOR, GASPAR-SC

Autora: Fernanda Bauzys

As chuvas excepcionais de setembro, outubro e novembro de 2008, em Santa Catarina, desencadearam uma grande quantidade de movimentos de massa, que causaram enormes prejuízos físicos, econômicos e sociais ao Estado, principalmente no vale do Itajaí. O município de Gaspar foi um dos mais atingidos pelos escorregamentos e corridas detritos ocorridos neste período, quando foram contabilizados 21 mortos e 01 desaparecido. Dentro deste município, a bacia do Ribeirão Belchior, foi uma das localidades mais afetadas. O objetivo desta pesquisa foi analisar de forma integrada aspectos ambientais do alto da bacia do Ribeirão Belchior, visando à identificação, análise e mapeamento dos movimentos de massa ocorridos neste desastre. A figura 1 mostra a localização da área de estudo.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo

Foram analisados aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de declividade, das formas e orientação das encostas e das atividades antrópicas, que podem contribuir para a ocorrência de escorregamentos. Este estudo foi apoiado na interpretação das cartas digitais planialtimétricas, fotografias aéreas, imagens de satélites e trabalhos de campo. Ao todo foram mapeados 36 movimentos de massa de grande extensão e outros 20 de pequena extensão (figura 2).

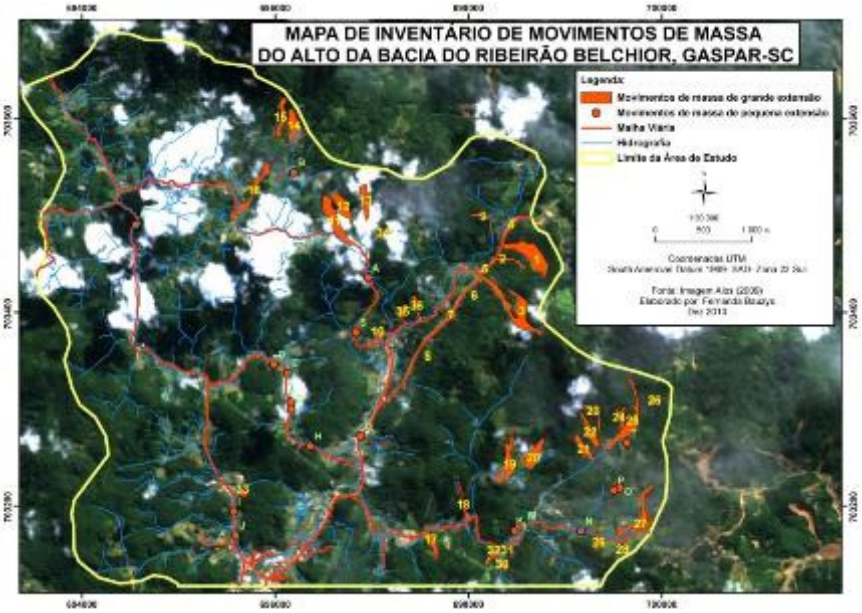


Figura 2: Mapa de inventário de movimentos de massa do alto da bacia do Ribeirão Belchior. Este mapa foi reduzido para este resumo.

Cada um destes processos foi visitado em campo e descrito na dissertação. Este trabalho teve também um caráter documentativo e analítico do que foi o evento de 2008.

O alto da Bacia do Ribeirão Belchior esta localizado na área rural do município de Gaspar. Trata-se de uma região montanhosa, de relevo dissecado e vertentes altas e declivosas.

A mata nativa ainda recobre uma boa parte desta área. Geologicamente compõe esta região os gnaisses do Complexo Granulítico Luis Alves, de forma predominante, e os cambissolos originados desta rocha.

Os tipos de escorregamentos mais freqüentes encontrados na área de estudo foram os translacionais rasos, que se caracterizam por acontecer, geralmente, em solo pouco desenvolvido, nas vertentes com alta declividade e altitude. A maior parte das rupturas destes movimentos ocorreu em vegetação de mata nativa e próxima ao topo das encostas, como por exemplo, no escorregamento 8.

Tipicamente, o escorregamento translacional apresenta pequena espessura e forma retangular estreita. Esse tipo de deslizamento mobiliza quase que exclusivamente o horizonte superior de solos, logo abaixo das raízes das plantas. Somente na sua cabeceira, chamada de raiz por ser o local de sua origem ou início, há a mobilização de horizontes mais profundos. O movimento inicia, em geral, na porção superior de vertentes com declividades superiores a 30°. Movimentos desse tipo costumam ocorrer em áreas montanhosas com solos espessos, como é o caso da região.

Após chuvas intensas, volumosa entrada de água para o horizonte abaixo do solo superficial e desmonte hidráulico da raiz do escorregamento do solo superficial a jusante da raiz é mobilizado por arraste e sobrepeso. Os escorregamentos translacionais rasos costumam ocorrer relacionados a de chuvas com intensidade a partir de 100mm/dia, quando precedidas por períodos de pelo menos 3 dias com chuvas mais fracas, de saturação dos solos. No caso do evento de 2008 na área de estudo, o pico de precipitação pluviométrica que desencadeou os escorregamentos foi, precedido por vários meses de chuvas de saturação. Muitos destes escorregamentos translacionais acabam se encaixando em cursos d'água, ganhando força e gerando grandes fluxos de detritos, como os de número 1, 3, 9, 11, 12, 18, 23, 24, 25 e 27, por exemplo. Este tipo de processo é provocado pelo encharcamento do solo, tanto sob um período de chuvas fortes como em períodos de chuvas de menor intensidade, mas com maior duração. Fluxos de detritos são movimentos típicos de áreas montanhosas, com solos rasos e grandes descontinuidades hidrológicas que possam permitir a saturação ou poro-pressão positivas nos materiais, levando ao colapso na resistência de todo o material. Assim percebe-se que o fator que mais influência estes processos são as características de declividade e formas da encosta e resistência dos materiais. Os fluxos de detritos podem ter um enorme poder destrutivo, afetando desde áreas pequenas até extensões de vários hectares.

Outro tipo de escorregamento frequentemente encontrado são os pequenos desmoronamentos ou escorregamentos rotacionais induzidos por corte de estradas (como os escorregamentos da área 10, e os D, F, G, H), ou por taludes de cortes feitos para construções de casas. Este tipo de movimento esta associado à aterros, pacotes de solo ou depósitos espessos em áreas de menores declividades. Na presente pesquisa, com relação às características geomorfológicas, verificou-se que os escorregamentos estão associados principalmente às médias encostas; a proximidade com a rede de drenagem, que caracteriza a presença de seções côncavas; e a declividade elevada. Em toda a região do Morro do Baú, as cicatrizes de escorregamentos desenvolveram-se preferencialmente sobre os gnaisses. A ocorrência de escorregamentos na área de estudo está também fortemente controlada pelas estruturas geológicas.

Dentre os tipos de solos avaliados, verificou-se uma predominância significativa de cicatrizes em Cambissolos. Estes solos, principalmente os mais rasos, tendem a ser mais susceptíveis aos escorregamentos, devido à camada impermeável gerada pelo substrato rochoso, que favorece o encharcamento do solo e a presença de escoamento sub-superficial.

Com relação às formas de uso da terra, ficou evidente que, neste caso, as atividades antrópicas não contribuíram significativamente para a deflagração dos grandes escorregamentos translacionais rasos. A maior parte das cicatrizes desses estão vinculadas às áreas cobertas pela mata. Nestas áreas a ocorrência de escorregamentos foi mais influenciada pela presença solos espessos em encostas íngremes.

Dessa maneira, foi possível verificar que o alto da bacia do ribeirão Belchior encontra-se em uma área bastante suscetível a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa. Isso se deve principalmente ao relevo acidentado, com presença de vertentes íngremes, cobertas por um solo espesso, proveniente das rochas gnáissicas do Complexo Granulítico Luis Alves, e a alta densidade hidrográfica, em uma região de clima úmido, sempre

sujeita a elevados índices de precipitação. São muitas as evidências mostrando que boa parte das encostas dessa área encontra-se em processo de grande instabilidade, sujeitas a ocorrência de escorregamentos translacionais, rotacionais e grandes corridas de detritos. Segue descrição de alguns locais críticos verificados:

No período das vistorias técnicas realizadas pelo CEPED, junto a Defesa Civil do Estado, em Janeiro de 2009, constatou-se que toda a encosta que acompanha a estrada para Luis Alves se encontrava instável. Foram encontrados escorregamentos de diversos tamanhos, que causaram mais de 8 interrupções dessa estrada, apenas dentro do limite do município de Gaspar. Existem muitas evidencias de que o terreno ainda esta em risco de novas movimentações. Foram encontradas rachaduras, vegetação inclinada e muita erosão do solo. Todas as casas próximas a esta encosta encontram-se em risco e devem ser monitoradas. Recomenda-se que nesta área não sejam construídas mais casas.

Encontram-se na mesma situação, todas as casas situadas ao longo da rua Emílio Roweder, desde a rua Nova Biguaçu até a parte superior da encosta, estão em área de risco. Isso torna obrigatório o monitoramento freqüente da evolução das fendas e dos movimentos de massa.

As encostas ao longo da rua José Schimitt Sobrinho, e das estradas que saem dela, encontram-se em área montanhosa, de elevada declividade e também são consideradas áreas de suscetibilidade a escorregamentos.

Em síntese, esta é uma localidade sujeita a movimentos gravitacionais de massa, e sua ocupação deve ser evitada, principalmente em encostas íngremes, côncavas, e na direção de eixos de drenagem, que costumam encaixar o material deslocado por escorregamentos.

Por ser uma área perigosa, deve ser prioritário para a prefeitura do município elaborar uma carta de risco, com um projeto de uso e ocupação do local, para que não hajam mais perdas materiais e humanas.

Assim, espera-se que esta pesquisa possa fornecer subsídios à tomada de decisão dos setores administrativos do município, principalmente em relação ao planejamento de uso e ocupação do solo, visando o direcionamento das ocupações para locais mais adequados.

Autor: Harideva Marturano Egas

Resumo

Realizou-se uma análise da distribuição espacial das cicatrizes de movimentos de massa deflagrados na microbacia do Ribeirão do Baú (Ilhota – SC) a partir do evento de precipitação extrema ocorrido em novembro de 2008. Foram utilizadas imagens de satélite e trabalhos de campo para a confecção de mapas temáticos do meio físico e cadastro das cicatrizes de deslizamento e residências afetadas, possibilitando correlacionar fatores ambientais locais com a ocorrência das instabilidades das encostas.

Palavras-Chaves

Movimentos de massa; mapeamento; Ribeirão do Baú;

Abstract

We conducted an analysis of the spatial distribution of the landslides of mass movements triggered in the watershed Ribeirão do Baú's (Ihota - SC) from the extreme rainfall event occurred in November 2008. We used satellite images and field work for the preparation of thematic maps and records of the physical landslides scars of sliding and residences affected, enabling local environmental factors correlate with the occurrence of instability of slopes.

Keywords

Mass movements; mapping; Ribeirão do Baú's

Introdução

O presente trabalho tem por principal objetivo a analise da distribuição espacial dos processos de movimentos de massa ocorridos em Novembro de 2008 da Microbacia do Ribeirão do Baú (MRB), Ilhota, SC. A MRB possui uma área de 62,89 km^2 e perímetro de 45,92 km. Esta microbacia pertence à Bacia do Rio Luiz Alves, sendo o Ribeirão Baú um afluente de sua margem esquerda. As comunidades do Alto Baú, Alto Morro Baú/Baú Seco localizam-se na sua porção montante, estando à jusante a comunidade Baú Central. Toda esta região foi atingida por um evento de precipitação extrema (21 a 25 de novembro de 2008), que ocasionou uma significativa mudança da paisagem, grandes perdas materiais e dezenas de óbitos. A hipótese neste trabalho sustenta que a distribuição das cicatrizes e depósitos de deslizamentos recentes poderão balizar padrões de comportamento de instabilidades nas encostas em futuros eventos extremos (FERNANDES *et al.*, 2001). Considerando este pressuposto, realizou-se o mapeamento do meio físico da bacia, que abordou aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrográficos, pedológicos e do uso atual da terra. O inventário das cicatrizes e a caracterização da tipologia dos deslizamentos, associados às características ambientais cartografadas, permitiu uma visão geral dos efeitos do evento extremo na bacia. Como resultado gerou-se um mapa do evento de novembro de 2008 com a localização dos deslizamentos, massas deslizadas, fluxos de detritos, planícies fluvias e cursos d' água modificados, inundações por represamentos, degraus de abatimento do terreno e as áreas com residências atingidas ou não.

Material e Métodos

A pesquisa abordou o levantamento de referências ao tema de estudo em bibliografias, sites e órgãos competentes, utilizando-se trabalhos já realizados no Vale (Bacia) do Itajaí sobre a geologia, geomorfologia, uso do solo e o processo histórico dos desastres naturais. O embasamento teórico-metodológico da pesquisa teve como apoio bibliografias técnicas para mapeamentos de áreas de risco, movimentos de massa e inundações, geologia, geomorfologia (Guidicini e Neible (1984); IPT (1991); Fernandes e Amaral (1996); Fernandes *et al.* (2001)) e análises por geoprocessamento (Florenzano (2002) . Os mapeamentos seguiram diversas etapas como levantamentos cartográficos preliminares, trabalhos de campo e interpretação em gabinete por análise de imagens e geoprocessamento, que resultaram em cartogramas temáticos da área de estudo. Os mapeamentos foram

realizados na escala 1:10000, de acordo com a precisão do GPS.O procedimento de análise de imagens partiu da composição e georreferenciamento das imagens Ikonos/Quickbird de 18 de janeiro de 2003 e 3 de agosto de 2009 (capturadas do Google Earth), Cbers pancromática abril de 2009 com resolução 2,7 m, Alos (canais 123) agosto de 2009 com resolução 2,5 m, Landsat janeiro de 2009 com resolução de 30m e SPOT 30m de 2005. Foram utilizadas fotografias aéreas obliquas (sobrevôos de helicóptero realizados entre dezembro de 2008 e novembro de 2009) que permitiram um bom detalhamento das cicatrizes dos deslizamentos. A reconstituição dos processos ocorridos no evento de Nov./2008 no Vale do Itajaí, SC, na área de estudo, com base nos materiais erodidos e transportados, foi realizada através da elaboração de um mapa de evento (inventário dos deslizamentos e fluxos), onde foram caracterizados e mapeados os processos de movimentos de massa, inundações, represamentos, cicatrizes de deslizamentos, degraus de abatimento do terreno, *pipings*, bem como as áreas e residências atingida.

Resultados e Discussão

Na área de estudo ocorrem rochas cristalinas e sedimentares com características geológicas e geomorfológicas bastante complexas. Os três domínios geológicos compreendem: (A) Complexo Luiz Alves (Arqueano e Proterozóico Inferior), constituído dominantemente de gnaisses granulíticos; (B) Grupo Itajaí (Proterozóico Superior), com arenitos, conglomerados e pelitos com características anquimetamórficas; e (C) Sedimentos Quaternários: com depósitos de encostas, aluvionares atuais e terraços fluviais. No aspecto geomorfológico observa-se na dissecação do modelado um forte controle estrutural, marcado por falhas, lineamentos e cabeceiras de drenagem que originam vales profundos e bem encaixados, com vertentes íngremes e antigos depósitos coluviais, revelando que os processos movimentos de massa em grande escala, como deslizamentos e fluxos de detritos, são recorrentes e freqüentes ciclos mais longo do tempo. A cobertura superficial das vertentes desenvolve-se a partir de um profundo intemperismo químico, gerando mantos de alteração bastante espessos com até 30 metros de profundidade segundo algumas observações pontuais realizadas. O evento de precipitação extrema em novembro de 2008 contabilizou um acumulado de 693mm em 5 dias (estação Luiz Alves Epagri/Ciram) e atingiu principalmente o baixo e médio Vale do Rio Itajaí, sendo o Complexo do Morro do Baú, situado no triângulo formado pelos municípios de Ilhota, Luiz Alves e Gaspar, as áreas mais afetadas. Os movimentos de massa generalizados afetaram grande parte das encostas, estando relacionados, em sua maioria, às cabeceiras de drenagem e canais de primeira e segunda ordem. Desta forma, o material deslizado passa a ser transportado junto à rede de drenagem, caracterizando os fluxos de detritos (Fig. 1), responsáveis pela deposição dos materiais nas planícies de inundação e fundos dos vales. Este processo de deposição, em alguns casos represaram temporariamente os cursos d´agua, ocasionado, juntamente com o deflúvio acentuado da rede de drenagem durante o evento, inundações bruscas e novos fluxos de detritos com erosão e deposição acentuada de materiais nas planícies aluviais. No total foram mapeadas 569 cicatrizes de deslizamentos, ocorridos em novembro de 2008, na microbacia do Ribeirão Baú, conforme a Fig. 2. As cicatrizes correspondem a uma área de 1,68 km2, que equivalem a 2,67% da área total da microbacia. Cabe ressaltar que nesta avaliação não estão inclusas as massas deslizadas e o seu alcance, assim como as áreas afetadas pelos fluxos de detritos. O litotipo que obteve a maior porcentagem de área deslizada corresponde ao domínio das rochas granulíticas com 49,56% (metade do total da área deslizada) provavelmente relacionado à sua maior propensão ao intemperismo químico e que resultam em maior espessura dos mantos de alteração destas áreas. Do ponto de vista geomorfológico, os anfiteatros de erosão e cabeceiras de drenagem são feições, conjuntamente com os depósitos de tálus e as facetas triangulares, indicativas de áreas mais susceptíveis de ocorrerem movimentos de massa e sugerem aspectos evolutivos recorrentes. A complexa evolução tectônica local e os aspectos estruturais herdados demonstram claramente seus efeitos no intemperismo e na dissecação diferencial do relevo, assim como na ativação de processos de movimentos de massa atuais. Em relação ao uso do solo, 82% das cicatrizes mapeadas estão localizadas sobre áreas de mata em diferentes estágios de regeneração. As residências mapeadas e classificadas somam um total de 213, sendo que: 137 não foram atingidas e não se encontram em perigo, 15 não foram atingidas, mas encontra-se em perigo; 43 foram atingidas e destruídas pelos deslizamentos; e 18 atingidas por inundação. Ressalta-se que estas residências foram mapeadas em sua maioria no alto da bacia, pois foi o setor mais atingido e onde se concentraram as vistorias e os relatórios do CEPED/UFSC (BRASIL, 2009).

Considerações Finais

A região costeira de Santa Catarina, entre o oceano e o Planalto da Serra Geral, se constitui, generalizadamente, em área de risco de ocorrência de desastres naturais dos tipos inundações e movimentos de massa, devido às suas condições regionais climáticas, geológicas, geomorfológicas e de uso do solo. Daí a necessidade de organização

e planejamento do espaço como forma de mitigar os danos destes processos. O mapa do evento de novembro de 2008 na Microbacia do Ribeirão do Baú pode indicar que estas feições constituem áreas de risco a ocorrer novos eventos perigosos aos seus moradores. Há uma necessidade de conhecer melhor os eventos pluviométricos que deflagram os deslizamentos e os aspectos físicos locais. Deste modo é necessário a instalação de uma rede de pluviômetros de detalhe no território para estabelecer índices (limiares) de correlação para cada domínio geológico-geomorfológico, assim evitando-se novas tragédias.

Com relação ao uso do solo e a correlação com as cicatrizes dos escorregamentos não é possível afirmar uma efetiva classe mais susceptível. Apenas, que a mais atingida foi a mata por constituir dois terços da área da microbacia, área de maior declividade e por constituirse

em dois terços do total da microbacia. Mesmo assim a classe da capoeira apresenta o maior percentual com 18,6% na correlação de áreas e percentagem de cada classe de uso do solo com as cicatrizes dos escorregamentos. Os fatores predisponentes que se relacionam melhor

aos movimentos de massa são os critérios da geologia e geomorfologia. Coincidentemente o Complexo Luiz Alves, em áreas de morraria, representa metade da área (montante da microbacia) e o Grupo Itajaí a outra metade localizada em sua maioria do centro da microbacia para a jusante. A classe que obteve a maior porcentagem de área deslizada foi o gnaisse com 49,56% (metade do total da área deslizada), seguido do arenito com 38,25%. Mesmo com a correlação dos totais de cada classe onde a classe do conglomerado foi a mais atingida por deslizamentos, tendo 5,5% de sua área total afetada, o gnaisse aparece logo em seguida 4,5% indicando uma classe mais susceptível. Isto pode estar correlacionado, principalmente ao fato de ocorrerem espessos mantos de alteração nas rochas metamórficas do Complexo Luis Alves, que são intensamente falhadas e fraturadas e o relevo apresenta-se mais energéticodevido sua maior amplitude em relação a jusante da microbacia.

Os movimentos de massa ocorreram de maneira generalizada na microbacia, atingindo tanto o Complexo Luiz Alves quanto o Grupo Itajaí (569 cicatrizes mapeadas). No entanto há uma concentração de grandes escorregamentos (50%) com fluxos de detritos no alto da bacia (Complexo Luiz Alves), fatores estes deflagrados após grandes acumulados e intensas precipitações em três dias totalizando mais de 600 mm.

Nos aspectos geomorfológicos, nota-se que os escorregamentos ocorreram, em sua grande maioria, dentro dos eixos de drenagem de primeira e segunda ordem. Anfiteatros de erosão e cabeceiras de drenagem são feições, conjuntamente com os depósitos de tálus e as facetas triangulares, indicativos de áreas susceptíveis a processos erosivos por movimentos de massa por suas características ligadas a antigos processos (anfiteatros de erosão e depósito de tálus) e zonas de fraquezas por falhas (facetas triangulares). Notou-se uma concentração de escorregamentos nestas áreas. Áreas com relevos escarpados tanto por ruptura monoclinal (como exemplo os deslizamentos no Morro do Baú na Figura 46) quanto por ruptura convexa muito acentuada também estão relacionados com áreas susceptíveis e de ocorrência de escorregamentos. As planícies e margens de cursos d' água evidenciaram que o risco não está apenas nas encostas, pois grandes fluxos de lama e/ou detritos, em alguns casos atingiram os córregos com a passagem do fluxo atingindo erodindo lateralmente 30 m da calha fluvial. E diversas planícies quaternárias da área de estudo sofreram com o acumulo do material deslizado ou com inundações provocadas represamento de vales por escorregamentos a jusante.

