

Daniel Galvão Veronez Parizoto

**CONTRIBUIÇÃO DOS DIFERENTES FATORES AOS
PROCESSOS DE DESLIZAMENTO E A INFLUÊNCIA
ANTRÓPICA NO NÍVEL DE DANOS DO DESASTRE DE 2008:
O CASO DO COMPLEXO DO
MORRO DO BAÚ – ILHOTA/SC**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de Concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais. Processos Geológicos e Geomorfológicos.

Orientador: Dr. Edison Ramos Tomazzoli

Florianópolis, 2014

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

Parizoto, Daniel Galvão Veronez
Contribuições dos diferentes fatores aos processos de
deslizamentos e a influência antrópica no nível de danos do
desastre de 2008 : o caso do Complexo do Morro do Baú ?
Ilhota/SC / Daniel Galvão Veronez Parizoto ; orientador,
Dr. Edison Ramos Tomazzoli - Florianópolis, SC, 2014.
304 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa
de Pós-Graduação em Geografia.

Inclui referências

1. Geografia. 2. Desastres Naturais. 3. Deslizamento.
4. Mapeamento Geológico e Geotécnico. 5. Análise de
Suscetibilidade. I. Tomazzoli, Dr. Edison Ramos. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Geografia. III. Título.

Daniel Galvão Veronez Parizoto

Contribuição dos diferentes fatores aos processos de deslizamento e a influência antrópica no nível de danos do desastre de 2008: o caso do complexo do Morro do Baú - Ilhota, SC

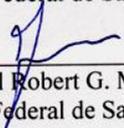
Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutor em Geografia”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Geografia.

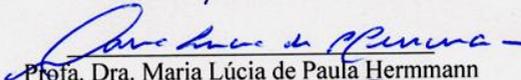
Florianópolis, 29 de maio de 2014.

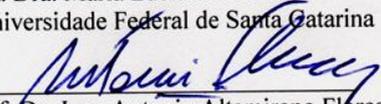
Prof. Dr. Márcio Rogério Silveira
Coordenador do PPGG/UFSC

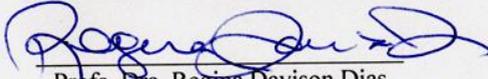
Banca Examinadora:

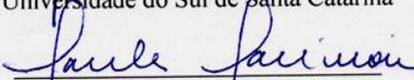

Prof. Dr. Edison Tamos Tomazzoli
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. Dr. Joel Robert G. M. Pellerin
Universidade Federal de Santa Catarina


Profª. Dra. Maria Lúcia de Paula Hermmann
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. Dr. Juan Antonio Altamirano Flores
Universidade Federal de Santa Catarina


Profª. Dra. Regina Davison Dias
Universidade do Sul de Santa Catarina


Profª. Dra. Maria Paula Casagrande Marimon
Universidade do Estado de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Ao professor da UFSC, meu orientador Edison Ramos Tomazzoli, pelo compreensivo apoio e pela orientação consistente e dedicada. Pelos ensinamentos e pelas oportunidades em participação nos projetos de pesquisa na área do meu tema de trabalho, mas principalmente pelo exemplo de didática, caráter e retidão com as coisas da profissão.

Ao professor da UFSC Joel Pellerin, ídolo confesso, pelo exemplo e pela inspiração através da sua competência e energia inabalável;

A professora Maria Lúcia, por me aceitar como orientando no processo de seleção, no momento anterior e iminente da sua aposentadoria e por todas as muitas oportunidades decorrentes, principalmente pela participação no Atlas de Desastres Naturais de Santa Catarina e pelo estágio de doutorado no exterior.

Aos professores Juan Flores e Rosemy, coordenadores da graduação no momento que fui professor do departamento, especialmente ao professor Juan pelo apoio e pelas oportunidades de participação em importantes projetos na minha área de trabalho;

Ao professor Marcelo Accioly, pela defesa em garantir a oportunidade a mim, e conseqüentemente aos meus posteriores colegas, de podermos assumir a função de professor auxiliar do departamento durante o período da execução da pós-graduação;

Ao professor da UC, meu “coorientador no exterior” Antonio Cendrero e sua equipe, professores Juan Remondo e Jaime Bonachea, pela ciência e principalmente pela amizade; Também aos demais professores do CITIMAC-UC, Viola Brush, Alberto e especialmente ao professor José Ramón pela amizade e companhia no momento mais certo e necessário;

Aos professores Regina Davidson pela orientação, trabalhos geotécnicos e pelo apoio muitas vezes maternal e Murilo

Espíndola pelos trabalhos com as amostras no Laboratório de Solos;

Aos professores Maria Paula, da UDESC, pela oportunidade da especialização em gestão de risco de desastres e Rafael Higashi pela oportunidade de trabalho no LabGrid.