O mapa do evento de novembro de 2008 na Microbacia do Ribeirão do Baú, onde são localizados os escorregamentos e algumas massas deslizadas, trincas e degraus de abatimento do terreno, fluxos de lama e/ou detritos, represamento temporário de cursos d' águas com conseqüente inundação a montante e residência atingidas pelos movimentos de massa e inundações pode indicar que estas feições mapeadas constituem-se áreas de risco a ocorrer novos eventos perigosos aos moradores que ali habitam. Há uma necessidade de conhecer melhor os eventos pluviométricos que deflagram os escorregamentos. Daí a necessidade da instalação de uma rede de detalhe no território para estabelecer índices (limiares) de correlação com para cada domínio geológico-gemorfológico.

Com os parâmetros geomorfométricos derivados do SRTM/TOPODATA/INPE (altimetria, declividade, orientação de vertentes e forma de terreno) foi realizada uma análise de distribuição de cicatrizes dos deslizamentos - ocorridos no evento catastrófico de novembro de 2008 no Vale do Itajaí, Santa Catarina – e gerado um mapa de suscetibilidade. Essa informação foi cruzada com o uso do solo e áreas de preservação permanente de declividade e margem de rio para a criação de um mapa de áreas de risco à ocupação nas microbacias do Ribeirão Baú e Ribeirão Braço do Baú, entorno no Parque Botânico Morro do Baú, município de Ilhota (SC).

Palavras-chave: geomorfometria, TOPODATA, área de risco, deslizamentos, suscetibilidade, Parque Botânico Morro Baú.

1. Introdução

O Parque Botânico do Morro Baú (PBMB), situado no município de Ilhota em Santa Catarina, têm, em seu entorno, comunidades rurais que vivem da agricultura. Ali se concentram produtores de arroz e banana, algumas granjas de aves e propriedades com florestas plantadas de pinheiro e eucalipto (EPAGRI 2009). Essas comunidades ocupam as áreas mais baixas dos vales e cultivam a terra de diversas maneiras, formando uma paisagem de mata atlântica permeadas por áreas agrícolas.

Devido à configuração do relevo, os diversos sistemas produtivos existentes no entorno do Parque Botânico do Morro Baú utilizam áreas suscetíveis a processos erosivos, especialmente os movimentos de massa, que ameaçam a vida dos moradores que ocupam áreas vulneráveis a esses deslizamentos.

A geologia da área de estudo é composta por 3 unidades geológicas, Complexo Luiz Alves, Grupo Itajaí e sedimentos aluvionares. As rochas do Complexo Luis Alves são as mais antigas do estado de Santa Catarina, formadas no período Arqueano (2,6 bilhão de anos a.p.) com gnaisses granulíticos ortoderivados, de composição cálcio-alcalina, predominantemente básica e porções restritas de formações ferríferas e paragnaisses. As rochas do Grupo Itajaí, compostas por siltitos, folhelhos, ardósias, arenitos finos, arcósios, arenitos conglomeráticos e conglomerados, formados no final do período Proterozóico Superior (aproximadamente 500 milhões de anos a.p.). Nas falhas são encontrados os conglomerados petromíticos do Grupo Itajaí. Nas áreas mais baixas, estão distribuídos os Sedimentos Aluvionares compostos por cascalhos, areias e siltico-argilosos, formados no período Holocênico.

A área de estudo está inserida na unidade geomorfológica das Serras do Leste Catarinense, e é caracterizada pelo relevo montanhoso, configurando-se como um modelado de dissecação com vales bem encaixados, fechados, podendo conter terraços alveolares; topos extensos convexo-concavos e vertentes com diferentes graus de inclinação, por vezes desdobradas em patamares. As amplitudes altimétricas superiores a 200 m conferem a qualificação de montanhas às elevações existentes. Entretanto ocorrem alguns trecho com relevo Colinoso – de vales pouco encaixados, abertos, conformando colinas de declividade entre 8 e 20% (5 a 11°) – e relevo de Morraria (outeiro) – com vales encaixados, mais fechados, conformando morros de declividades variando entre 20 e 45% (11 a 24°). O Morro do Baú, especificamente, se caracteriza pelas bordas escarpadas com 80 metros de altura formando um topo anguloso, com declividade das vertentes superior a 75% (>37°).

Essas características geológicas e geomorfológicas, embora tenham relação direta com a dinâmica dos processos de dissecação do relevo e consequentemente com a ocorrência de deslizamento na região, não fornecem, isoladamente, elementos suficientes para o mapeamento das áreas de risco, entretanto são informações imprescindíveis para a identificação das áreas sujeitas aos processos erosivos.

Em novembro de 2008, a quantidade de chuva precipitada sobre o Vale do Itajaí foi classificada como uma das maiores da história da região. A intensa chuva foi ocasionada pelo estabelecimento de um bloqueio atmosférico causado pela associação de um intenso anticiclone sobre o oceano e um sistema de baixa pressão (vórtice ciclônico) de altitude entre 4.000 e 5.000 m, localizando-se sobre Santa Catarina. O elevado volume de precipitação causou a diminuição da resistência do solo, atuando como um dos agentes deflagradores de deslizamentos, que ocorreram tanto em áreas preservadas como naquelas alteradas por atividades humanas que modificaram as condições naturais do relevo. Os desastres naturais que ocorreram nas proximidades do Morro do Baú refletem o risco dessas alterações frente a eventos climáticos extremos.

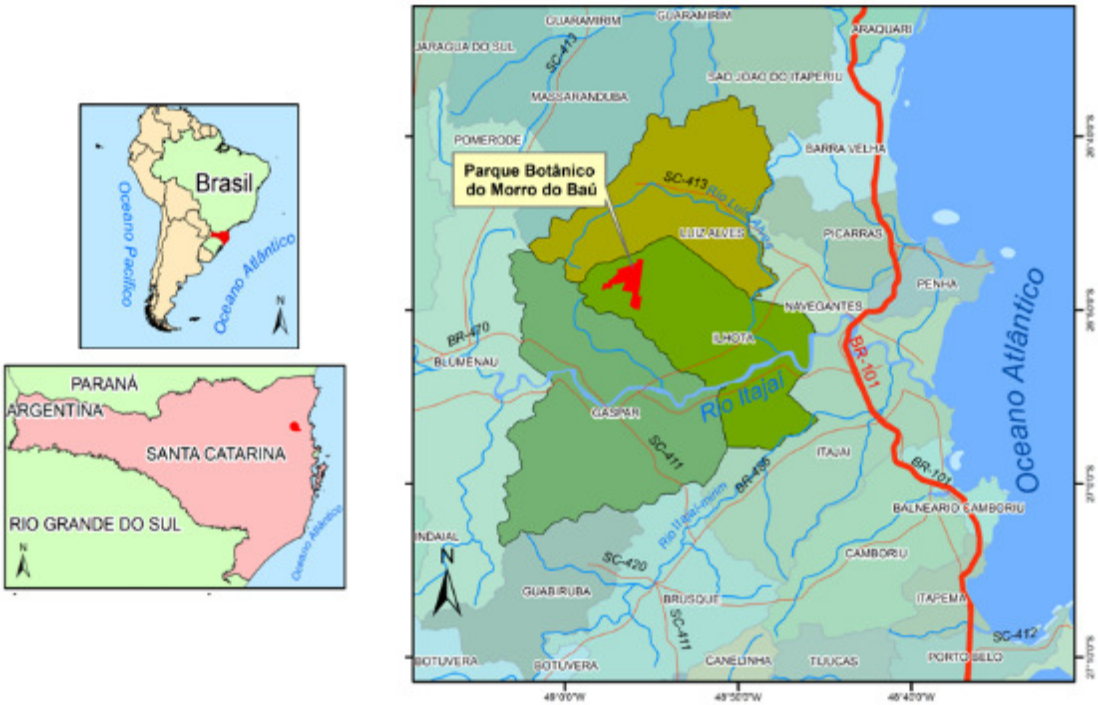
Para um melhor entendimento dos termos aqui tratados foram assumidos os conceitos segundo terminologia definida pelo Ministério das Cidades e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas(IPT) na publicação "Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios", conforme quadro 1.

Quadro 1: Terminologia aplicada ao estudo de desastres naturais conforme definição do Ministério das Cidades e IPT (BRASIL, 2007).

EVENTO	Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais.
PERIGO	Condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável.
VULNERABILIDADE	Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.
SUSCETIBILIDADE	Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.
RISCO	Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco.
AREA DE RISCO	Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos a integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

2. Metodologia

O Parque Botânico do Morro do Baú situa-se na porção norte do município de Ilhota em Santa Catarina e encontra-se entre duas microbacias, Ribeirão Baú e Ribeirão Braço do Baú, que estão inseridas na sub-bacia do Rio Luis Alves, na Bacia do Rio Itajaí.



As etapas metodológicas do projeto são ilustradas no quadro 2 e detalhadas nos itens a seguir.

Quadro 2- Etapas metodológicas do projeto.

Etapa	Descrição
Mapeamento de uso e cobertura do solo atual	• Interpretação visual com apoio de campo e de imagens de alta resolução • Edição manual das classes de uso do solo
Estudo de áreas sujeitas à processos erosivos	• Preparação e ajustes, em ambiente SIG, dos dados de cicatrizes de deslizamentos adquiridos • Elaboração de anaglifos e vetorização da hidrografia na escala 1:25.000 • Mapeamento das Áreas de Preservação Permanentes • Reclassificação e cruzamento dos parâmetros geomorfométricos (Altimetria, Declividade, Orientação das Vertentes e Formas do Terreno) com áreas de cicatrizes. • Algebra de mapas para demonstração das áreas com maior fator de sucetibilidade, ou seja, sobreposição das classes mais pontadas de cada parâmetro.
Elaboração do Mapa de Áreas de Risco	Interseção das áreas de suscetibilidade, áreas de cicatrizes e APPs, com áreas de uso para

O mapeamento do uso e cobertura do solo foi feito através de vetorização manual da interpretação visual de imagens de satélite de média resolução espacial de 04/11/2009 disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Para o estudo das cicatrizes dos deslizamentos ocorridos no entorno do Parque durante os eventos de 2008 utilizou-se, o levantamento preliminar produzido no âmbito do projeto "Análise e Mapeamento das Áreas de Risco a Movimentos de Massa e Inundações nos Municípios de Gaspar, Ilhota e Luiz Alves (Complexo do Morro do Baú), SC" desenvolvido pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC. Considerando a estreita relação das áreas de preservação permanente (APP) com as áreas suscetíveis a desastres naturais (SCHÄFFER, 2011) foi realizado um refinamento da informação de hidrografia, a partir da elaboração de anaglifos e vetorização na escala 1:25.000, seguida da espacialização das áreas de preservação permanente de margem de rios, para a APP de declividade foi utilizado o MDE derivado da base cartográfica 1:50.000. Posteriormente foi feito o cruzamento com o mapa de uso e ocupação do solo (Figura 1).

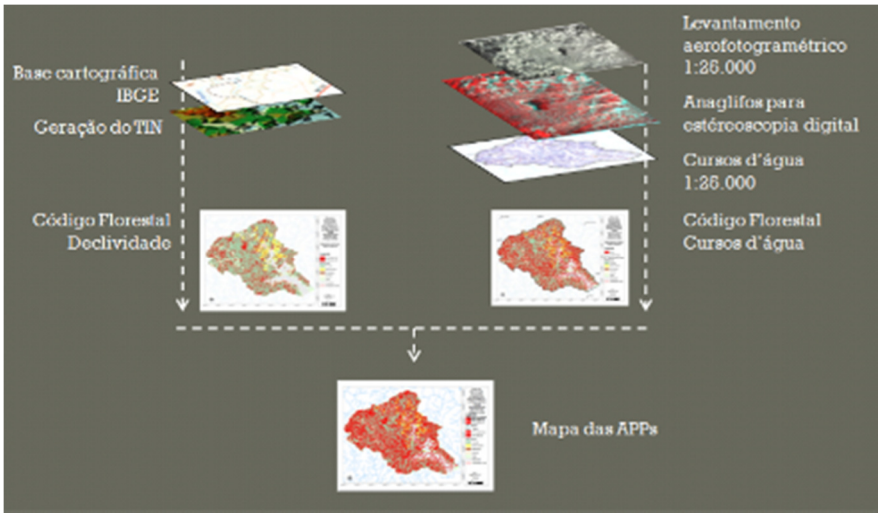


Figura 1 – Esquema representando as etapas para espacialização das APPs.

Para os estudos geomorfométricos foram utilizados planos de informação em formato TIFF (*Tag Image File Format*), disponibilizadas gratuitamente no banco de dados TOPODATA/SRTM do INPE. Os planos de informação permitem representar (embora não exatamente) as variações geométricas do relevo, assim, dentre os

planos de informações disponíveis, foram utilizados neste trabalho, aqueles correspondentes às seguintes variáveis:

- Altimetria com dados interpolados, 1" (~30m);
- Declividade em 6 classes (EMBRAPA, 1999);
- Orientação das Vertentes em Octantes (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW);e
- Formas de Terreno.

As classes de cada um dos parâmetros geomorfométricos foram quantificadas e cruzadas posteriormente com as cicatrizes de deslizamento mapeadas para que fosse possível atribuí-las uma pontuação permitindo assim sua hierarquização conforme o grau em que foram afetadas pelos deslizamentos. Após a determinação do fator de suscetibilidade para todos os parâmetros as informações serão somadas em ambiente SIG, através da álgebra de mapas, para a criação de um mapa colorimétrico que indicará as áreas onde existe a sobreposição de classes de parâmetros geomorfométricos com maior valor de fator de suscetibilidade (Figura 2).

A análise espacial feita para determinar o mapa de áreas de risco considerou, primeiramente, a sobreposição de áreas de suscetibilidade, APPs, cicatrizes e áreas de deposição. Essa informação foi então cruzada o Mapa de Uso e Cobertura Atual do Solo onde foram selecionadas apenas sua interseção com áreas com algum tipo de uso do solo (Figura 3).

Figura 2 – Esquema demonstrando as etapas para a elaboração do mapa de suscetibilidade.

Figura 3 – Esquema demonstrando as etapas para a elaboração do mapa de área de risco.

3. Resultados

Foi realizado o cruzamento dos polígonos das cicatrizes com as classes de uso, esse cruzamento permitiu a identificação das classes mais afetadas, conforme tabela 1.

A partir do detalhamento da hidrografia para escala de 1:25.000, foi possível delimitar sub-bacias para área de estudo. Essa informação cartográfica foi cruzada com a área de cicatrizes permitindo a identificação da densidade de cicatrizes em cada uma das sub-bacias, conforme apresentado na figura 4.

Tabela 1 - Classes de uso e cobertura nas Microbacias do Ribeirão Baú e Braço do Baú

Classes de Uso Solo	Área da classe (ha)	Área das cicatrizes por classe (ha)	% da classe afetada por cicatriz
Floresta	7.226,65	160,99	2,2
Silvicultura	1.012,07	15,86	1,6
Pasto	1.076,12	16,22	1,5
Rizicultura	992,71	0,00	0,0
Instalações rurais	117,54	2,61	2,2
Lavoura	15,35	0,00	0,0
Bananicultura	701,28	12,43	1,8
Totais	11.141,71	208,11	---

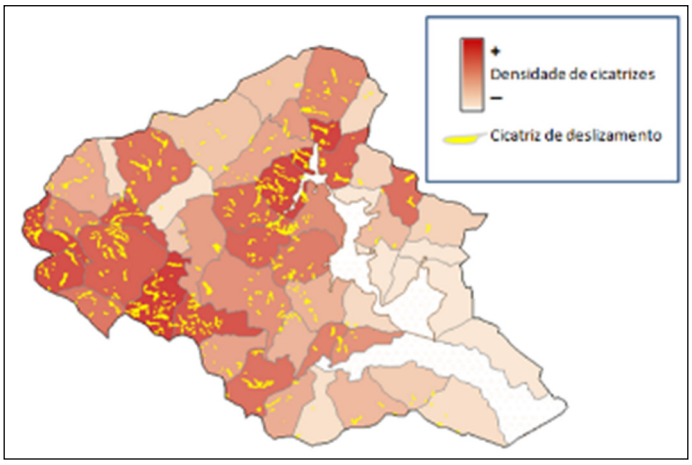


Figura 4 - Densidade de cicatrizes por sub-bacias no Ribeirão Baú e Ribeirão Braço do Baú

A espacialização das Áreas de Preservação Permanentes do Código Florestal permitiu verificar que 43% das microbacias estão sob algum nível de proteção legal. A partir da espacialização das APPs na bacia e seu cruzamento com o mapa de uso do solo foi possível verificar sua distribuição em áreas florestas e em áreas alteradas. Com a informação resultante foi possível verificar a relação das cicatrizes de deslizamento com as áreas de preservação permanentes preservadas e alteradas. Esse mapeamento indicou que, do total das áreas afetadas por deslizamentos, 63% ocorreram em APPs, sendo 50% em APPs preservadas (Tabela 2).

A análise de distribuição dos deslizamentos feita para cada um dos parâmetros geomorfométricos selecionados através dos cruzamentos com as cicatrizes para obtenção de informações relativas à suscetibilidade a deslizamentos para cada classe em cada um dos parâmetros permitiu determinar um fator de suscetibilidade para cada classe.

Tabela 2 - Área das APPs preservadas e alteradas em relação às cicatrizes de deslizamento

APP	Área total (ha)	Área total (%)	Área não Afetada (ha)	Área afetada (ha)	Área afetada (%)	% do total da área de cicatrizes na bacia
Total	4836,58	--	4704,70	131,88	100	63,37
Preservada	3424,80	70,81	3318,94	105,85	80,26	50,86
Não preservada	1411,78	29,19	1385,76	26,03	19,74	12,51

Posteriormente foram realizadas operações de álgebra de mapas somando-se o fator de suscetibilidade atribuído para cada uma das classes dos seguintes parâmetros geomorfométrico: Formas de Terreno > Declividade > Orientação da Vertente > Altimetria. Os dados resultantes destas operações produziram um mapa com a sobreposição das unidades de forma de terreno mais afetadas nos eventos de novembro de 2008. A classificação das unidades onde essa sobreposição alcançou maiores valores permitiu a determinação do fator de suscetibilidade para as microbacias estudas em baixo, médio, alto e muito alto (Figura 5).

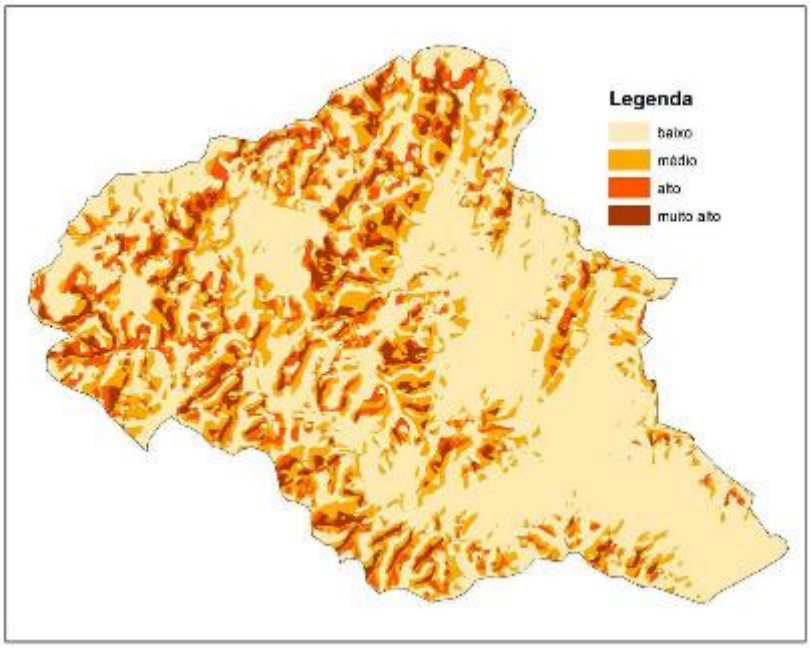


Figura 5 - Mapa de suscetibilidade nas bacias do Ribeirão Baú e Ribeirão Braço do Baú

O termo risco pode ser definido como a "relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco" (BRASIL, 2007), para este trabalho, as áreas de risco, correspondem ao cruzamento da composição de 3 elementos (as áreas de suscetibilidade, as Áreas de Preservação Permanentes e as cicatrizes de deslizamentos) com as áreas de uso e ocupação do solo, conforme apresentado no mapa da figura 6.

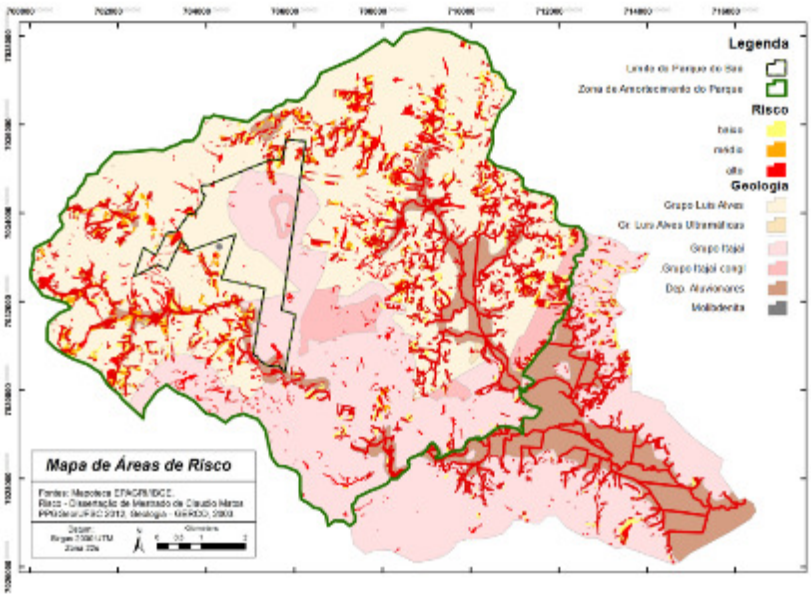


Figura 6- Mapa de Áreas de Risco nas bacias do Ribeirão Baú e Ribeirão Braço do Baú, Ilhota, SC

3. Considerações

O mapeamento foi realizado a partir da análise de distribuição de cicatrizes nas encostas, assim as áreas de fundo de vale e baixadas, recobertas por Sedimentos Aluvionares possuem ainda outras implicações (relativas às áreas de inundação, diques de rizicultura, entre outras) que deveriam ser tratadas com a devida profundidade. Assim, para estas áreas, foram considerados na elaboração do Mapa de Risco apenas os critérios aplicados nas encostas somados às APPs e áreas de fluxo e deposição, também resultantes evento de 2008.

O método foi realizado com informações cartográficas de disponibilidade gratuita e para todo território brasileiro e a metodologia foi descrita com a indicação das ferramentas utilizadas, podendo ser aplicada em diversos softwares de geoprocessamento entretanto, o mapeamento foi realizado através da análise de distribuição de cicatrizes, condicionando a replicação do método à existência de um mapeamento de eventos anteriores na área.

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE E CADASTRAMENTO DE DESLIZAMENTOS TRANSLACIONAIS UM ESTUDO DO ALTO DA BACIA DO RIBEIRÃO BELCHIOR, GASPAR – SC

Autor: Gabriel Muniz de Araujo Lima

RESUMO

Em novembro de 2008 Santa Catarina foi palco de mais umacatástrofe. Um evento pluvial intenso desencadeou inundações e movimentos de massa, atingindo diversos municípios. A região maisafetada por enchentes e deslizamentos foi o Complexo do Morro doBaú, situado no triângulo formado pelos municípios de Ilhota, LuizAlves e Gaspar. As geotecnologias vêm se desenvolvendo e ampliandosuas áreas de atuação e a mais de vinte anos modelos matemáticos têmsido desenvolvidos e aplicados em mapeamentos de deslizamentos (CHI*et al.* 2002). Este estudo aplicou o modelo probabilístico proposto porChung e Fabbri (1999) para mapeamento de suscetibilidade amovimentos de massa.Com a utilização de um SIG para o processamento de informaçãocartográfica indireta em um modelo matemático, analisaram-se quais variáveis tem maior ou menor probabilidade de promover asuscetibilidade a deslizamentos na área em estudo e se elaborou o mapade suscetibilidade a deslizamentos translacionais do alto da bacia doRibeirão Belchior. Realizou-se também um inventário de deslizamentostranslacionais do alto da bacia do Ribeirão Belchior, complementando oinventário realizado por Bauzys (2010). O resultado do modelo foisatisfatório, com 14% de área deslizada na classe de suscetibilidade 5 (grau mais elevado de suscetibilidade) e 50% na classe desuscetibilidade

Objetivos

Objetivo geral

Aplicar e analisar o modelo probabilístico proposto por Chung eFabbri (1999) para mapeamento de suscetibilidade a movimentos demassa no alto da bacia do Ribeirão Belchior.

Objetivos específicos

- Complementar o inventário dos deslizamentos da área deestudo e elaborar o Mapa de Inventário de Deslizamentos Translacionaisdo alto da bacia do Ribeirão Belchior;
- Identificar e analisar quais variáveis tem maior ou menorprobabilidade de promover a suscetibilidade a deslizamentostranslacionais no alto da bacia do Ribeirão Belchior;
- Elaborar o Mapa de Suscetibilidade a DeslizamentosTranslacionais do alto da bacia do Ribeirão Belchior.

Área de estudo

O município de Gaspar situa-se na porção nordeste do Estadode Santa Catarina, e faz divisa com os municípios de Ilhota, Blumenau,Massaranduba, Luis Alves, Itajaí, Brusque e Guabiruba. Localiza-se nalatitude 26º55'53" Sul e longitude 48º57'32" Oeste. A área total domunicípio é de 386 km², sendo aproximadamente 40 km² em áreaurbana e 346,35 km² em área rural (IBGE).A área de estudo, situada dentro do Município de Gaspar, é umasub-bacia localizada na parte nordeste da bacia do Ribeirão Belchior epossui aproximadamente 6 km2 (Mapa 1). O Ribeirão Belchior éafluente do rio Itajaí-Açu pela margem esquerda e se desenvolve nosentido Noroeste-Sudeste.

A geologia da área de estudo é bastante homogênea,constituindo-se basicamente pelo Complexo Luis Alves (ALa)correspondente a rochas metamórficas da fácies granulito, unidade estratigráfica predominante na região do Vale do Itajaí, e por planíciealuvial. Apesar de o Complexo Luis Alves apresentar, em algumaspartes, espessos mantos de intemperismo, tal característica não se fazpresente na área de estudo, conforme verificou-se em campo.A área de estudo encontra-se inserida na unidadegeomorfológica Serras Cristalinas Litorâneas, estando a pluviosidadeinfluenciada pelos relevos montanhosos que barram os ventos úmidosprovenientes do oceano contribuindo para que a Região do Vale doItajaí registre os maiores totais de precipitação anual de Santa Catarina.Segundo Monteiro e Mendonça (2005), a influência de fatores como orelevo, a altitude, a continentalidade e a maritimidade é que determinamas variações climáticas locais no Estado de Santa Catarina.A área da pesquisa foi afetada por 25 deslizamentostranslacionais, do total da área (6 km2) 0,31 km2 foram afetados pordeslizamentos, representando um total de 5,1%. As maiores áreasafetadas localizam-se ao nordeste da bacia em estudo, em vertentesvoltadas para a direção Sul-Sudeste. Observa-se também umapredominância das áreas afetadas em vertentes com a forma côncava.Contudo, a discussão em torno da distribuição espacial dosdeslizamentos será melhor explorada nos resultados.

Conclusões e Recomendações

Em geral o resultado do modelo foi satisfatório, com 14% deárea deslizada na classe de suscetibilidade 5 e 50% na classe desuscetibilidade 4. Todavia, a área instabilizada na classe de menorsuscetibilidade, 9%, chama a atenção para a necessidade de ajustes nomodelo, pois como os cálculos das probabilidades condicionadasmostraram, as áreas planas e de baixa declividade foram fortementeafetadas por deslizamentos translacionais. Dessa maneira, é necessárioestar atento, a suscetibilidade a que estão submetidas as áreas planasadjacentes à encostas instáveis pois, como afirma Kobiyama (2004), hámais prejuízos sócio-econômicos nas áreas de deposição do que nasáreas próximas a ruptura do movimento.Fazendo referência aos fatores que influenciaram a diferença naorientação das vertentes afetadas pelos deslizamentos na área de estudoe na área teste, conclui-se que para se chegar a um padrão de influênciados fatores físicos condicionantes de deslizamentos em uma área, faz-senecessário trabalhar com uma área mais representativa que a adotadanesta pesquisa, de apenas 6 km2.A análise dos indicadores de suscetibilidade a deslizamentostranslacionais mostrou que um fator que possua um alto valor deprobabilidade condicionada (a exemplo da classe Sudeste do MapaOrientação da Encosta) pode influenciar diretamente o resultado, aomenos quando se trabalha com um número limitado de variáveis.Contudo, do mesmo modo que a orientação da encosta influencioudiretamente o resultado, este fator também mostrou sua relevância naanálise da suscetibilidade a deslizamentos translacionais.Apesar de se ter trabalhado aqui com um modelo estatístico, adificuldade de aquisição de dados cartográficos com qualidade quepermita uma análise criteriosa representou uma dificuldade pararealização desta pesquisa. Optou-se por se trabalhar com um númerolimitado de fatores condicionantes, porém, com a confiabilidade de quetodos foram gerados a partir da mesma base cartográfica, a Carta DigitalPlanialtimétrica em escala 1:10.000 proveniente da Prefeitura doMunicípio de Gaspar. Recomenda-se que em futuras pesquisas quedisponham de mais recursos e tempo se utilizem o maior númeropossível de variáveis, possibilitando, dessa maneira, a realização detestes no modelo até efetuá-lo somente com as variáveis mais relevantesreferentes a distribuição espacial dos deslizamentos.

ANÁLISE DOS MOVIMENTOS DE MASSA NAS MICROBACIAS FLUVIAIS: SALTINHO, BELCHIOR BAIXO, SERTÃO E PORTO ARRAIAL - GASPAR – SC

Autora: Graziela Mazieiro Pinheiro Bini

RESUMO

Este trabalho objetiva analisar os fatores condicionantes que culminaram nos movimentos de massa de novembro de 2008 no município de Gaspar. A área de estudo encontra-se no médio vale do Rio Itajaí-Açu, formado por dissecados em colinas, outeiros e montanhas e acumulação em planície aluvionar e rampas de colúvio. Para entender os processos de movimentos de massa na área de estudo, foram analisadas as características de clima, características geológico-geomorfológicas, tais como tipo de rocha, presença de falhas e fraturas; modelados e feições, forma de encosta, setores de encosta, declividade, hipsometria e características de uso da terra. Para melhor compreender os mecanismos que envolvem o processo de ruptura para ocorrência de movimentos de massa na área de estudo, foram selecionados quatro locais para realizar estudo de detalhe, onde foram coletadas amostras para análise granulométrica e foram medidas tensões e ângulo de atrito. Os procedimentos para tal análise foram apoiados na interpretação de fotos aéreas, imagens de satélites e trabalhos de campo. Foram mapeadas 96 cicatrizes de movimentos de massa que ocorreram essencialmente no desastre de novembro de 2008. Os movimentos de massa foram predominantes nos segmentos côncavos das encostas e nas litologias associadas ao Grupo Itajaí, a qual é predominante na área de estudo. Dentre os 96 movimentos de massa, os escorregamentos foram os que causaram mais prejuízos à população, sendo que o escorregamento do bairro Sertão Verde teve como consequência 8 vitimas fatais e centenas de casas danificadas e destruídas. O bairro Belchior Baixo também foi bastante atingido, ocorrendo na Rua Adão Schimitt um escorregamento que decorreu em 2 vitimas fatais. A suscetibilidade a movimentos de massa faz parte do meio físico da área de estudo, porém as diversas obras de cortes de talude para construção de vias e ocupação residencial são ações que intensificam o processo. Espera-se que essa pesquisa possa fornecer subsídios aos órgãos públicos para medidas e ações no gerenciamento de áreas

de risco, bem como para diretrizes de uso e ocupação da terra, para evitar que novas áreas suscetíveis a movimentos de massa sejam ocupadas, reduzindo, portanto, a possibilidade de novos desastres desse tipo.

INTRODUÇÃO

Desastres naturais são eventos que podem ocorrer em qualquer parte do mundo, constituindo-se grande problema socioambiental. Segundo a Organização das Nações Unidas –ONU (1993) dentre os desastres naturais, os movimentos de massa são que mais provocam prejuízos e mortes no mundo. Movimento de massa é definido como o deslocamento de solo ou material rochoso encosta abaixo, sendo influenciado pela gravidade (SELBY, 1993; BIGARELLA, 2007) e atuam como modeladores do relevo. Os movimentos de massa são atuantes na paisagem do município de Gaspar, área do presente estudo, principalmente durante episódios de chuvas intensas. Dentre os tipos de movimentos de massa mais frequentes, os escorregamentos merecem destaque, devido à intensa magnitude que estes movimentos têm apresentado. No desastre ocorrido em novembro de 2008 que afetou o médio curso do rio Itajaí-Açu, os movimentos de massa causaram incontáveis prejuízos aos municípios por eles atingidos, com perdas e danos irreparáveis às comunidades afetadas. No munícipio de Gaspar as microbacias hidrográficas do Saltinho, Ribeirão Belchior, Córrego Sertão e Porto Arraial, foram às áreas que mais sofreram com os problemas consequentes deste desastre natural, daí a razão de elencar essas bacias como área de estudo. Através da análise dos movimentos de massa, esta pesquisa procura determinar as características dos processos de desestabilização das encostas, através da identificação e análise dos condicionantes que contribuíram para a ocorrência de movimentos de massa em compartimentos de relevo de colinas, morros e montanhas das microbacias hidrográficas. Os condicionantes podem ter origem natural, ligado às aspectos de clima, vegetação, geologia e geomorfologia ou origem antrópica, associados às intervenções que o homem realiza sobre o meio natural. Para análise desses condicionantes, foi realizada a identificação, caracterização e mapeamento de aspectos referentes às unidades geológicas, geomorfológicas como feições e modelados, declividades, formas de encostas e uso da terra. Para determinados movimentos de massas, também foram verificados os principais materiais constituintes das encostas, bem como as tensões atuantes. Na pesquisa, primeiramente, são expostas as preocupações diante dos desastres naturais ocorridas no mundo e no Brasil, abordando, ainda 2 que preliminarmente, as principais diretrizes tomadas por órgãos e entidades acerca da temática. Como o enfoque desta pesquisa são os desastres causados por movimentos de massa, neste primeiro momento também é abordada a importância de estudar os desastres dessa natureza, o contexto de Santa Catarina com destaque para o município de Gaspar frente ao desastre natural de 2008. Num segundo momento são abordados os temas e conceitos associados ao estudo de desastres naturais, bem como os fatores condicionantes, mecanismos envolvidos e classificação dos movimentos de massa. No terceiro, são descritos os materiais e métodos utilizados, bem como os processos para confecção dos mapas e elaboração de dados que serviram de ferramentas de análise do objeto de estudo. No quarto, são elencados os principais aspectos que atuam como condicionantes naturais e antrópicos para ocorrência de movimentos de massa na área de estudo.
Finalmente, num quinto momento, são apresentados e discutidos os resultados obtidos com as análises decorrentes dessa pesquisa, tecendo algumas considerações acerca dos cuidados a serem tomados diante do uso e ocupação da terra.

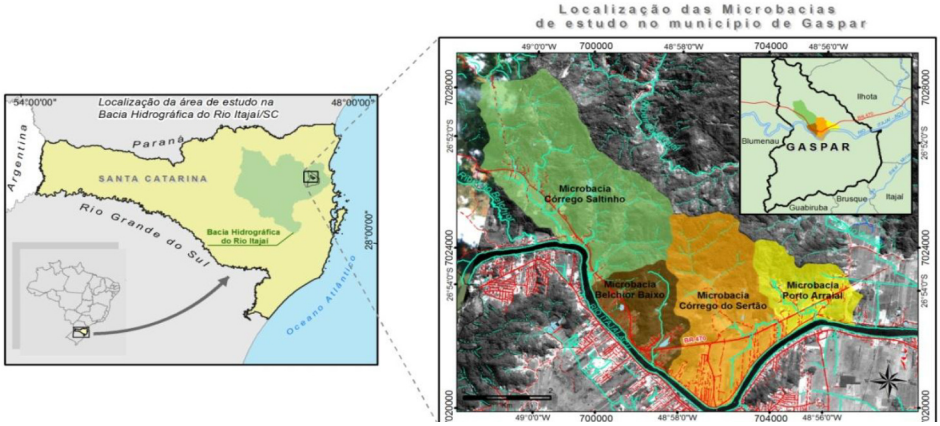
Os encaminhamentos descritos subsidiaram a identificação dos principais condicionantes para ocorrência de movimentos de massa na área de estudo e assim sendo, podem-se utilizar esses resultados para dar continuidade a outros trabalhos, como cartas de suscetibilidade e risco, produtos indispensáveis ao planejamento do município, principalmente em áreas com condições naturais tão propícias aos desastres como a área de estudo.

LOCALIZAÇÃO GEOGRAFICA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é composta por microbacias fluviais dos Rios Saltinho, Belchior Baixo, Sertão Verde e Porto Arraial, localizadas no município de Gaspar.
O município esta situado entre as latitudes 26°55’ e 27°47’ Sul e longitudes 48°57’ e 49°06’ Oeste, na porção nordeste do Estado de Santa Catarina, ocupando 386,357 km2. Limita-se a Norte com os municípios de Massaranduba, Luís Alves e Ilhota; ao Sul com Brusque e Guabiruba; a Leste com Ilhota e Itajaí e a Oeste com o município de Blumenau. Localizado no setor do médio vale do Rio Itajaí, a 116 km da Florianópolis (capital do Estado catarinense), pode-se utilizar como vias de acesso ao município a BR-470, BR-101, SC-470 e SC-411.
As microbacias de estudo correspondem a 38 km2 de área, situadas na porção Norte do município de Gaspar e caracterizam-se como microbacias isoladas, pois deságuam diretamente na margem esquerda do Rio Itajaí-Açu em seu médio vale. Mapa 01. 22

A delimitação da área estudada partiu de critérios geológicos, geomorfológicos e hidrológicos, envolvendo a bacia hidrográfica que, neste caso, é entendida como a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, limitada por seus interflúvios. Para Christofoletti (1980, p. 103), a *"bacia hidrográfica* é uma área drenada por um determinado rio ou sistema fluvial". Para Botelho (1999, p. 269), a *"bacia hidrográfica* é uma unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos componentes da paisagem e os processos que atuam em sua modificação". Neste contexto, a bacia hidrográfica parece ser a possibilidade de unidade (recorte) mais adequada para análise de suscetibilidade dos movimentos de massa na área de estudo.
As informações sobre as principais vias, pavimentadas e não pavimentadas, hidrografia, curvas de nível mestras e intermediárias, massas d'água, microbacias de estudo e limite do município podem ser visualizadas no Mapa 02.

Esta pesquisa pretende colaborar com o estudo dos movimentos de massa na área de estudo a fim de nortear medidas que amenizem as consequências danosas decorrentes de desastres desta natureza nas microbacias estudadas



Localização da área de estudo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu conhecer os fatores condicionantes que contribuem para suscetibilidade a movimentos de massa na área de estudo, incluindo, em alguns casos, dados estatísticos de granulometria e de comportamento mecânico dos materiais constituintes das encostas.
A primeira análise, resultado do Quadro 30, identifica as características do meio natural em que as cicatrizes de movimentos de massa predominam, sendo possível, a partir dessa informação, descrever as condições em que os escorregamentos ocorreram, nas microbacias estudadas. 142
A microbacia do rio Saltinho caracteriza-se por ser uma área rural, na qual os movimentos de massa ocorreram preferencialmente em ambientes de unidades litológicas do Complexo Luís Alves, modelado em outeiro, na média encosta em sua forma côncava, entre as classes de declividade 17,1° - 22° e 22,1° - 26°. Das 47 cicatrizes de movimentos de massa mapeados nesta microbacia, destacam-se, por sua magnitude e potencial de abrangência, os escorregamentos com consequências de mortes (2 vítimas fatais) e de obstrução de vias e talvegues, a exemplo dos escorregamentos 2 da microbacia do rio Saltinho (Mapa 03) e escorregamento 01 (Mapa 04).
A via não pavimentada que dá acesso ao interior dessa microbacia acompanha o rio em direção a suas nascentes, e como a área é constituída de compartimentos de relevo em morros e montanhas muitas foram às obras de cortes de talude para inserção dessa estrada. Em razão dessas características principais, os movimentos de massa nesta área ou ocorrem nas cabeceiras de drenagem dos rios secundários que convergem em direção a estrada (a menos de dois metros do talvegue em praticamente toda sua extensão) ou nas áreas de taludes artificiais.
Na microbacia do rio Ribeirão Belchior foram mapeadas 16 ocorrências de movimentos de massa que predominaram em áreas de litologias associadas ao Grupo Itajaí, dissecação em outeiro, no setor da baixa encosta em sua forma convexa, nas classes de declividade maiores que 26°. Nessa microbacia foi verificado que os movimentos de massa correspondem essencialmente aos condicionantes de ação antrópica, tais como cortes de talude para construção de residências, Os dados mostram que dos 16 movimentos ocorridos nessa área, 5 delas estão em cabeceiras de drenagem, sendo as demais mapeadas na área de vegetação (floresta) bem no seu limite com a área urbana.

Assim como a microbacia do rio Saltinho, a do Ribeirão Belchior inclui movimentos de massa de grandes proporções. Nesta área foi onde ocorreram os escorregamentos que mais destruíram casas por soterramento matando 8 pessoas. Na área inundada do fundo do vale, algo atípico ocorreu: a avalanche de terra ao chocar-se com a área inundada propagou uma onda, que frente à precariedade das construções pós abaixo dezenas de casas.
Na microbacia do Córrego Sertão foram mapeadas 17 cicatrizes, 2 delas sobre falhas que que acompanham a direção dos interflúvios secundários. Esta microbacia também apresenta litologias do Grupo Itajaí e a predominância dos movimentos de massa esta no compartimento em morros, baixa encosta, entre cotas de 25 a 50 m, nas 144 formas côncavas, nas classes 6,1° - 12°, de declividade. A área mais atingida por movimentos de massa foi à urbana, porém como o padrão de construção é mais elevado em relação às residências das demais microbacias urbanizadas, houve nessa área somente casas danificadas.
Por ultimo, a microbacia do rio Porto Arraial difere da microbacia do Córrego Sertão somente por acrescentar o intervalo de classe 22,1° - 26° declividade como fator preponderante nos ambientes de ocorrência de movimentos de massa. A ocorrência dos escorregamentos nesta microbacia esta associada, principalmente a ações de cortes de talude para extração de terra.
De maneira geral, a partir dos resultados, pode-se sugerir alguns cuidados a serem tomados com o uso e ocupação da terra na área de estudo, considerando os fatores condicionantes predominantes a ocorrência dos movimentos de massa em novembro de 2008.
A análise realizada na área de estudo, indicou alta suscetibilidade a movimentos de massa em ambientes com as características de **litologia do Grupo Itajaí** que corresponde a área mais urbanizada, principalmente em setores de **média e de alta encosta** onde os compartimentos de relevo se apresentam **dissecados em feições de outeiro.**
Levando em consideração que as chuvas atuam como principal agente deflagrador, é interessante ressaltar que as **formas côncavas** dos morros, por serem áreas de captação de água, são áreas mais criticas, visto que a água infiltra em solo espesso acionando mecanismos que diminuem a resistência ao cisalhamento, em razão disso, na área de estudo, esse segmento de vertente deve ser observado ante a ocupação. Também as áreas de vertente com declividade acentuada, principalmente aquelas com **inclinação superior a 26**° devem ser preservadas frente às atividades para uso da terra.
A Lei estadual n° 6.766, de 19 de dezembro de 1979 em seu artigo 3° descreve que para fins urbanos não se pode ocupar áreas com declividade igual ou superior a 30%, ou seja, 17° de declividade, bem como terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação, no entanto, na área de estudo, a expansão urbana não segue essas diretrizes, assim como não existe controle por parte dos órgãos responsáveis para o uso e ocupação da terra.
Os estudos de caso permitiram tecer algumas considerações a respeito dos mecanismos envolvidos no processo de ruptura nas encostas. Excluindo os processos hidráulicos, apenas a coesão inter-grãos não é capaz de manter a estabilidade do talude, visto que na 145 composição dos **materiais dos taludes principalmente em profundidade preponderam as areias, sobressaindo ainda às areias finas e os siltes.** Apesar das areias não serem materiais que proporcionam coesão, elas proporcionam maior ângulo de atrito, por causa do peso e do tamanho e aspereza dos grãos.
Portanto, a resistência do material constituinte do talude é dada em função da interação mecânica através da força de fricção entre as partículas, ao contrário dos setores mais argilosos em que a resistência ao cisalhamento se dá através da coesão entre suas partículas, (sem levar em consideração as propriedades das argilas 1:1 e 1:2)..
Considerada a alta suscetibilidade a movimentos de massa que a área de estudo é condicionada, sugere-se atenção especial à ocupação do meio natural, especialmente em áreas que apresentam semelhanças com os fatores relatados nessa pesquisa, pois esses condicionantes oferecem alta suscetibilidade frente ao uso da terra, sendo, portanto consideradas áreas críticas.