As secretárias Helena e Renata, da UFSC e Rosa da UC, pela amizade, pelo profissionalismo e pronto atendimento;

Aos amigos Orlando, Mônica e Cícero, pelo apoio e prestatividade em momentos importantes da tese;

A Rodolpho e principalmente a Nieves, por existirem;

Aos amigos, Fred, Lidiane, Gustavo, Malú, Giovana, Junior, Monike, Lu Renata, Victor, Carmen, Emma, Maria Jesus e Damaris e Carolina, pela mão estendida e o ombro amigo em momentos importantes da vida;

Aos demais professores do PPGG;

Aos meus pais, Argemiro e Ruth.

PREFÁCIO

A pesquisa de ontem e a de hoje

A Navalha de Ockham é um princípio lógico atribuído ao frade franciscano inglês do séc. XIV William de Ockham. Originalmente um princípio da Filosofia Reducionista, é hoje tido como uma das máximas heurísticas que aconselham economia e simplicidade, especialmente nas teorias científicas. O princípio afirma que a explicação para qualquer fenômeno deve assumir apenas as premissas estritamente necessárias à explicação do fenômeno e eliminar todas as que não causariam qualquer diferença aparente nas predições da hipótese ou teoria. O princípio é frequentemente designado pela expressão latina "Lex Parsimoniae" (Lei da Parsimônia). O princípio recomenda assim que se escolha a teoria explicativa que implique o menor número de premissas assumidas e o menor número de entidades: "entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem" (as entidades não devem ser multiplicadas além da necessidade). Esta formulação é finalmente entendida como: - Se em tudo o mais forem idênticas as várias explicações de um fenômeno, a mais simples é a melhor.

A Teoria da Complexidade trata de uma visão interdisciplinar acerca dos sistemas complexos adaptativos, do comportamento dos sistemas distanciados do equilíbrio termodinâmico e das suas faculdades de auto-organização. A complexidade e suas implicações são as bases do denominado pensamento complexo que vê o mundo como um todo indissociável e propõe uma abordagem multidisciplinar, transdisciplinar e multirreferenciada para a construção do conhecimento. A principal proposta desta teoria é uma nova forma de abordagem dos fenômenos e a mudança de paradigma, abandonando o reducionismo e a causalidade linear que tem pautado a investigação científica em todos os campos, dando lugar à criatividade, a totalidade orgânica dos fenômenos e ao caos.

PARIZOTO, Daniel Galvão Veronez. **Contribuição dos diferentes fatores aos processos de deslizamento e a influência antrópica no nível de danos do desastre de 2008: o caso do Complexo do Morro do Baú – Ilhota/SC.** 2014. Tese. (Doutorado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014.

RESUMO

No final de novembro de 2008, no estado de Santa Catarina, chuvas excepcionais desencadearam um grande número de movimentos de massa que afetaram áreas urbanas e rurais. Na ocasião um terço do território catarinense foi atingido pelas chuvas. Dados dos relatórios de Avaliação de Danos apontaram que as chuvas atingiram cerca de 1,5 milhão de pessoas e deixaram 107,6 mil desalojados e 36,5 mil desabrigados e 135 mortos, sendo 97% deles por soterramento. Por essa razão, a questão central deste trabalho é compreender, sob a ótica filosófica do pensamento complexo, qual a relação entre o evento extremo de 2008 e os elementos físicos e humanos que possam ter contribuído para a magnitude desse desastre. Para conhecer as relações humanas e o desastre foi aplicado o método da Grounded Theory, que resultou em vinte e sete depoimentos, três categorias de análise e uma teoria central. Para a compreensão dos processos físicos, foi realizado o mapeamento geológico e geotécnico da área, que apontou a predominância de deslizamentos nos Neossolos Litólicos e Podzólicos Vermelho-Amarelo, respectivamente sobre as unidades geológicas da Formação Gaspar e do Complexo Luiz Alves. Os dados geotécnicos foram aplicados ao modelo de Bishop para a determinação da estabilidade das encostas. Finalmente para a determinação de suscetibilidade à deslizamentos na área de estudo, foi construído e validado uma ferramenta de análise probabilística baseadas em duas equações: a de Certainty Factor e Bayes' Theorem. Os dados de entrada foram o inventário dos 268 deslizamentos ocorridos

nos 48,14km² da microbacia e os layers de geologia, solos, altimetria, declividade, orientação das vertentes e distância dos rios e estradas. Os resultados foram duas Cartas de Suscetibilidade que, baseadas nos deslizamentos ocorridos no passado recente e nos valores de favorabilidade dos elementos condicionantes, apresentam uma previsão espacial para a ocorrência de deslizamentos no futuro.