Efetivamente, após o desastre de novembro de 2008, poucas ações ou medidas que procurem prevenir ou mitigar os desastres envolvendo a ocorrência de movimento de massa foram realizadas. Até o final da presente pesquisa, nem mesmo as casas que vão realocar os desabrigados foram concluídas. Os moradores relatam que não sabem como agir frente ao perigo de novos escorregamentos e deixam clara a insatisfação com o poder público em lidar com esse problema. Durante os relatos, observa-se também que o desastre de 2008 se constituiu como uma experiência traumática, onde os prejuízos causaram danos irreparáveis, especialmente psicológicos.

ANÁLISE DOS MOVIMENTOS DE MASSA NA BACIA DO RIBEIRÃO BELCHIOR BAIXO

Autora: Mari Angela Machado

Introdução

No final do ano de 2008, ocorreu em Santa Catarina uma série de eventos atmosféricos intensos com repercussões desastrosas, como inundações bruscas e deslizamentos.

A área de estudo, localizada no bairro Belchior Baixo, no município de Gaspar - SC foi afetada por diversos tipos de movimentos gravitacionais de massa, que resultaram em severas perdas materiais, assim como em vidas humanas.

Esta dissertação de mestrado propõe executar a caracterização dos mecanismos de ocorrência e fatores condicionantes destes eventos, visando oferecer parâmetros, como conceitos e metodologia, para o estudo de casos semelhantes.

Caracterização da Área de Estudo

A localidade de Belchior Baixo está localizada no oeste do município de Gaspar, no Médio Vale do Itajaí, próximo ao limite com o município de Blumenau, conforme figura 2. O município de Gaspar faz parte da mesorregião do vale do Itajaí e da microrregião de Blumenau. Possui uma população de 57.981 habitantes distribuída numa área de 386,357 km² (IBGE, 2010)

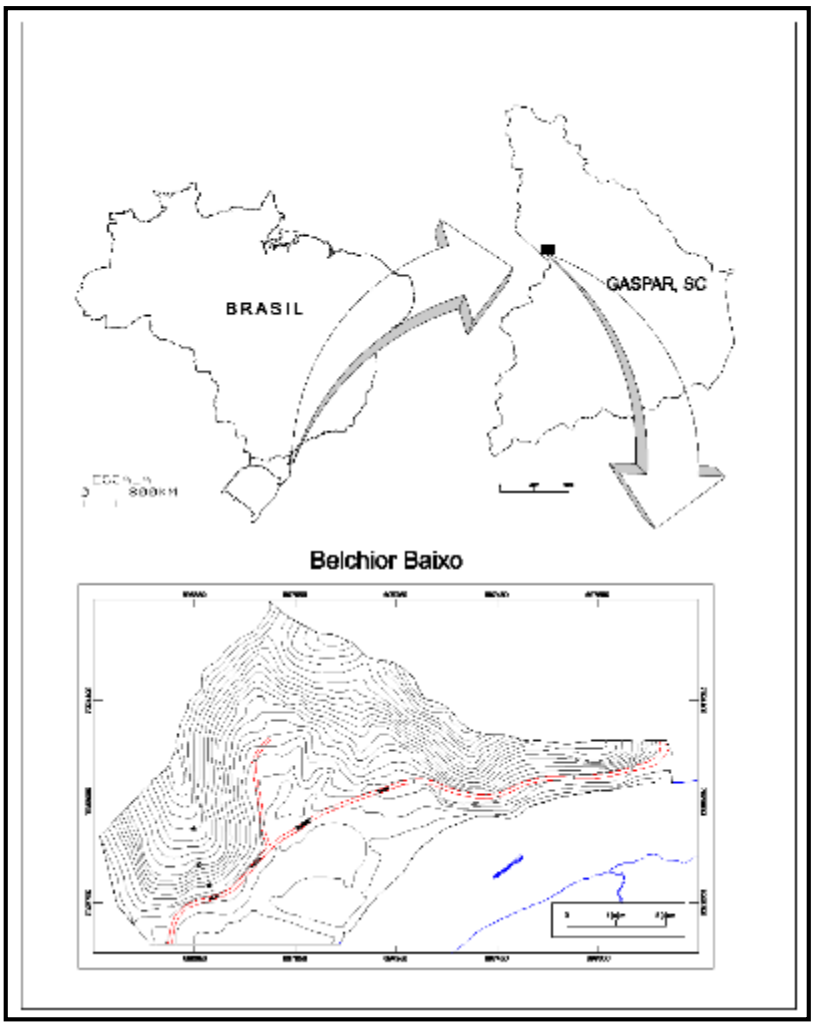


Figura 1: localização da área de estudo

Descrição do evento estudado

Nos dias 22 a 23 de novembro de 2008, durante as intensas precipitações, a área de estudo foi afetada por diversos escorregamentos de fluxos lentos de cascalho que ocasionaram a destruição de várias residências. Após duas semanas ocorreram grandes deslizamentos do tipo rotacional em espessos alteritos das rochas granulíticas e rochas sedimentares, que resultou em fluxos de detritos, isolando por completo o Bairro Belchior Baixo (FLORES *et al*, 2009).

Nas figuras 2 e 3 é possível observar a alteração causada na paisagem da área de estudo em virtude dos deslizamentos ocorridos em novembro de 2008.

Figura 2: Área de estudo antes do evento, em outubro de 2006. Imagem extraída do Google Earth

Figura 3: Área de estudo depois do evento, em fevereiro de 2009. Imagem extraída do Google Earth

Os deslizamentos que acometeram o bairro Belchior baixo foram desencadeados pela ocorrência de precipitação intensa e concentrada em poucos dias. Nos dias 22 e 23 de novembro o volume de chuvas representou o dobro da média mensal prevista para alguns municípios do Vale do Itajaí. Essas chuvas concentradas foram precedidas de um longo período de precipitação que teve início no mês de setembro (SILVA DIAS, 2009).

Trabalhos Realizados

Análise petrográfica das rochas e caracterização mineralógica dos solos amostrados.

Trabalho de Campo

Foi realizada visita a área de estudo para coleta de amostras de solo e rocha.

No total foram mapeados 15 pontos na área de estudo aproveitando as cicatrizes ainda preservadas da cobertura vegetal, assim como, os cortes realizados ao longo da estrada municipal que expôs diversas feições geológicas, como contatos litológicos, estruturas sedimentares primárias e feições estruturais.

Foram coletadas amostras de solo e rocha de vários pontos para a execução dos ensaios de laboratório.

ansportado,

situado na

Figura 6: Detalhe do horizonte C com remanescência da foliação do granulito gnáissico

T

Figura 7: Material conglomerático situado nos fundos da residência destruída

Figura 8: Coleta de amostra de material síltico-argiloso da porção distal do fluxo de lama

Figura 9: Bloco de arenito de aspecto "sal e pimenta" com alteração esferoidal

Figura 10: Falha no arenito “sal e pimenta”

Figura 11: Em detalhe os seixos de quartzo em arenito alterado

Difração de Raios X

Este item compreende a classificação petrográfica, caracterização textural e mineralógica das rochas granulíticas que afloram em vários setores da área estudada. É de grande importância o conhecimento da mineralogia destas rochas visando compreender a alteração dos minerais primários e os produtos resultantes dos processos intempéricos, que geraram espessos mantos de solos residuais.

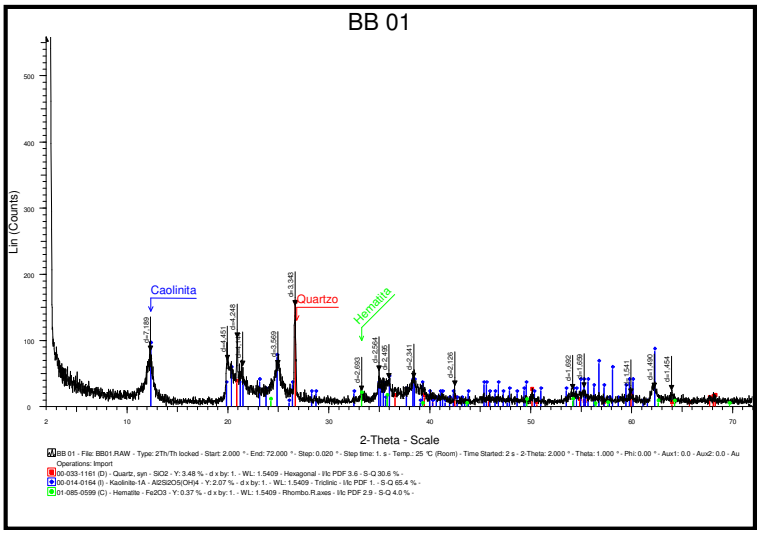


Figura 12: Difratograma de Mineralogia Total da amostra BB01

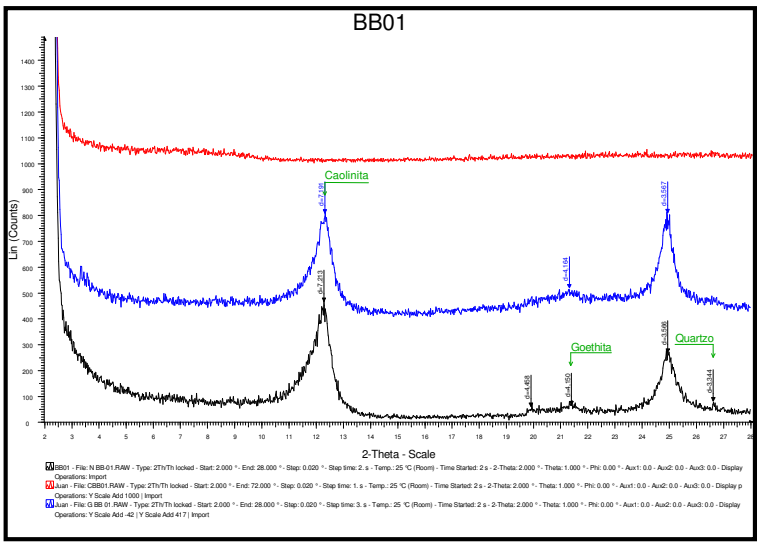


Figura 13: Difratograma de amostra orientada BB01

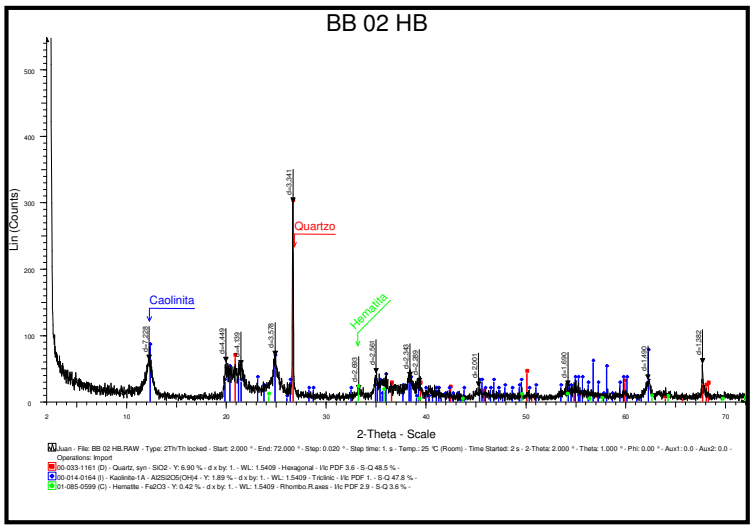


Figura 14: Difratograma de amostra total BB02 horizonte B

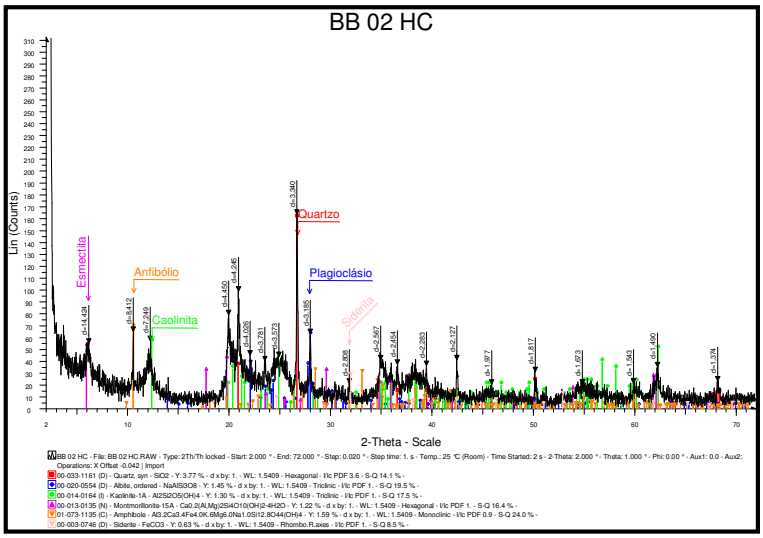


Figura 15: Difratograma de amostra total BB02 horizonte C

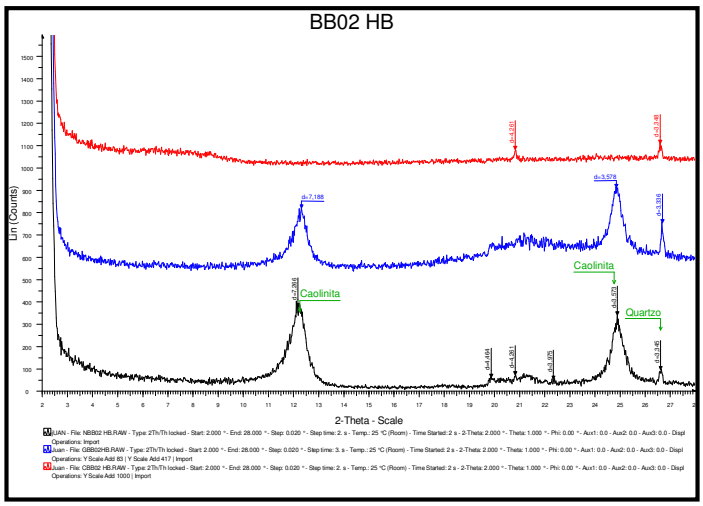


Figura 16: Difratograma de amostra orientada BB02 horizonte B

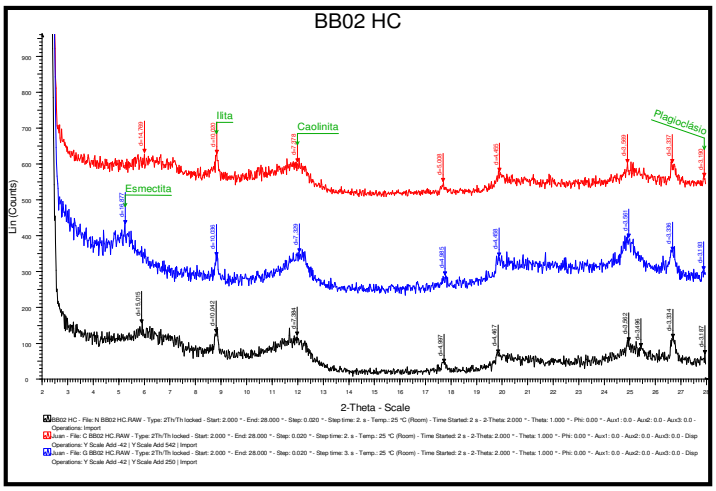


Figura 17: Difratograma de amostra orientada BB02 horizonte C

Levantamento Geofísico

O levantamento geofísico do subsolo teve ênfase na medição da espessura de solo da encosta estudada.

Os trabalhos de campo e de escritório foram realizados pela empresa Geoenvi - Geologia e Meio Ambiente e acompanhados por nós.

Figura 18: Resistivímetro utilizado na realização do levantamento geofísico.

O método é realizado estabelecendo-se uma corrente elétrica no solo por meio de um par de eletrodos e verificando-se o potencial resultante por outro par de eletrodos. A corrente elétrica de intensidade I, transmitida

por um par de eletrodos denominados A e B, aos quais está conectada uma fonte de corrente. Mede-se a diferença de potencial (ΔV) entre dois eletrodos de recepção denominados M e N. A partir daí, pode-se calcular a resistividade aparente do meio geológico. De acordo com a configuração dos eletrodos no terreno essa técnica pode ser denominada "Sondagem Elétrica Vertical" (SEV) ou "Caminhamento Elétrico", gerando uma "Imagem ou Perfil Geoelétrico 2D".

Foi executado levantamento através da técnica Caminhamento Elétrico, com espaçamento de 10 m.

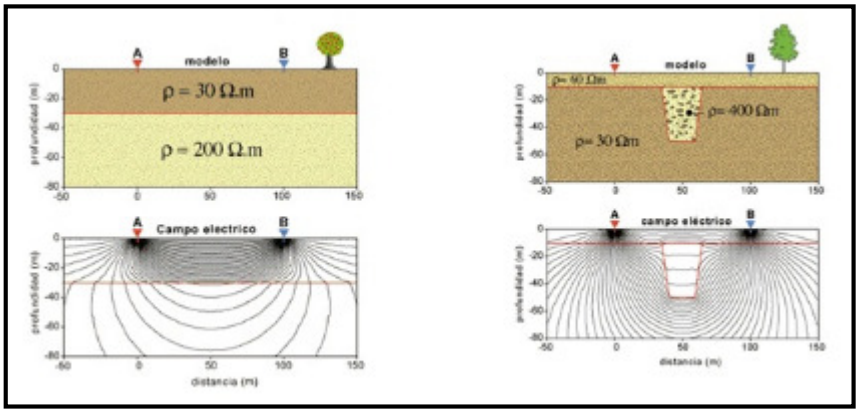


Figura 19: Desenho esquemático: geofísica de eletrorresistividade

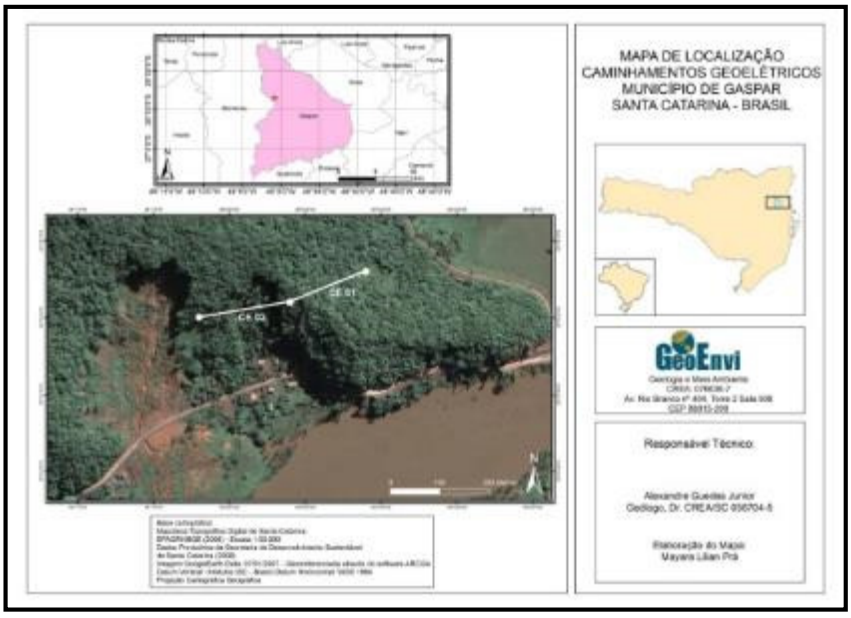


Figura 20: Desenho esquemático: geofísica de eletrorresistividade

Foram realizados dois caminhamentos, C01 e C02, transversalmente ao talude, no sentido oeste-leste, realizando a investigação do subsolo do talude desde sua base até topo. Os dois caminhamentos realizados têm 240 m de comprimento cada um.

CE 01

O Caminhamento CE 01 apresentou altas resistividades ao longo de todo seu percurso, inclusive nas camadas superficiais. Estas altas resistividades estão associadas à presença do conglomerado, que é aflorante, sem cobertura de intemperismo.

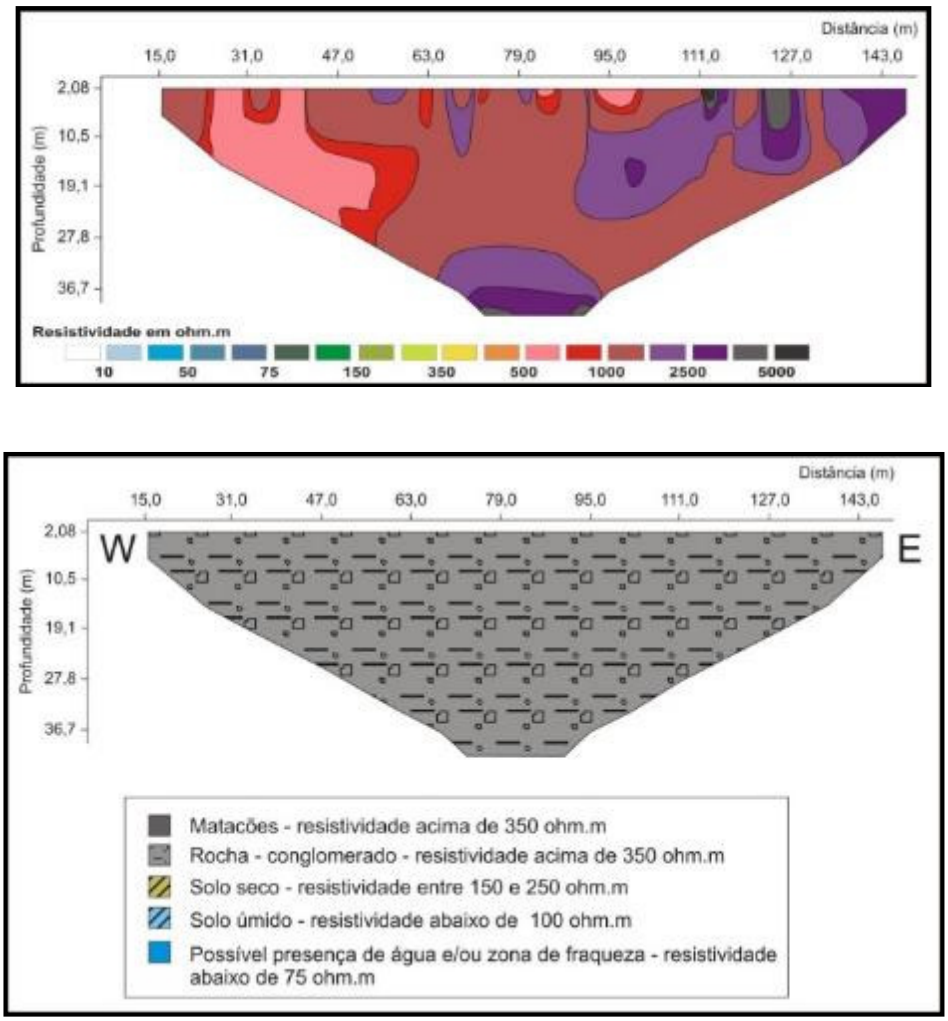
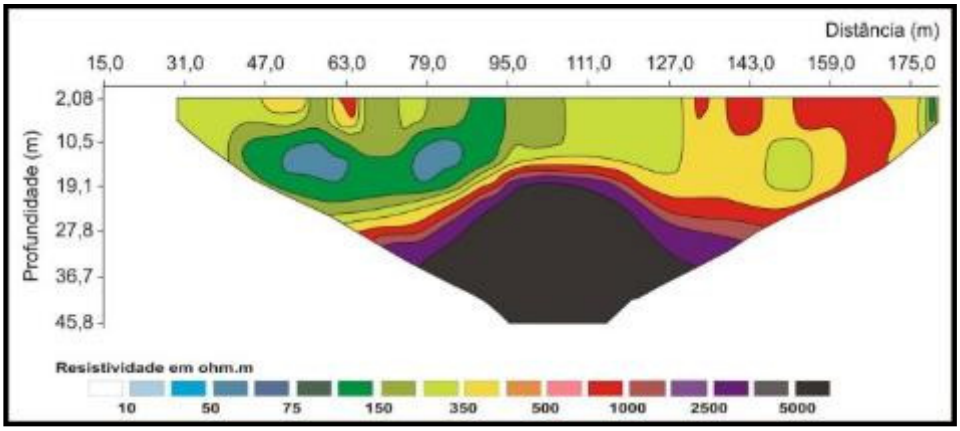


Figura 21: Perfil do Caminhamento Elétrico CE01.

CE02

O caminhamento CE 02 apresentou diversificação das resistividades ao longo de seu percurso. As resistividades mais elevadas, que correspondem ao conglomerado estão presentes na porção final do caminhamento, área em que ele se aproxima do CE 01.



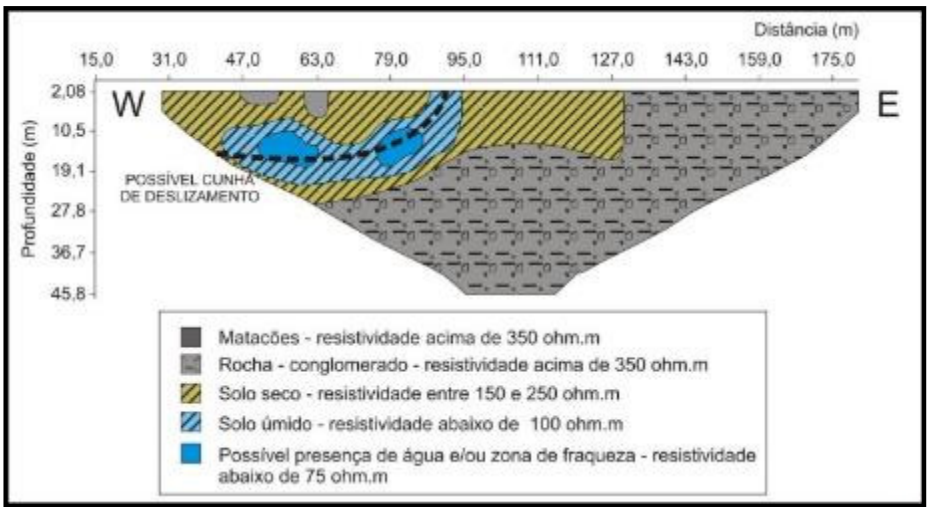


Figura 22: Perfil do Caminhamento Elétrico CE02.

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO E DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO BAÚ, ILHOTA/SC

Autora: Regiane Sbroglia

Resumo: No mês de novembro de 2008 ocorreram precipitações intensas e concentradas que provocaram inúmeros movimentos de massa, principalmente na área do entorno do Morro Baú, mudando significativamente a morfologia dos vales e encostas e atingindo a população local. Dentre os movimentos de massa ocorridos, os escorregamentos translacionais foram os mais frequentes e de maior porte. Neste sentido, a pesquisa de mestrado em desenvolvimento tem como objetivo a identificação e caracterização das áreas suscetíveis a escorregamentos translacionais na microbacia do Ribeirão Baú, localizada em Ilhota/SC. Esta bacia foi escolhida como área de estudo por ser considerada de interesse científico, tendo em vista a significativa ocorrência de desastres hidrológicos evidenciados durante a tragédia de novembro de 2008, que atingiram sua população local, totalizando 18 vítimas fatais.

Pretende-se realizar um mapeamento geotécnico utilizando a metodologia desenvolvida por Davison Dias, que busca estimar a partir de dados geológicos, pedológicos e topográficos as unidades de solos com comportamento geotécnico semelhante. Para identificar a unidade geotécnica mais suscetível a escorregamentos, será contabilizado o número de cabeceiras (local de origem do escorregamento) que ocorreu em cada unidade, e será feita a análise de suas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e da ocupação e uso do solo que são favoráveis à ocorrência deste tipo de movimento de massa.

Na análise da estabilidade de encostas é imprescindível a determinação das características mecânicas dos solos que compõem a área de estudo. Para tanto, são previstas visitas a campo para a coleta de amostras de solos deformadas e indeformadas em cada unidade geotécnica mapeada para a realização de ensaios de caracterização e resistência do solo em laboratório, que serão feitos no Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS) do Departamento de Engenharia Civil da UFSC. Para a caracterização do solo, serão realizados os ensaios de Granulometria e Sedimentação, Densidade, Miniatura Compactada Tropical (MCT), Limite de Plasticidade e Limite de Liquidez. Os parâmetros de resistência dos solos: coesão (c), ângulo de atrito (□) e peso específico natural (□$_s$) serão determinados por meio do ensaio de Cisalhamento Direto e o coeficiente de permeabilidade (k) será estimado através do ensaio de Adensamento.

O mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de escorregamentos translacionais na microbacia do Ribeirão Baú será realizado pelo modelo matemático SHALSTAB (*Shallow Slope Stability Model*). O SHALSTAB combina um modelo hidrológico e um modelo de estabilidade de encosta para definir as zonas suscetíveis à ocorrência de escorregamentos translacionais rasos para cada *pixel* em uma base de dados. Para isso, utiliza os parâmetros topográficos declividade (□) e área de contribuição por comprimento de contorno unitário (a/b), obtidos a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT), e os parâmetros de resistência do solo e a condição de saturação, obtidos nos ensaios laboratoriais supracitados. As classes de estabilidade serão geradas utilizando-se o *software ArcView 3.2*. A validação do modelo SHALSTAB será dada a partir de sua calibração, feita através do ajuste das classes de estabilidade dos solos geradas pelo modelo e as cicatrizes dos escorregamentos ocorridos em novembro de 2008. Para a calibração do modelo, inicialmente, serão definidos o peso específico do solo, a coesão e o ângulo de atrito mais representativos da área de estudo. Na sequência, serão realizadas diversas simulações variando a espessura do solo, a fim de definir o conjunto de parâmetros capaz de prever os escorregamentos ocorridos. Para tanto, serão gerados diversos cenários de instabilidade, comparando-os com a localização dos escorregamentos na microbacia.

CARACTERIZAÇÃO DO MANTO DE ALTERAÇÃO EM CICATRIZ DE MOVIMENTO DE MASSA COMO CONTRIBUIÇÃO À COMPREENSÃO DOS PROCESSOS MORFOGENÉTICOS NO RELEVO GNÁISSICO DO COMPLEXO DO BAÚ

Autor: Alexandre Macedo de Castro Faria

Resumo: A pesquisa busca aplicar a metodologia da análise estrutural da cobertura pedológica na caracterização e descrição do manto de alteração desenvolvido sobre as rochas gnáissicas em uma encosta afetada por movimentos de massa no desastre de novembro de 2008 ocorrido no Complexo do Morro do Baú. Espera-se, com os resultados, se obter uma melhor compreensão sobre a distribuição das características físico-químicas no perfil de intemperismo, assim como as possíveis relações entre esta distribuição e os movimentos de massa.

Palavras chave: movimentos de massa; intemperismo; análise estrutural da cobertura pedológica

Introdução.

Os variados processos de intemperismo e erosão, ao agir sobre as diferentes superfícies geológicas, produzem uma ampla gama de materiais e feições de relevo que possuem dinâmicas e propriedades específicas (BIGARELLA et. al. 2007). Neste sentido, compreender a amplitude e o significado das relações entre os processos intempéricos e aqueles ligados à morfogênese torna-se crucial, uma vez que estes processos ocorrem em diferentes escalas no tempo e no espaço (FURIAN 1994), podendo manisfestar-se de diferentes formas e até mesmo significar amplos prejuízos sócio-ambientais, como no caso da degradação dos solos pela erosão e dos movimentos de massa associados a eventos hidrológicos extremos, como aquele que afetou Santa Catarina em novembro de 2008.

Tendo em vista a importância das características intrínsecas dos solos e dos processos e ambientes sob o qual se desenvolvem na elucidação de problemas ambientais dessa natureza, conforme têm sido demonstrado por pesquisas em abordagens similares (por ex. FURIAN, 1994, FURIAN *et. al*. 1999, SIMON *et. al*. 1990), a presente investigação pretende contribuir através deste enfoque específico, abordando a problemática em questão a partir de um estudo da distribuição das propriedades químicas e físicas do solo ao longo de um perfil de intemperismo em uma área afetada por movimentos de massa durante o evento hidrológico intenso de novembro de 2008.

Pretende-se, com isso, ampliar o conhecimento das particularidades geomorfológicas locais e regionais, melhor compreendendo os processos intempéricos e morfogenéticos, subsidiando a busca por soluções de planejamento e de uso dos recursos naturais em áreas de risco geoambiental.

Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é analisar a organização interna do manto de alteração em uma cicatriz de movimento de massa, identificando a importância dos processos de intemperismo nas diferentes propriedades do perfil de alteração e na morfogênse atual do relevo gnáissico do Complexo do Baú

Objetivos específicos

- Identificar e analisar algumas propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas dos horizontes identificados.
- Descrever e classificar a tipologia do movimento de massa ocorrido
- Interpretar, a partir das análises realizadas, o grau de evolução do manto de alteração formado sobre o gnaisse.
- Estabelecer possíveis relações entre o quadro geral do relevo local, as propriedades do manto de alteração e a morfogênese atual da encosta

Materiais e Métodos

O estudo será conduzido através de análise e descrição macromorfológica (segundo LEMOS & SANTOS 2002) da topossequência em campo, através dos afloramentos expostos na cicatriz do movimento de massa e em trincheiras abertas perpendicularmente a este 'corte natural', de maneira a adaptar localmente a metodologia de BOULET (1988) e revelar a organização bidimensional dos horizontes.

A aplicação desta metodologia pressupõe a elaboração de levantamentos topográficos, que deverão ser realizados a partir de métodos expeditos (trena, bússola e clinômetro), buscando-se a elaboração da base sobre a qual será construído o diagrama bidimensional de representação gráfica da cobertura pedológica. Esta base planialtimétrica compreende um corte em perfil do trecho da topossequência estudada Após a identificação e a descrição dos horizontes serão coletadas amostras de rocha e solo para análises físicas, químicas e mecânicas em laboratório. A quantidade e tipo das amostras serão definidos a partir dos trabalhos de campo (pois dependem diretamente do número de horizontes identificados no perfil descrito) e dos recursos disponíveis.

A identificação dos argilominarais do solo será feita através de análises de difratometria de raios-X e a análise química total da rocha, saprólito e solo será realizada através de análise de fluorescência de raios-X. Os dados de química total servirão de base ao cálculo de balanço de massa e da definição dos índices de intemperismo (Ki e Kr), conforme procedimentos adotados em RIGO (2005) e ÁVILA (2009).

As análises físicas (granulometria, densidade real e aparente e porosidade) serão realizadas no Laboratório de Pedologia do CFH, seguindo metodologias da ABNT ou EMBRAPA- SBLCS. As análises mecânicas (Limites de Attemberg): cisalhamento direto; limite de liquidez; e plasticidade serão realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Civil da UFSC, seguindo metodologias da ABNT ou EMBRAPA-SBLCS.

A apresentação dos resultados será feita a partir da confecção do diagrama bidimensional e de gráficos relacionando a profundidade do perfil com a propriedade especifica analisada, ao longo das diferentes seqüências de horizontes/camadas identificadas na toposequência.

ANEXO IX – Síntese das Pesquisas de Doutorado

1- Introdução

A Organização das Nações Unidas – ONU considera como desastre uma séria interrupção no funcionamento de uma sociedade ou comunidade com mortes e grande quantidade de perdas materiais, com impactos sócio-econômicos e ambientais, que excedem a capacidade da sociedade ou comunidade afetada de superar essa situação mediante o uso de seus próprios recursos (UNISDR, 2009). Um desastre natural é um desastre ocasionado por um evento de origem natural, como uma tempestade, uma estiagem ou um terremoto.

Dados do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* – CRED, apresentam 12.169 registros de desastres naturais no mundo, desde o ano de 1900 até 2010, sendo que 5.140 desses registros, ou seja, mais de 1/3 ocorreram depois do ano 2000 (EM-DAT, 2011). (Figura 1)

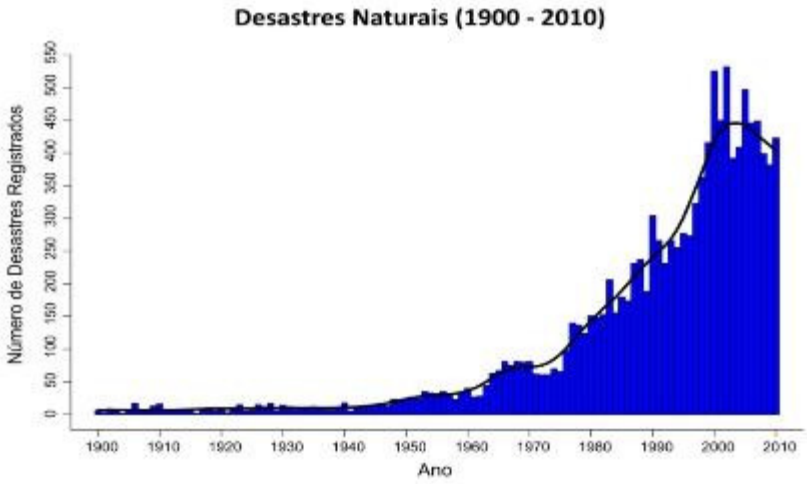


Fig. 1 – Desastres Naturais registrados entre 1900 e 2010, banco de dados do OFDA/CRED International Disaster Database. Fonte: EM-DAT, 2011. Org. PARIZOTO, D.G.V.

Os eventos mais recorrentes são apontados pelos dados do CRED como as Inundações, as Tempestades, as Epidemias, os Terremotos e os Movimentos de Massa (Figura 2).

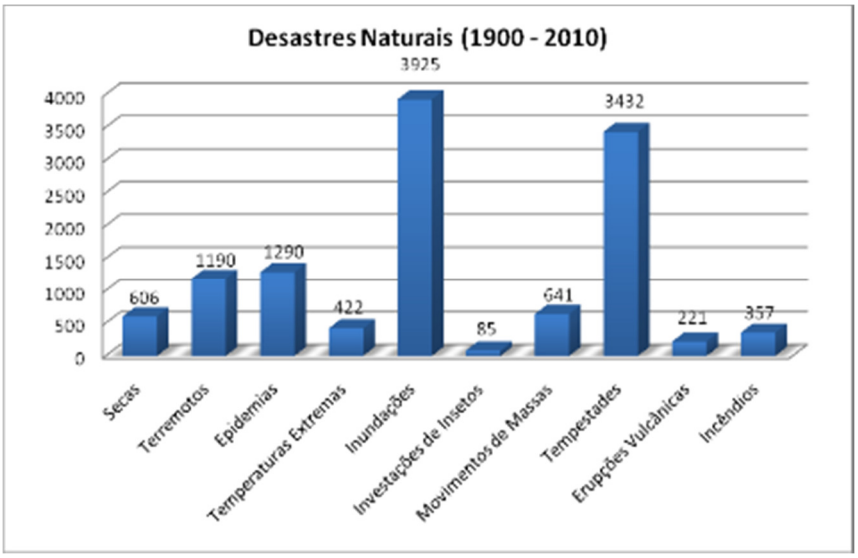


Fig. 2 – Desastres Naturais registrados no OFDA/CRED International Disaster Database. Fonte: EM-DAT, 2011. Org. PARIZOTO, D.G.V.

O Brasil é um dos países mais atingidos por desastres naturais. No início de 2009 o país foi classificado com a 13ª colocação entre os países mais afetados por esses tipos de fenômenos. Entre 1990 e outubro de 2011 ocorreram no país pelo menos 111 grandes episódios como secas, inundações, deslizamentos de terra, tornados, entre outros, totalizando pelo menos 19,3 milhões de pessoas atingidas, 3.539 óbitos e um prejuízo econômico de cerca de US$ 6 bilhões (EM-DAT, 2011).

Merecem destaques, com relação ao número de vítimas fatais, as inundações e deslizamentos na região serra do Rio de Janeiro no início deste ano; o deslizamento no Morro do Bumba, no Rio de Janeiro, em abril de 2010; a epidemia de cólera em 1991; as enchentes nos estados nordestinhos em dezembro de 2003; as enchentes e deslizamentos no Vale do Itajaí, Santa Cataria, em novembro de 2008.

Na Região Sul os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, tem sido cenários de um grande número desses desastres naturais, principalmente os categorizados como geofísicos, meteorológicos e climáticos. Esses acontecimentos estão associados ao clima subtropical situado em uma região de encontro de massas atmosféricas e a condicionantes geomorfológicas, geológicas, pedológicas e, principalmente, a ocupação do espaço geográfico.

Especificamente em Santa Catarina, registro desses desastres vem sendo feito ao longo das décadas por várias instituições e pesquisadores. Herrmann et al (2005), no Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina – obra onde os autores fazem um inventário dos desastres entre 1980 e 2004 – descrevem, por exemplo, que condições atmosféricas extremas, com longos períodos de estiagem na porção oeste do estado e intensas e concentradas chuvas, caracterizadas como excepcionais, na porção leste, sempre existiram no estado de Santa Catarina. No Município de Blumenau, há registros de inundações desde meados do século XIX. Bigarella (2007) relata que em março de 1974 as bacias dos rios Tubarão e Araranguá sofreram com pesadas precipitações atmosféricas que causaram enchentes e deslizamentos catastróficos gerando danos consideráveis em toda a região. Pellerin et al. (1997) em relatório da catástrofe em Timbé do Sul/Jacinto Machado ocorrida em 1995 escreve que na última semana de dezembro chuvas excepcionais provocaram enchentes e deslizamentos fazendo pelo menos 29 vítimas fatais e centenas de desabrigados.

No final de 2008 chuvas excepcionais desencadearam inundações bruscas e grandes movimentos gravitacionais de massa que geraram corridas de detritos, afetando áreas urbanas e rurais. Esses deslizamentos mudaram significativamente a morfologia dos vales e encostas na região do médio e baixo vale do rio Itajaí, provocando perdas, não só de bens materiais, mas também de vidas humanas. Oficialmente a Defesa Civil do Estado registrou o número de 21.269 desabrigados, 47.895 desalojados, 135 óbitos (sendo que mais de 97% das mortes foram causados por soterramento) e 2 desaparecidos. Na ocasião, um terço do território catarinense foi atingido pelas chuvas e 63 municípios decretaram Situação de Emergência e 14 decretaram Estado de Calamidade Pública. (EPAGRI, 2009; DEFESA CÍVIL DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2011)

Uma das regiões mais afetadas diante do episódio pluvial excepcional de novembro de 2008, e por isso objeto para a realização do estudo proposto, foi à área denominada de Complexo do Morro do Baú[1], no nordeste do Estado, inserido na grande área do médio vale da bacia hidrográfica do rio Itajaí.

A comunidade do Braço do Baú, uma entre as diversas que existem na região do Complexo, foi duramente atingida, sendo a segunda comunidade do Complexo do Baú em número de vítimas fatais, oito no total[2].

Esta área foi escolhida pelo governo de Santa Catarina, através do convênio entre os órgãos federais e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - FAPESC para servir de "área-piloto" para estudos de prevenção às catástrofes. Esses estudos estão sendo desenvolvidos pelo Grupo Técnico Científico – GTC, criado pelo governo do Estado para estudar a Prevenção de Desastres em Santa Catarina.

A área do projeto, instrumento do convênio, é composta por cinco microbacias hidrográficas e uma delas é a do Ribeirão Braço do Baú, então selecionada para o desenvolvimento da presente tese que, posteriormente, se

---

[1] O Complexo do Morro do Baú é a denominação espacial geográfica usada para a região do entorno do Morro do Baú e do Parque Ecológico do qual esse faz parte. De maneira geral, se refere às comunidades rurais próximas ao morro e que pertencem a três municípios: Ilhota, Gaspar e Luiz Alves.

[2] A comunidade com o maior número de vítimas fatais foi a do Alto Baú (12 mortos). Seguida da comunidade do Braço (8 mortos), depois a comunidade do Braço Seco (6 mortos) e a comunidade do Alto Braço (5 mortos). Nos 3 municípios que formam o Complexo 77 pessoas perderam a vida no desastre de 2008.

somará aos outros trabalhos realizados nas demais microbacias para integrar o mapeamento temático do Complexo do Morro do Baú.

2 – Localização da área.

O recorte espacial escolhido para o desenvolvimento dessa pesquisa é a microbacia do Ribeirão Braço do Baú, onde se encontra a comunidade do Braço do Baú. A maior parte dessa bacia situa-se no município de Ilhota, que segundo o censo IBGE (2010) possui 12.500 habitantes, com quem tem seus vínculos históricos; e uma pequena parte no município de Luiz Alves. (Figura 3).

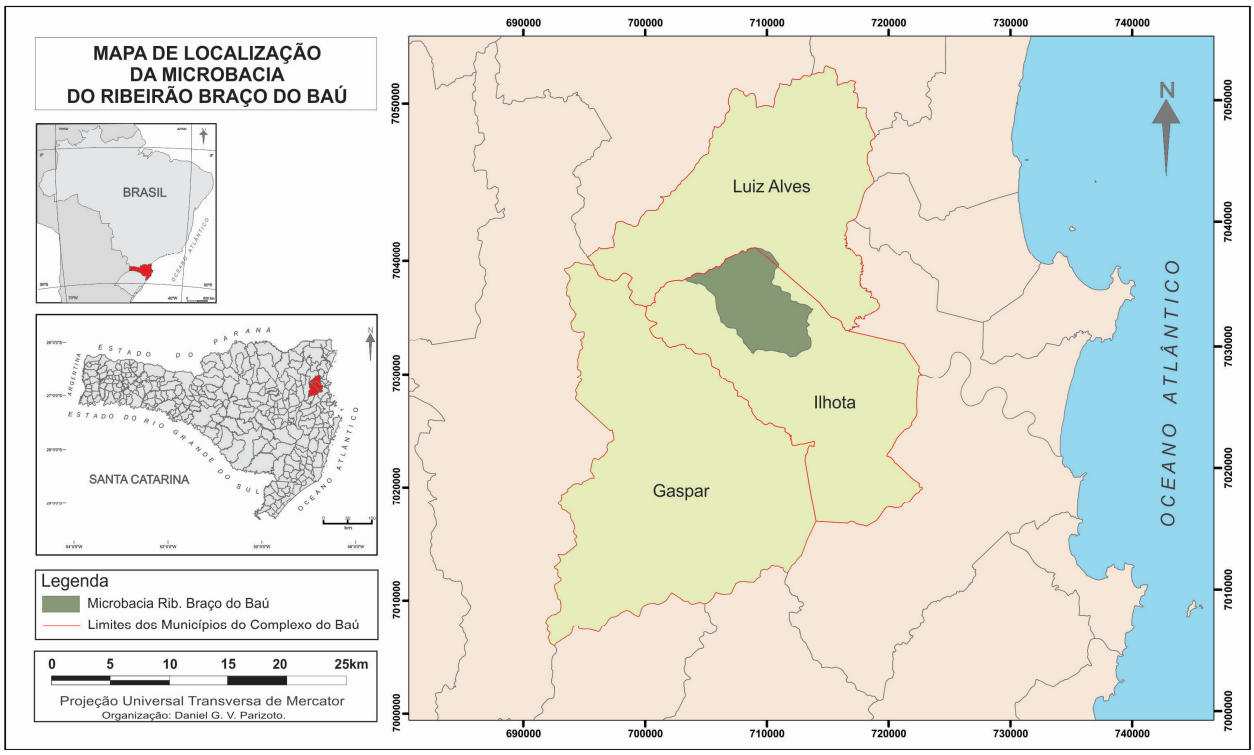


Fig. 3: Identificação da área de estudo: microbacia do Ribeirão Braço do Baú:
Org. PARIZOTO, D.G.V.

3 – Aspectos físicos.

A área onde se insere a microbacia do Ribeirão Braço do Baú encontra-se grande área da Serra do Leste Catarinense. As Serras do Leste Catarinense abrangem desde as proximidades de Joinville até o município de Laguna. A principal característica do relevo é dada pela seqüência de serras dispostas de forma sub-paralela no sentido NE-SW, que se apresentam gradativamente mais baixas em direção ao litoral, terminado em pontais, penínsulas e ilhas. A altitude média é de 600m, porém, alguns picos ultrapassam esta cota. (VEADO e TORPPMAIR, 2001; SANTA CATARINA, 1986).

A geomorfologia desta unidade é resultado de significativos processos geológicos e climáticos. Apresenta-se com relevo bastante dissecado, por densa rede de drenagem que escoa altos índices pluviométricos, com encostas muito inclinadas e drenagem frequentemente entalhadas, muitas vezes determinados por linhas de falhamento, com vales encaixados em forma de "v" e geralmente associados a pequenas e estreitas várzeas em torno de ribeirões e rios. (AUMOND et al., 2010).

As grande variações altimétricas produzidas nesse relevo, determina também a variedade litológica com diferentes comportamentos evolutivos: quando o solo é espesso e poroso, a água infiltra com facilidade. As rochas pouco permeáveis das formações locais criam zonas lubrificadas que favorece o escorregamento do solo.

A área de estudo localiza-se no domínio do Embasamento Cristalino, o Complexo Granulítico Santa Catarina, representado pelo conjunto de rochas mais antigas do estado, incluindo diferentes tipos de litologia: granulitos, gnaisses, migmatitos, xistos e filitos (SCHULZ e ALBUQUERQUE, 1969).

A Formação Gaspar, do grupo Itajaí, também se expressa na área, com rochas sedimentares grosserias sobrepostas formando conglomerados e arenitos.

Na bacia, os conglomerados são denominados de Conglomerado Baú. Ainda estão presentes grupos sedimentares formados por depósitos aluvionares.

No aspecto Pedológico, conforme Santa Catariana (1986), na área do presente estudo, nas porções mais elevadas encontraram-se os Argilossolos de ambientes ondulados e montanhosos e solos do tipo Areias Quartzosas, os quais, na nova classificação da EMBRAPA (2006) passaram a ser chamados de Neossolos. Nas porções mais baixa da microbacia estão os Gleissolos Háplicos.

Os Argilossolos compreedem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural composto de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por base baixa ou caráter alítico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar contudo os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvissolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (EMBRAPA, 2006).

São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e, mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente cauliníticos e com relação molecular Ki, em geral, variando de 1,0 a 3,3.

Os Neossolos são solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos. Sua textura varia de arenosa a cascalhenta e até pedregosa. Pode apresentar o horizonte A húmico, ou seja, rico em matéria orgânica (EMBRAPA, 2006).

Por sua vez os Gleissolos compreende solos hidromórficos, constituídos por material mineral que apresentam horizonte glei dentro do limite de 150 cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. (EMBRAPA, 2006). O Gleissolo Háplico que ocorrem da microbacia do Ribeirão Braço do Baú é um solo encharcado, com horizonte A com matéria orgânica, seguido em profundidade por um horizonte chamado Glei, cujas cores são acinzentadas, esverdeadas ou azuladas por causa do excesso de água. A textura é geralmente argilosa. Apresentam boa fertilidade, mas precisam ser drenadas para o uso agrícola. Na microbacia esse solo é comum nas áreas de planícies.

No aspecto hidrográfico a microbacia do Ribeirão Braço do Baú está contida na bacia do Rio Luiz Alves, que por sua vez, esta contida na bacia do Rio Itajaí.

A bacia hidrográfica do Rio Itajaí, com uma área total de cerca de 15.124km^2, correspondendo a 16,15% do território catarinense e a 0,6% do território brasileiro, é o mais extenso sistema hidrográfico da vertente atlântica em Santa Catarina. (COMITÊ, 2011)

Sua rede de drenagem é extremamente vasta. Na escala 1:50.000, registra-se uma extensão próxima de 25.000 km de cursos d'água sendo que sua drenagem é estimada em 1,55 km/km2.

A microbacia do Ribeirão Braço do Baú é exatamente o exemplo descrito para a bacia do Itajaí no que se refere a característica de drenagem, apenas em escala menor. (Figura 2)

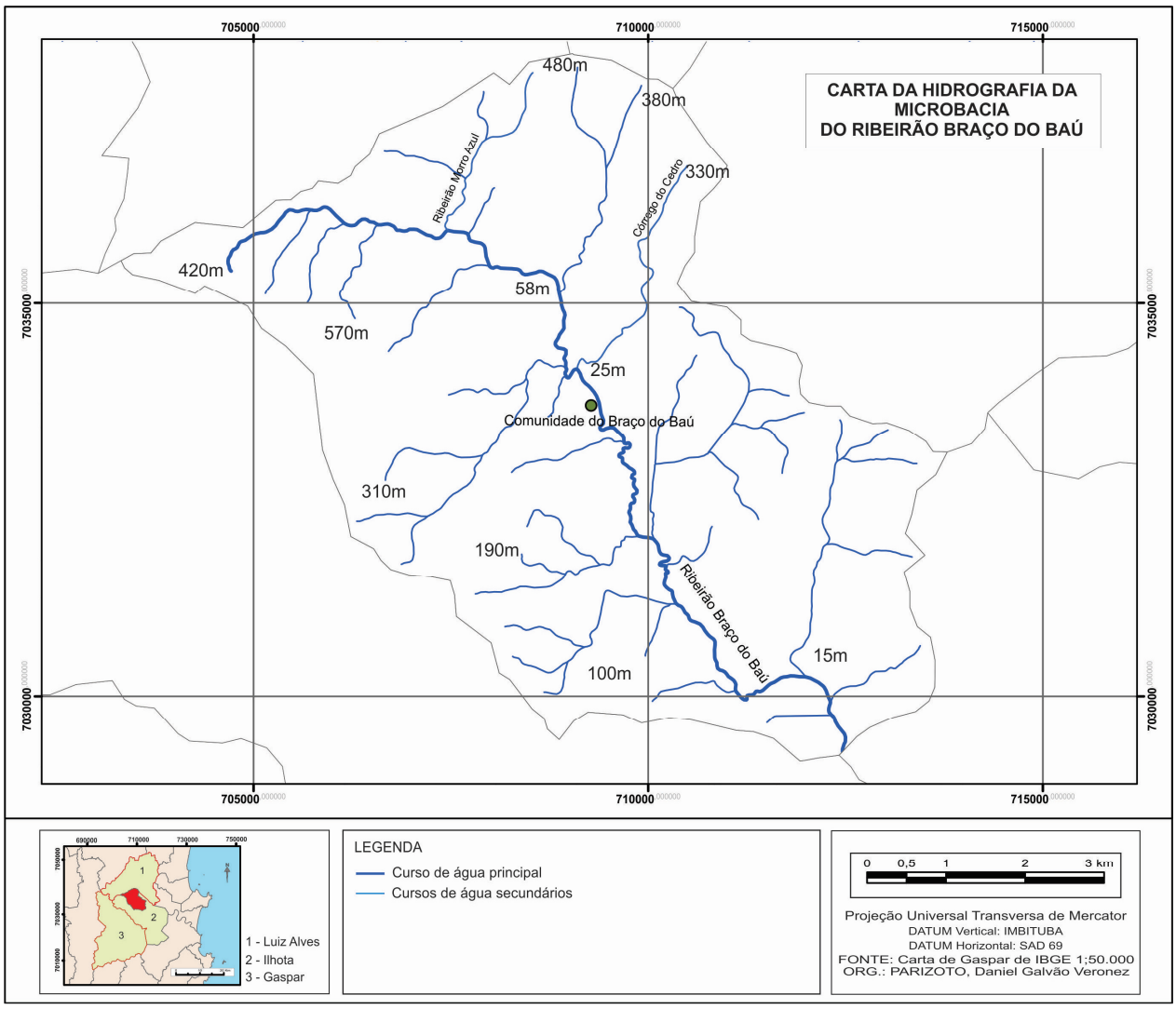


Fig. 2: Carta prévia da rede de drenagem com os principais cursos d'água da microbacia do Ribeirão do Baú e a altitude das nascentes. Org. PARIZOTO, D.G.V.

Essa combinação de cenários hídricos e geomorfológicos foram determinantes para a ocorrência das inundações e os inúmeros deslizamentos nos dias finais do mês de novembro de 2008.

A microbacia Ribeirão Braço do Baú está inserida no domínio da Floresta Ombrófila Densa Sub-montana e Montana, chamada mais comumente de Floresta Atlântica, contudo, os imigrantes europeus que lá chegaram organizaram-se em pequenas propriedades rurais nas quais a floresta era praticamente toda derrubada para o plantio sob sistema de pousio, ocasionando um forte impacto no meio natural.

Até o final da década de cinqüenta ocorreu na região extrativismo seletivo das espécies madeireiras nativas e de *Euterpe edulis Martius* (palmiteiro) sem fiscalização ou controle. A região do Complexo do Baú representa ainda hoje a principal área agrícola do município de Ilhota. Os cultivos praticados nas encostas, em sua maioria, são a banana e o reflorestamento para produção de madeira, sendo que a banana é o cultivo que tem atualmente maior representatividade. (Figuras 7, 8, 9 e 10)

Ainda assim, apesar da intensa atividade agrícola na área, estudo realizado por Beltrame (1991) afirma que a mata ao redor do Morro do Baú possui grande biodiversidade e elevado poder de regeneração. A vegetação florestal do Parque Botânico do Morro do Baú por exemplo, teve um aumento de em 5% de 1957 para 1988 de decorrência da interrupção da derrubada da mata em função da própria criação do Parque em 1961.

Fig. 7: Aspecto da vegetação no Morro do Baú
Foto: PARIZOTO, D.G.V. (2011)

Fig. 8: Floresta Ombrófila Densa
Foto: PARIZOTO, D.G.V. (2009)

Fig. 9: O palmeira Euterpe edulis Martius
Foto: PARIZOTO, D.G.V. (2009).

Fig. 10: Extensas plantações de banana
Foto: PARIZOTO, D.G.V. (2011)

4 – Perguntas de pesquisa e justificativas

A questão central que norteia esta pesquisa é compreender como, ainda, é grande o número de pessoas vitimadas pelos desastres naturais relacionados à dinâmica climática/geomorfológica, apesar do avanço generalizado dos conhecimentos relacionados ao tema? Quais os graus de interação/relação que essas pessoas têm como agentes ativos na percepção das suscetibilidades, das vulnerabilidades e também dos riscos envolvidos?

A área do Complexo do Morro do Baú, onde fica a microbacia do Ribeirão Braço do Baú, lugar da comunidade do Braço do Baú, mantém estreitas relações sócio-econômicas não só com outras comunidades do Complexo e com a cidade de Ilhota, mas também com Luiz Alves, Gaspar e outros municípios do Vale, como Blumenau e Itajaí.

Essa área, com seus vales e encostas declivosas e solos profundos, apresenta vegetação original fortemente descaracterizada pela intensa exploração madeireira e que esta sendo substituída, em parte por espécies exóticas, bem como pela agricultura.

É nesse ambiente que se pretende estabelecer as relações de complexidade entre os elementos naturais e as ações antrópicas e como essas interações podem ser geradoras de cenários de vulnerabilidade, pois ao ocupar ou mesmo interferir de maneira equivocada nesse espaço o Homem pode aumentar a sua vulnerabilidade colocando em perigo vidas, bens e estruturas.

Assim sendo, durante o desenvolvimento do trabalho será fundamental aprofundar os conhecimentos sobre a ocupação da área, principalmente nos aspectos da relação Homem x Meio, quanto ao extrativismo da madeira, a agricultura, a espacialização dos agrupamentos urbanos e toda a rede de comércio e infra-estrutura decorrentes, para que se possa identificar a intensidade das alterações impostas e das vulnerabilidades envolvidas e assim tentar quantificar os riscos.

Sobre a ocupação espaço-temporal da área também será feita uma correlação entre as legislações ambientais vigentes em cada momento histórico a fim de se estabelecer a conformidade ou não da evolução espacial até os dias de hoje, pois apesar da grande evolução nas normas e leis essas parecem insuficientes ou pouco eficazes para a prevenção/redução da ocupação de áreas de risco.

5 – Hipótese

Não é possível apontar um único elemento como causador dos desastres naturais, sejam eles um evento climático extremo, a forma de relevo, os tipos das rochas e dos solos, ou seja, referente a ocupação humana, mas uma totalidade dos elementos articulados em uma perspectiva complexa na qual a ocupação humana e o uso do solo sofreram maior ação dos efeitos naturais em virtude da produção do espaço geográfico.

Existe uma percepção de vulnerabilidade de risco das comunidades locais, no entanto, nem o Estado, nem essas comunidades não estão preparados tecnicamente para compreender os efeitos e a magnitude dos desastres, faltando também o entendimento do quanto negativamente às ações humanas podem modificar e transformar o espaço geográfico.

6 – Objetivo geral e objetivos específicos

Analisar as inter-relações entre o ambiente e a sociedade, através da paisagem e sua ocupação espaço-temporal na área de estudo, correlacionando assim os desastres naturais com a ocupação e uso do solo, quantificando os riscos envolvidos.

Objetivos específicos

Primeiro: Analisar os elementos da paisagem através da fotointerpretação e checagem em campo e cartografá-los mediante levantamento dos mapas temáticos existentes relacionados a Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Uso do Solo;

Segundo: Caracterizar a ocupação espaço-temporal do uso do solo da área de estudo;

Terceiro: Realizar o inventário detalhado e investigação geotécnica para caracterizar os locais de deslizamentos provocados pelo episodio pluvial extremo de novembro de 2008;

Quarto: Determinar as suscetibilidades e as vulnerabilidades da área de estudo e estabelecer a quantificação dos riscos através de aplicação dos modelos probabilísticos;

Quinto: Reconhecer a percepção do risco e a noção de inter-relação na comunidade do Braço do Baú a partir da análise das vulnerabilidades.

7 – Métodos e Técnicas da Pesquisa

O Método geral adotado para o desenvolvimento dessa pesquisa segue as orientações de Libaut (1971) e que divide a organização do trabalho em quatro níveis.

O 1º. nível, o Compilatório é a etapa de levantamento de todo o material disponível previamente sobre a área.

O 2º. nível, o Correlativo é a fase de correlacionar os dados e iniciar as interpretações.

O 3º. nível, o Semântico é o momento da interpretação e de produzir os primeiros resultados.

O 4º. Nível, o Normativo, refere-se à fase em que o produto de pesquisa se transforma em modelo concretos, passíveis de serem aplicados ou implementados. Essa modelização é representada através de cartogramas sínteses, gráficos, listas etc que traduzem de forma mais simples e visual os produtos da pesquisa.

As etapas dessa pesquisa podem então serem verificadas de forma sintética no fluxograma a seguir. (Figura 11)

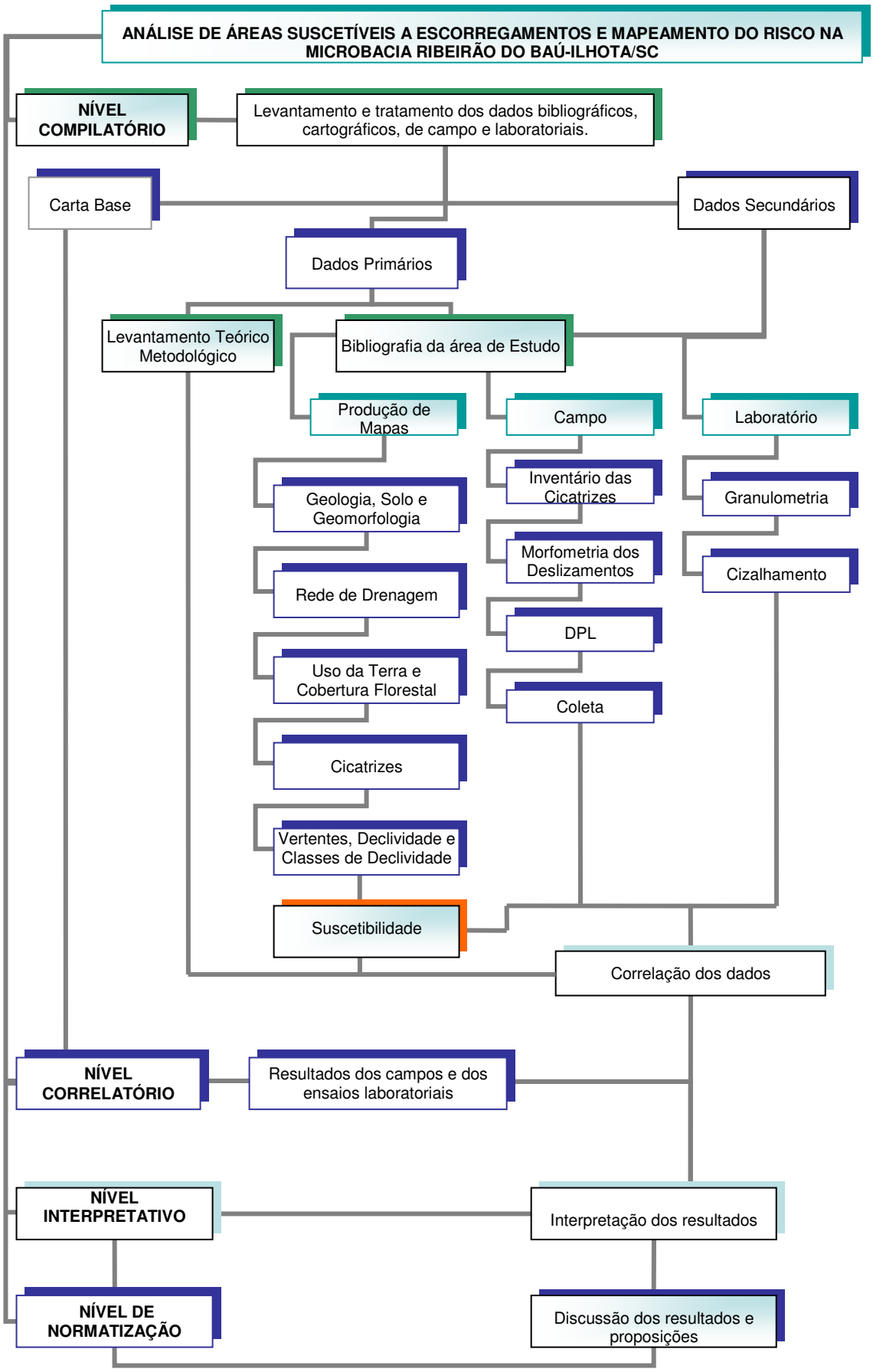


Figura 11 – Fluxograma da pesquisa.

Para cumprimento do primeiro objetivo esta sendo realizada a caracterização e o mapeamento dos aspectos físicos da área de estudo: geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, forma das encostas, orientação das vertentes, hidrografia, vegetação e outros.

Os trabalhos estão sendo realizados a partir da avaliação de mapas pré-existentes disponíveis, além dissertações e teses sobre a região. Grande parte dessa etapa integra os trabalhos que estão sendo realizados para o projeto referente ao ao Convênio n°16319/2010-8, conforme já citado, proposto e aprovado pela FAPESC.

Os trabalhos de mapeamento geológico partem do detalhamento e caracterização dos litotipos dos afloramentos rochosos presentes na área de estudo, dando ênfase a suas descontinuidades estruturais como fraturas, falhamentos, contatos geológicos e acamadamentos, bem como sua cobertura pedológica.

Também esta sendo feita delimitação de leques e rampas de colúvio no sopé das encostas, uma vez que esses tipos de depósitos podem marcar a posição de antigos deslizamentos. (Figuras 12 a 17)

Fig. 12: Grande cicatriz com matacões residuais e manto de alterito. Foto: PARIZOTO, (2011)

Fig. 13: Trabalhos no campo em área de deslizamento.Foto: PARIZOTO, (2011)

Fig. 14: Alterito espesso com estrutura preservada. Foto: PARIZOTO, (2011)

Fig. 15: Destaque da coleta de amostra indeformada. Foto: PARIZOTO, (2011)

Fig. 16: Afloramento rochoso em área de deslizamentoFoto: PARIZOTO, D.G.V. (2011)

Fig. 17: Gnaisse Granulítico com plano de fratura N40°Foto: PARIZOTO, D.G.V. (2011)

O mapeamento geomorfológico consiste no detalhamento dos modelados e das formas de relevo. Estes procedimentos permitirão o reconhecimento de feições morfológicas indicativas de susceptibilidade aos processos de deslizamentos.

Os mapeamentos estão sendo efetuados através de técnicas de interpretação de imagens de sensoriamento remoto e de levantamento de campo para aferição dos dados e visualização de fendas e fissuras indicativas de instabilidade nas encostas.

Os dados de campo subsidiarão igualmente a avaliação da espessura do manto de alteração nas áreas de estudo.

Para os mapeamentos geológicos e geomorfológicos estão sendo utilizados como principal referencial os Manuais Técnicos de Geologia e Geomorfologia do IBGE.

Os mapas de forma das encostas, orientação das vertentes, declividade e classes de declividades serão geradas a partir da carta hipsométrica com a marcação das curvas de nível e a interpolação triangular (TIN) com o modelo numérico de terreno para a geração da grade de declividade. Para essas etapas serão utilizados programas de SIG, como o ArcGis 10.0 e o Idrisi 15.0, licenciado pelo Núcleo de Geotecnia da UNISUL e pelo Laboratório de Cartografia da UFSC, respectivamente.

A caracterização hidrológica da área de estudo esta sendo efetuada a partir da análise das precipitações, com base em dados existentes na região, para identificação das características temporais e espaciais das precipitações (Estações de Salto Jusante - Blumenau-2117, Brusque-2324, Indaial-2111, Timbó-2320 entre outras). O mapeamento de rede hidrográfica e a identificação dos fluxos superficiais serão efetuados a partir da aplicação do modelo WADI (*Watershed Investigation*) sob os dados coletados em campo.

As diversas investigações de campo estão permitindo identificar a amplitude da rede de drenagem, em detrimento daquela previamente conhecida através da carta do IBGE (Folha Gaspar 1:50.000) além das características hidrológicas peculiares das encostas nas áreas trabalhadas e que podem influenciar na estabilidade das vertentes. Nos trabalhos sobre estudos hidrológicos Kobiyama et al. (2006 e 2007) descrevem que os desastres naturais devido à ação da água têm aumentado de freqüência e destacam que os estudos sobre hidrologia servem para demonstrar os mecanismos desencadeadores desses tipos de desastres e com isso contribuir para o planejamento e a redução do riscos.

No segundo objetivo específico a identificação espaço-temporal do uso e ocupação do solo será feita por meio de técnicas de interpretação visual das fotografias aéreas de 1956 e 1979, escala 1:25.000, da Aerofoto Cruzeiro do Sul/Governo do Estado de Santa Catarina, e de processamento digital de imagens que cobrem as áreas estudadas, juntamente com levantamento de campo para aferição dos dados. O uso e cobertura atual esta sendo realizado por um outro integrante deste programa de de pós graduação e servira como citação e base para as análises do uso pretérito. Ainda outros trabalhos, como os Vibrans (2003) e Refosco (2004), também serão utilizados para a construção das referências temporais. O número das populações dos municípios, censos agrícolas, comerciais e industriais serão pesquisadas no site e na bibliografia do IBGE e do Instituto CEPA da Epagri.

Para o terceiro objetivo, as análises geotécnicas serão constituídas de um cruzamento de informações que levam em conta a geomorfologia e a pedologia e a composição geológica da área (DAVISON DIAS, 1995); e por diversos ensaios, como: a) de Granulometria e Densidade Real das Partículas, utilizado para determinar o diâmetro efetivo das partículas de solos. (Análise Granulométrica – Peneiramento e Sedimentação, NBR-7181/84 e Picnômetro NBR-6508/84); b) Ensaios de Cisalhamento Direto, para a determinação da estabilidade das encostas, através da determinação de parâmetros de resistência, coesão e ângulo de atrito interno são características intrínsecas do solo, e são dependentes de outras propriedades e atributos, como textura, estrutura, teor de matéria orgânica, densidade, mineralogia e conteúdo de água; c) Ensaios com Penetrômetro tipo DPL, visando a determinação da resistência dos solos ao longo da profundidade; d) Ensaios de Limites de Atterberg para determinara a consistência dos solos através dos Limites de Liquedez, NBR 6459, e Limites da Plasticidade, NBR 7180. O Limite de Plasticidade é o teor de umidade abaixo do qual o solo passa do estado plástico para o estado semi-sólido, ou seja ele perde a capacidade de ser moldado e passa a ficar quebradiço. Limite de Liquidez é o valor acima do qual o solo adquire o comportamento de um líquido.

O mapeamento das áreas afetadas por deslizamentos na microbacia do Ribeirão Braço do Baú, será efetuado através de levantamentos de campo com o auxílio das imagens de satélite disponíveis (Ex: Imagem Landsat de janeiro de 2009 e a CERBES de abril de 2009 entre outras). Nos pontos identificados serão caracterizados os processos atuantes localmente e as formas anteriores de interferência antrópica com a respectiva

identificação dos tipos e a geometria dos escorregamentos ocorridos (BIGARELLA, 2007; FERNANDES e AMARAL, 2003).

Os procedimento de permitirá, junto com todas as outras etapas do trabalho, avaliar a extensão espacial dos deslizamentos ocorridos e determinar as conseqüentes áreas de vulnerabilidade através do mapa de declividade e da aplicação de modelos específicos como os do software Flow 2D, apresentados em FLO Engineering Inc. (2009) e do software Shalstab, de Montgomery e Drietrich (1994) e modelado por Gomes et al. (2005) e García et al. (2004).

Sobre o quarto objetivo específico, a análise da vulnerabilidade e a quantificação do risco serão baseadas nas metodologias de Análise Probabilísticas dos Riscos e na identificação da Favorabilidade de Cendrero (1982), Cendrero et al. (2006), Remondo, (2001) e Bonachea (2006). Segundo esses autores, as análises da freqüência e magnitude dos movimentos de massa no passado recente permitem prever o comportamento dos movimentos de massa no futuro. Esses cálculos, apresentados aqui de maneira simplificada pela equação IR = V x v / P, onde IR=índice de risco ($/ano), V=valor ($), v=vulnerabilidade (%) e P=periodicidade (anos), permitem a quantificação estimação dos riscos.

Nesta etapa do trabalho pretende-se o cumprimento de parte do programa de doutorado no exterior, na Universidade de Santander, Espanha (Programa de Intercâmbio ou "Bolsa Sanduíche") sob a co-orientação dos professores Antonio Cendrero e Juan Remondo.

Para o cumprimento do quinto objetivo este trabalho partirá da análise qualitativa dos dados levantados. Como ferramenta metodológica será empregada a *Grounded Theory*, que se propõe a ser uma estratégia de pesquisa em que a teoria é gerada a partir dos dados disponíveis, sendo eles, entrevistas, observações diretas ou documentos (ICHIKAWA et al., 1999).

A *Grounded Theory* ou Teoria Fundamentada em Dados surgiu na década de 1960, criada nos Estados Unidos por Strauss e Corbin (1998) . É uma metodologia de campo que objetiva gerar construtos teóricos que explicam o contexto que está sob estudo. O investigador procura processos que estão acontecendo, partindo de uma série de hipóteses, que, unidas uma às outras, podem explicar o fenômeno, combinando abordagens indutivas e dedutivas. Essa metodologia, por seu caráter amplo de abordagem tem sido aplicada à especificidade do estudo e do entendimento dos processos ambientais (CASSIANI, 1996; BORGATTI, 2009).

Ainda segundo Moscarelli (2007) a *Grounded Theory* não é apenas uma metodologia preocupada com os processos sociais básicos, mas é principalmente uma metodologia de análise das conexões entre questões sociais e eventos ambientais.

Sendo assim, o método de Strauss e Corbin será utilizado de modo a permitir o conhecimento das conexões nos processos ambientais, através de comparações e relações entre os dados. Colaboraram para a escolha desse método o grande número de informações existentes e o desejo de aproveitamento máximo delas.

Como ferramenta física para a organização e tabulação dos dados qualitativos será utilizado o software QSR Nvivo 8.0.

ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO DO ALTO CURSO DO RIO LUIS ALVES, SANTA CATARINA, BRASIL.

Autora: Lúcia Pinto Camargo

Este relatório reporta a pesquisa de doutorado, em andamento, do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, sobre os eventos climáticos estremos de 2008 nas microbacias dos rios Máximo e Serafim no município de Luis Alves, SC.

I. INTRODUÇÃO

A precipitação elevada observada no litoral de Santa Catarina no período de novembro de 2008 foi proveniente de nuvens quentes, o que é relativamente raro na região. Formou-se um sistema muito eficiente em gerar chuva sem haver nuvens com alto desenvolvimento vertical.

As chuvas intensas que se abateram sobre partes de Santa Catarina, especialmente no vale do rio Itajaí-Açu, no período de 20 a 24 de novembro, foram causadas pelo estabelecimento de um bloqueio atmosférico no oceano Atlântico, acompanhado por um vórtice ciclônico em altitude (entre 4000 m e 5000 m), localizado entre o leste de Santa Catarina e o leste do Paraná, que favoreceu a ascensão do ar úmido ao longo da Serra do Mar.

Segundo os especialistas, a combinação destes dois fatores favoreceu a intensificação das chuvas sobre Santa Catarina.

De acordo com a Defesa Civil de Santa Catarina, nos dias 22 e 23 de novembro choveu o equivalente à média histórica para o mês. Além disso, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia o mês de novembro registrou a maior quantidade de chuvas já registrada desde o começo da série histórica em 1961. Essas informações dimensionam a problemática das chuvas em SC.

O Centro de Operações de Defesa Civil de Santa Catarina registrou 135 mortes,

78.656 desalojados e desabrigados, dos quais 27.404 desabrigados e 51.252 desalojados, e 1,5 milhões de afetados.

O fenômeno de novembro de 2008 foi de fato um conjunto de desastres, porque além de enchentes e enxurradas, as chuvas intensas provocaram escorregamentos de encostas que, por sua vez, ocasionaram a destruição de muitas casas, edifícios, fábricas, escolas, lavouras, reflorestamentos, pastagens e estradas, e seus impactos foram os mais percebidos e os responsáveis pela maior parte das mortes.

Segundo o mesmo relatório, no dia 31 de dezembro de 2008, 32.853 pessoas estavam desalojadas e destas, 5.617 estavam desabrigadas. Até então, os deslizamentos e enxurradas haviam deixado 135 vítimas fatais. O relatório ainda reporta que haviam 63 municípios em Situação de Emergência e 14 em Estado de Calamidade Pública[3].

Além da ajuda humanitária que os municípios receberam, o governo estadual destinou, inicialmente, a importância de R$7 milhões. Soma-se a isso os recursos do Governo Federal destinou um auxilio financeiro de aproximadamente R$720 milhões de reais, além de liberar o saque do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) para as pessoas afetadas. Por sua vez, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) abriu linhas especiais de crédito para empresas situadas em áreas atingidas.

Estas foram as principais medidas de políticas públicas para a recuperação da sociedade e da economia catarinense após o desastre.

[3] Situação de Emergência e Calamidade Pública são diferentes no que diz respeito a gravidade da situação No entanto, em ambos os casos os órgãos da federação podem dispor de recursos do FUNCAP (Fundo Especial para Calamidades Públicas).

II. RELEVÂNCIA E OBJETIVOS

Os desastres ocorridos em 2008 ensejou essa pesquisa de doutoramento com o intuito de realizar o mapeamento de áreas sujeitas a riscos geológicos relacionados à movimentos de massa nas sub-bacias dos Ribeirão Máximo e Ribeirão Serafim no município de Luis Alves.

O aumento da frequência e prejuízos econômicos devido a desastres naturais dentro do quadro de queda de preços agrícolas está se tornando endêmico. Por exemplo, em 2008 o município teve perda de 90% da produção de laranja, 51% da banicultura, 90% do arroz irrigado, 100% da olericultura, 50% da palmeira real, 30% da cana de açucar, 70% da piscicultura, avicultura 90%, 50% da bovicultura de corte, e 30% da bovicultura de leite.

Esta pesquisa sugere um modelo de cálculo real dos prejuízos econômicos que pode subsidiar políticas de tomada de decisão para a criação de diferencial investimentos em infra-estrutura produtiva e social, bem como os instrumentos financeiros para reduzir vulnerabilidade atual e da economia em Luis Alves diante os desastres naturais.

A escolha desta área se deve ao fato que o município Luis Alves fazer parte de um amplo projeto de pesquisa denominado "Análise e Mapeamento das Áreas de Risco a Movimento de Massa e Inundações nos Municípios de Gaspar, Ilhota e Luís Alves (Complexo do Morro do Baú), SC". Trata-se de um projeto da FAPESC, sob coordenação do professor Dr. Édison Ramos Tomazzoli do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina, (UFSC).

Dentro dessa perspectiva, a presente pesquisa tem como **objetivo principal** identificar, analisar e mapear as áreas de risco a movimentos de massa ocorridos em 2008 no município de Luiz Alves, com a finalidade de auxiliar, orientar no emprego de medidas efetivas para a planificação, prevenção e mitigação dos desastres naturais.

Os **objetivos específicos** são:

(a) Mediante interpretação e comparação das imagens, anteriores e atuais, de estudos anteriores sobre a área, apoiadas por vistorias técnicas *in loco*, identificar o uso do solo e os fatores que contribuíram para os processos que levaram às modificações e à degradação dos meios físico, biótico e socioeconômico. A identificação de tais fatores permitirá aos Órgãos Públicos agilizar o planejamento de ações e decisões

(b) Elaborar mapas que possuem relevância à ocorrência de movimentos de massa, tais como o mapa geológico, mapa geomorfológico, mapa hipsométrico, mapa de declividade, formas de encostas, uso do solo, cobertura vegetal.

(c) Caracterizar as áreas de risco, a partir de mapeamento geológico das rochas e feições estruturais, e, a partir de mapeamento geomorfológico detalhar as formas de relevo nas áreas para caracterização dos tipos de depósitos de encostas presentes.

(d) Mapear, caracterizar e classificar os movimentos de massa ocorridos em novembro de 2008.

(e) Aplicar a metodologia **tal** para avaliação e quantificação das perdas socioeconômicas no pós-desastres 2008, com especial referência para sugerência para redução dos efeitos negativos dos movimentos de massa.

III. CONTRIBUIÇÃO

Obter uma interpretação holística da vulnerabilidade a escorregamentos usando instrumentos de Sistema Geográfico de Informação e Dados de imagens de satélites.

Identificar os indicadores de vulnerabilidade e o impacto relativo de perdas econômicas e sociais.

IV. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se na mesorregião nordeste do Estado de Santa Catarina, nos paralelos 26°50'0" W e 26°40'0"S e nos meridianos 48°40'0"S e 49°0'0"W, e compreende duas microbacias hidrográficas que compõem o alto curso do Rio Luís Alves: Ribeirão Máximo com 10 km de extensão e Ribeirão Braço Serafim com 15 km de extensão, totalizando uma área de 81 km^2 (Fig.1).

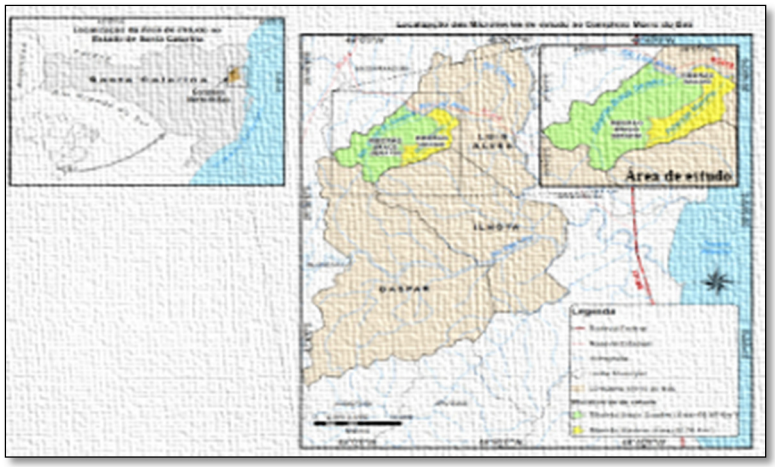


Fig. 1- Mapa de localização da área de estudo

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO DA ÁREA DE ESTUDO

CLIMA

O clima da área de estudo é do tipo Subtropical úmido com verões quentes e temperatura média anual de 20ºC e com pluviometria de 1.500mm por ano (NIMER, 1979).

As temperaturas médias anuais variam entre 18 e 20ºC, sendo a temperatura média em julho (inverno) entre 14 e 16ºC e em janeiro (verão) entre 24 e 26ºC

A distribuição da pluviosidade sazonal anual do município de Luis Alves é a máxima de 900 mm no mês de fevereiro e a mínima < 100 mm no mês de agosto.

As intensas chuvas ocorridas no Estado de SC em 2008, foram causadas pelo estabelecimento de um bloqueio atmosférico no Oceano Atlântico que atuou durante grande parte do mês de novembro, (Fig.2).

Tab.1–Tabela de precipitações (mm) dos dias 21 a 25 do mês de nov. de 2008 do município de Luis Alves, SC

Luis Alves	Preciptações (mm) (Ciram – Epagri 27/11/2008)					
	21/11/08 6ª.-feira	22/11/08 Sábado	23/11/08 Domingo	24/11/08 2ª.-feira	25/11/08 3ª.-feira	total
	131	158,6	136,2	250	17,2	695

Fonte: EPAGRI/CIRAM

GEOLOGIA

A geologia da área de estudo compreende o Complexo Luis Alves e área de Sedimentos Quaternários/Depósitos Aluvionares. O Complexo Luis Alves ocorre em quase 95% do território do município, principalmente nas áreas de morros. Trata-se de uma assembléia petrotectônica de rochas metamórficas, principalmente, da fácies granulito, composição básico-intermediária gerada no Arqueano e Proterozóico Inferior (HARTMANN, 1981).

Embora as rochas regionais predominantes sejam granulitos noríticos a enderbíticos e anfibolitos, são comuns as ocorrências de lentes de migmatitos estromáticos, gnaisses félsicos e/ou feldspáticos (rosados), quartzitos e formações ferríferas bandadas (metajaspilitos), com comprimentos desde 1 até várias centenas de metros. Conforme Basei (1985 apud HARTMANN, 1981), todas as rochas do complexo granulítico teriam idade mínima de 2,8 Ga.

O município de Luís Alves é composto pelos seguintes domínios: Pré-Cambriano, representado pelo Complexo Granulítico e pelo Grupo Itajaí e Cobertura Sedimentar Quaternária constituída pelos Sedimentos Colúvio Aluvionares.

O Complexo Granulítico é uma unidade geotectônica constituída por rochas metamórficas de alto grau e com idades radiométricas Arqueanas. O Complexo Granulítico também é conhecido como Complexo Luís Alves em outros mapeamentos da região. E o mesmo predomina em 95% do território do município, aflorando principalmente nas áreas de elevações. A denominação de complexo advém justamente por incluir diferentes tipos de litologias e por ter passado por vários ciclos de deformação ao longo do tempo geológico. Segundo Scheibe (1986), nesse tipo de domínio são encontrados vários tipos litológicos sendo predominante os gnaisses quartzo feldspáticos com teor relativamente baixo em minerais máficos.

Outras litologias comuns na área são milonito gnaisses granulíticos, gnaisses blastomiloníticos, corpos ultramáficos lenticulares, gnaisses cálcios silicatados, Kinzigitos e anortositos, quartzitos e formações ferríferas.

Próximo aos limites com os municípios de Penha e Navegantes ocorre a presença do Grupo Itajaí, que é uma unidade litoestratigráfica vulcano-sedimentar que pode ser dividida em formações superior e inferior.

GEOMORFOLOGIA

A área onde estão situadas as microbacias Ribeirão Máximo e Ribeirão Serafim corresponde à unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense que compõe o Domínio Morfoestrutural Embasamento em Estilos Complexos.

As Serras do Leste Catarinense constituem um prolongamento da Serra do Mar e compreendem feições morfológicas que ocorrem na forma de morros com topo convexo, cristas alongadas lineares com direção geral NE (nordeste), vertentes íngremes voltadas para SE (sudeste) e NW (noroeste), e leitos de drenagem sulcando vales em''V'', geralmente, encaixados nas estruturas geológicas. Essa unidade é representada tanto por rochas cristalinas, magmáticas quanto pelas metamórficas (PLANO DIRETOR LUIS ALVES, 2007).

Os compartimentos de relevo predominantes na área de estudo e no restante do município são os modelados de dissecação em morrarias e montanhas e, os depósitos sedimentares, que compõem a Unidade Geomorfológica Planície Colúvio Aluvionar.

Ocorre de forma marcante junto à planície do Rio Luis Alves, em área de ocupação urbana, as Coberturas Recentes (Quaternário - Holoceno) representadas pelos depósitos aluvionares.

SOLO

No município de Luís Alves predominam 2 tipos de solo, sendo eles:

✔Cambissolo Álico: São solos minerais não hidromórficos, caracterizados pela ocorrência de um horizonte B incipiente, definido pelo baixo gradiente textural, pela média a alta relação silte/argila ou pela presença de minerais primários de fácil decomposição. Normalmente apresentam horizontes A, B e C, contudo o B está ainda em formação e por isso é raso. Geralmente apresentam baixa fertilidade, textura frequentemente argilosa a siltosa e ocorrem em relevo forte ondulado e montanhoso (SANTA CATARINA, 1986).

✔Glei Pouco Húmico distrófico e eutrófico: Solos hidromórficos com elevado teor de matéria orgânica no horizonte superficial. São solos com horizontes pouco espessos que apresentam de média a boa fertilidade natural. Ocorrem em relevos planos e margeando os rios, nas planícies. São limitados para o uso em função da má drenagem (SANTA CATARINA, 1986).

VEGETAÇÃO

O tipo de floresta nativa que recobria o município de Luís Alves é a Mata Atlântica, sendo subdivida em Floresta Ombrófila Densa e Ombrófila Densa Sub- Montana. Essas formações florestais ocupavam praticamente todo o município e apresentam a maior diversidade vegetal das formações da Floresta Atlântica. São espécies típicas desse tipo de floresta: canela preta (Ocotea catharinensis –

Lauraceae), sapopema (Sloanea guianensis – Elaeocarpaceae), guapuruvu (Schizolobium parahyba – Caesalpiniaceae), bocuva (Virola bicuhyba –Myristicaceae), tapiá, licurana (Hyeronima alchorneoides – Euphorbiaceae), jequitibá (Cariniana estrellensis – Lecythidaceae), caoví (Pseudopiptadenia warmingii – Mimosaceae), cangerana (Cabralea canjerana), cedro (Cedrela fissilis – Meliaceae) e guaricica (Vochysia bifalcata – Vochysiaceae) (SANTA CATARINA, 1986).

Nas regiões mais baixas da bacia do Rio Luís Alves ocorre outra formação de floresta Ombrófila Densa a Floresta Submontana Aluvial (ciliar ou próxima ao corpo hídrico), com elementos florísticos mais hidrófilos. Nas regiões em que o rio perde sua energia e forma áreas de planícies mais extensas (parte mais ao Sul do município), podem aparecer algumas formações de várzeas, com seus componentes genuinamente herbáceos e arbustivos, muito adaptados às áreas úmidas (banhados, planície aluvial, etc). Boa parte da vegetação do município é secundária e existem grandes áreas ocupadas por reflorestamento de pinus e eucaliptos.

V. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A primeira etapa da pesquisa foi o referencial teórico sobre a área de estudo, seguido de levantamento de tese, dissertações e livros sobre os aspectos teóricos e conceituais de riscos, desastres e movimentos de massa.

Foi adquirida imagem do satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite), com resolução espacial de 10 metros, junto ao Laboratório de Geologia do Departamento de Geografia. As imagens dos satélites CEBERS-2B (Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), com resolução espacial de 2,5 metros com data de 19/04/2009 e LANDSAT 5, sensor TM (Thematic Mapper), com data de 19/11/2009 e resolução espacial de 30 metros foram cedidas pelo Laboratório de Geologia da Universidade Federal de Santa Catarina. Fotos aéreas do ano de 1978 com escala de 1:25.000, cedidas pela Secretária de Planejamento de Santa Catarina; imagens do ano de 2009 e 2010 do Programa *Google Earth* disponível na rede mundial de computadores. Também foram utilizadas informações contidas no relatório técnico do mapeamento elaborado pela diretoria de Geociências do IBGE em 2002, para a terceira edição do Projeto de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina, (GERCO).

Após a aquisição das fotografias aéreas fez-se um foto índice com as mesmas. Para tanto, utilizou-se o software ArcGis 10, no qual as imagens foram georreferenciadas de acordo com a base cartográfica disponível, ou seja, IBGE/EPAGRI em escala 1:50.000.

Para os trabalhos de campo realizados até o momento, foi utilizado o GPSMap765 da GARMIN, cedido pelo Laboratório de Geologia do Departamento de Geociências/UFSC.

E para registro fotográfico dos deslizamentos e características do meio físico da área de interesse foi utilizado máquina fotográfica digital.

O **mapa da base cartográfica** das Microbacias de estudo foi confeccionado no software ArcGis 10 a partir da união das cartas topográficas: Blumenau SG-22-Z-B-IV-4, Gaspar SG- 22-Z-B-V-3, Pomerode SG-22-Z-B-IV-2 e Luis Alves SG-22-Z-B-V-1, 1:50.000 IBGE,(Fig.2).

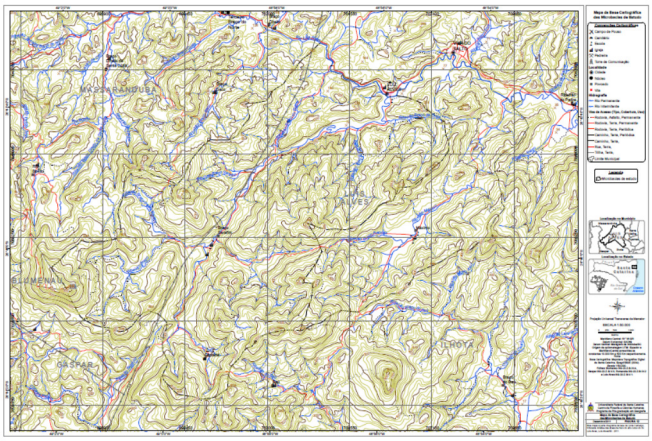


Fig.2 - Mapa base cartográfica da área de estudo. Escala 1:50,000

Para a confecção do **mapa hipsométrico**, inicialmente, com a extensão 3D Analyst, foi feito um TIN (Triangular Irregular Network) o qual foi gerado a partir das curvas de nível e pontos cotados advindos das cartas topográficas (IBGE/EPAGRI) que recobrem a área de estudo. Depois disso, fez-se a classificação do mesmo criando 9 classes espaçadas de 100 em 100 metros,(Fig.3).

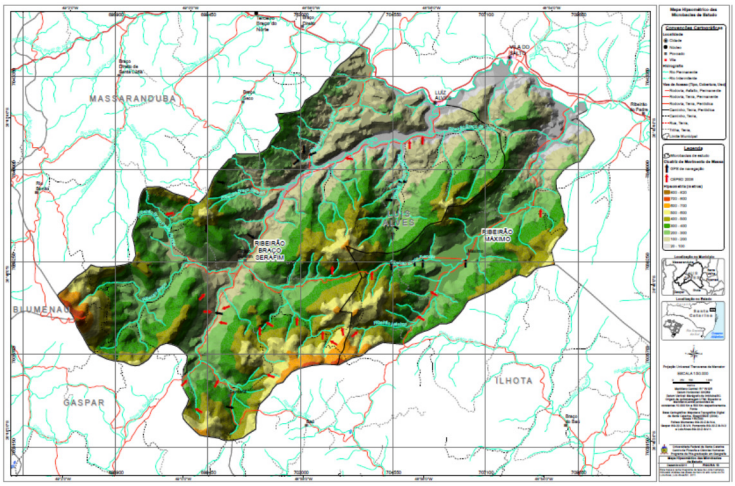


Fig.3 – Mapa hipsométrico da área de estudo. Escala 1: 50.000

Para o **mapa de formas de encosta**, através do módulo 3D Analyst, foi feito um TIN, o qual foi gerado a partir das curvas de nível e pontos cotados advindos das cartas topográficas (IBGE/EPAGRI) que recobrem a área de estudo. Depois disso, converteu-se esse TIN para um arquivo matricial, com 50 metros de resolução espacial. Com extensão Spatial Analyst e, a partir do módulo Curvature, obteve-se o mapa de formas de encosta da área de estudo com 3 tipos de formas de encosta, côncava, retilínea e convexa, (Fig.4).

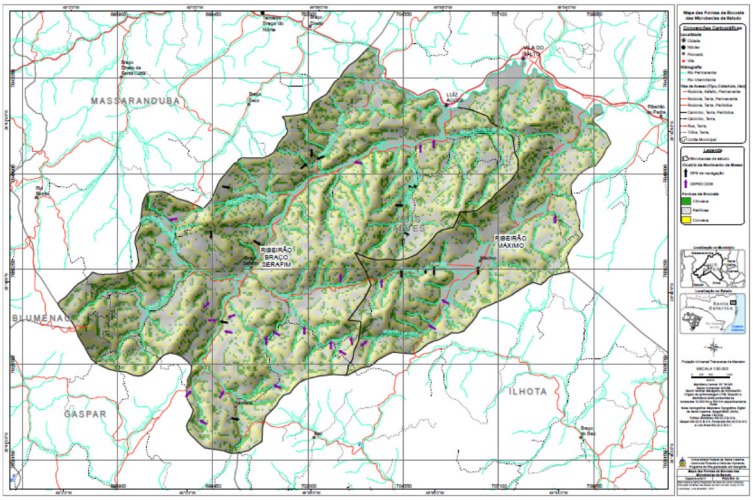


Fig.4- Mapa de Forma de Encosta. Escala 1:50.000

O **mapa geológico**, em um primeiro momento, foi elaborado a partir do mapeamento realizado por HARTMANN (1981) em escala 1:50.000. Após as coletas e análises o Laboratório de Geologia/UFSC das amostras de rochas coletadas em campo, será feito a descrição das litologias e características geológicas da área de estudo, originando o mapa geológico definitivo,(Fig.5).

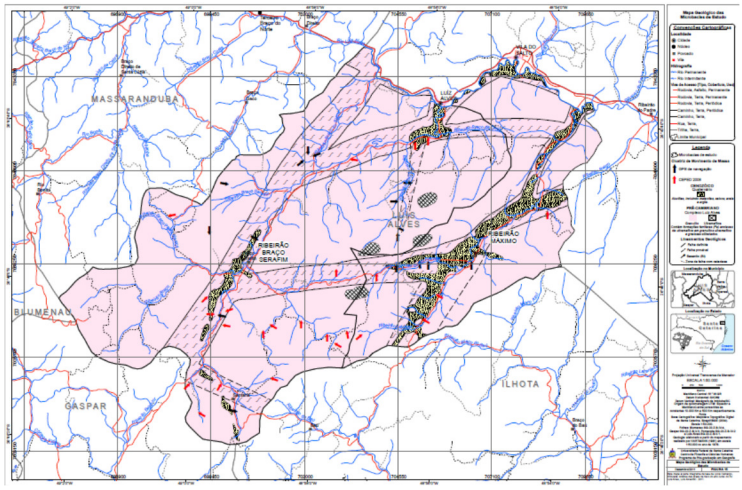


Fig.5- Mapa Geológico. Escala 1:50.000

O mapa geomorfológico foi elaborado a partir do mapeamento realizado pelo Projeto Gerenciamento Costeiro, parceria entre IBGE e Secretaria de Estado do Planejamento e da Fazenda – Cartas Itajaí SG.22-Z-B-V e Blumenau SG.22-Z-B-IV, escala 1:100.000, do ano de 2003, (Fig.6).

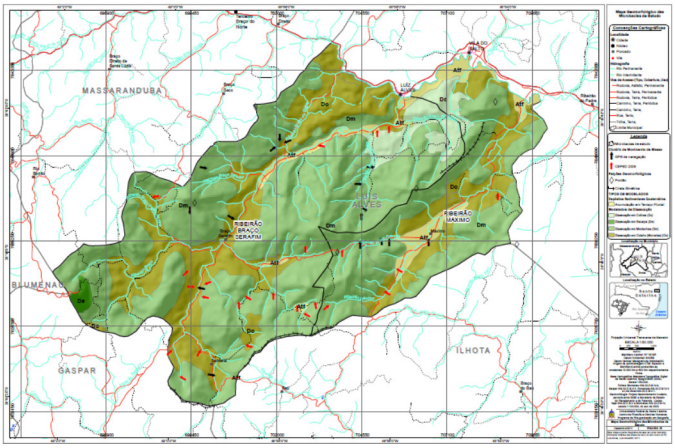


Fig.6- Mapa Geomorfológico. Escala: 1:50.000

O **mapa clinográfico** (curvas de nível) foi elaborado a partir das cartas topográficas (IBGE/EPAGRI), cuja escala 1:50.000. Inicialmente, com a extensão *3D Analyst*, foi feito um TIN, o qual foi gerado a partir das curvas de nível e pontos cotados advindos da base topográfica desta pesquisa. Depois disso, converteu-se esse TIN para um arquivo matricial, com 50 metros de resolução espacial. Após essa etapa com a ferramenta *Slope* da extensão *Spatial Analyst* fez-se o mapa de declividade (em graus), (Fig.7).

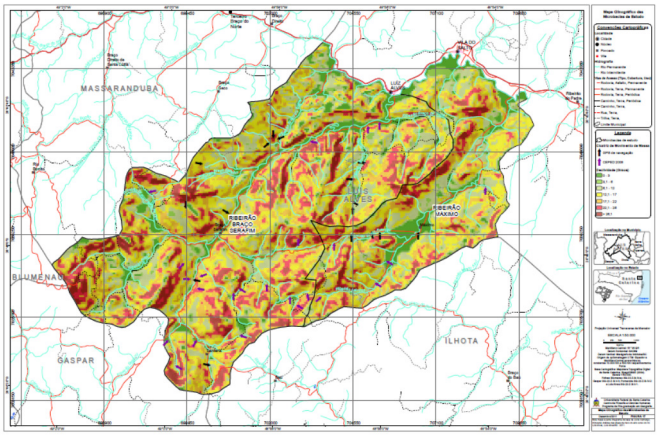


Fig.7- Mapa Clinográfico Escala 1:50.000

Mapa do Uso do Solo (preliminar) **f**oi confeccionado a partir da interpretação de imagens de satélite extraídas do programa Google Earth Pro de anos variados (2005 e 2009). As imagens foram extraídas do Google Earth Pro com altitude de 4,33 km em escala 1:1.000. Após essa etapa elas foram juntadas formando um mosaico. Depois, no programa *ArcGis 10* através da ferramenta *Georreferencing*, o mapa foi georreferenciado, tendo como base o mapa topográficas em escala 1:50.000. Feito isso, fez-se a interpretação da mesma através da vetorização (polígonos). Como suporte para identificação das classes mapeadas fez-se trabalho de campo para garantir a veracidade das informações, (Fig.8).

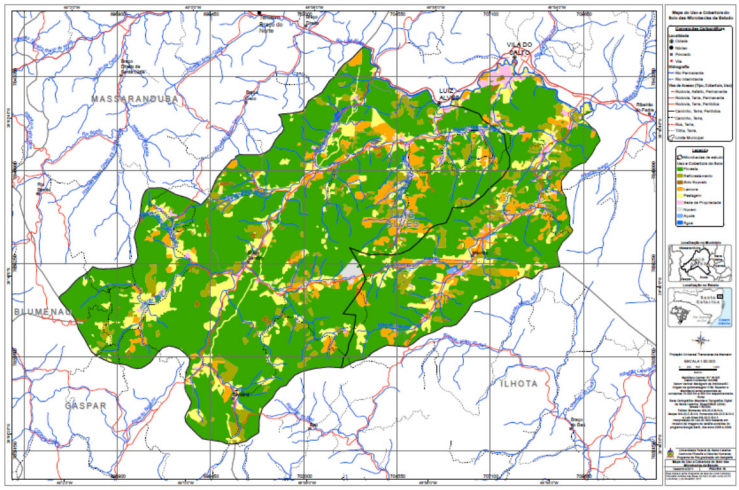


Fig.8-Mapa de Uso do Solo. Escala 1:50.000

A concepção do modelo fenomenológico - esta fase consistiu na identificação dos diversos tipos, causas e mecanismos de movimento de massas em encostas, a partir de análise das principais características físicas da região (solo, rocha e relevo).

As saídas de campo, até o momento, tiveram como prioridades, o levantamento de pontos com GPS de navegação foi utilizado para fins da localização espacial dos escorregamentos de massa e para mapeamento com maior acurácia das cicatrizes de movimentos de massa; a observação dos aspectos geológicos, geomorfológicos e uso do solo da área. Traçar perfis e coletar amostras de solo e rochas. As saídas de campo, têm ainda, o objetivo de tirar dúvidas quanto `as interpretações de fotos aéreas e imagens de satélites. Foram feitas viagens à Prefeitura de Luis Alves, na EPAGRI, CREDIALVES, e nas Associações dos produtores de banana e de cana-de açucar, para coleta de dados sobre o cadastramento das famílias em áreas de risco como também de seus bens; e atingidos pelos deslizamentos de terra de 2008, como empréstimos cedidos para os atingidos.

Após um desastre natural é preciso avaliar o quanto foi perdido para começar a recuperar as áreas atingidas. Para este fim, esta pesquisa aplicara a metodologia DaLA - The Damage, Loss and Needs Assessment (Avaliação de estragos, perdas e bens) que foi criada nos anos 70 para avaliar o impacto econômico de desastres e hoje é a principal ferramenta para a análise de perda e investimento para reconstrução. Cabe ressaltar que tal metodologia no Brasil está sendo aplicada pela primeira vez na cidade de São Luiz de Paraitinga como projeto-piloto. E pretendemos nesta tese de doutorado diligenciar pela primeira vez a metodologia DaLA no município de Luis Alves.

Os dados coletados na Prefeitura foram sobre, o quanto a Prefeitura gastou em obras, quais obras, como também, quanto o município arrecadou e o PIB do ano de 2008. Estes dados são relevantes para os cálculos dos danos econômicos do município que serão feitos através da metodologia DaLA. Entre outros resultados importantes, a metodologia DaLA proporciona os meios para determinar o valor de perda dos ativos, bem como permite a identificação das áreas geográficas e sectores dos mais afectados, juntamente como prioridades de reconstrução.

Outra atividade de campo que está em andamento é o reconhecimento do local dos deslizamentos e registrando as coordenadas em UTM; entrevista com os donos das áreas atingidas para coletar o que perderam, e o número de óbitos. Nesta atividade também está sendo coletado amostras de rocha e solo.

As amostras de solo estão sendo coletadas nos setores baixo, médio e alto das encostas (paredes de ruptura) das cicatrizes dos deslizamentos. Este procedimento nos permite caracterizar o tipo de material, sua composição, propriedade e origem que constitui o manto de intemperismo. A análise granulométrica será realizada por metodos padrões, ou seja, pelo ensaio de granulometria por peneiramento e de pipetagem.

A pesquisa em campo tem, também, como objetivo a observação e identificação "in loco" de indícios ou feições de instabilidade, tanto naturais como antrópicos.

Alguns exemplos de coleta de solo em deslizamentos no Ribeirão Braço Serafim e Ribeirão Máximo:

A) Neste deslizamento constatou-se que, em 2008 ocorreu uma reativação de um antigo escorregamento. Este deslizamento localiza-se em Ribeirão do Bugre; coordenadas geográficas 26° 43'19"S, 48°56'52"W. A superfície do deslizamento foi solo-solo, (Fig.9a e 9b).

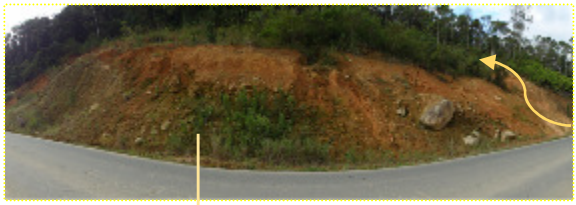


Fig. 9a- Deslizamento de talude de corte de estrada.

Fig.9b - perfil de encosta do alto curso do Ribeirão Braço Serafim.
Neste corte de talude foram coletadas 4 amostras de solo.