Palavras-chave: Desastres Naturais; Deslizamento; Mapeamento Geológico e Geotécnico; Análise de Suscetibilidade.

PARIZOTO, Daniel Galvão Veronez. ***Contribución de distintos factores a los procesos de deslizamientos de tierra y la influencia antropogénicas en el nivel de daño del desastre de 2008: el caso del Complejo del “Morro do Baú” – Ilhota/SC.*** 2014. Tesis Doctoral. (Doctorado en Geografía) Programa de Pos-grado en Geografía de la Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

RESUMEN

A finales de noviembre de 2008, el estado de Santa Catarina, las lluvias excepcionales provocaron un gran número de movimientos de masas que afectaron a las zonas urbanas y rurales. En la ocasión un tercio de Santa Catarina sufrió por la lluvia. Datos del AVADAN'S mostraron que la lluvia provocó daños a 1,5 millones de personas y dejó a 107.600 personas que perdieron sus hogares y 36 500 personas que tuvieron que abandonar sus hogares y 135 muertos, donde 97% de ellos murieron enterradas. Por lo tanto la cuestión central de este trabajo es entender, en la perspectiva filosófica del pensamiento complejo, ¿cuál es la relación entre el evento extremo de 2008 y los elementos físicos y humanos que pueden haber contribuido a la magnitud de este desastre. Para hacer frente a las relaciones humanas con el gran desastre se aplicó el método de la Teoría Fundamentada em Datos, que resultó en veintisiete entrevistas, tres categorías de análisis y una teoría central. Para la comprensión de los procesos físicos, se llevó a cabo el mapeo geológico y geotécnico de la zona, que mostró el predominio de los deslizamientos de tierra en los suelos “*Neossolos Litólicos*” y “*Podzólicos Vermelho-Amarelos*”, respectivamente, hasta las unidades geológicas de “*Formação Gaspar*” y el “*Complejo Luiz Alves*”. Los datos geotécnicos fueron aplicados al modelo del Bishop para determinar la estabilidad de los taludes. Finalmente, para la determinación de la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra en la zona de estudio fue construido y validado un herramienta de análisis probabilística basado en las ecuaciones de Factor Certeza y del Teorema de Bayes. Los datos de

entrada son, el inventario de 268 deslizamientos de tierra ocurridos en los 48,14 km² de la cuenca y las capas de la geología, los suelos, las altitudes, las pendientes, la orientación de las laderas y la distancia de ríos y carreteras. Los resultados fueron dos Cartas Susceptibilidad. Estas cartas permiten, a través de los deslizamientos de tierra en el pasado reciente y los valores de favorabilidad de los elementos condicionantes, hacer una predicción espacial para los acontecimientos de deslizamientos de tierra en el futuro.

Palabras clave: Desastres Naturales; Deslizamiento de tierra; Mapeo Geológico y Geotécnico; Análisis de Susceptibilidad.

PARIZOTO, Daniel Galvão Veronez. ***Contribution of different factors to the processes of landslide and anthropogenic influences on the level of damage from the disaster of 2008: the case of the Complexo do Morro do Baú – Ilhota/SC.*** 2014. Theisi. (Phd in Geografy) Graduate program in Geography at the Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014.

ABSTRACT

Exceptional rains in the state of Santa Catarina in late November 2008 triggered a large number of mass movements that affected urban and rural areas. On that occasion a third of Santa Catarina was hit by rain. Data from Damage Assessment reports showed that rainfall hit 1.5 million people and left 107,600 dislodged, 36,500 homeless and 135 dead, 97% of them for burial. Therefore, the central question of this work is to understand, under the philosophical perspective of complex thinking, what is the relationship between the extreme event of 2008 and the physical and human elements that may have contributed to the magnitude of this disaster. To learn the human relationships to the disaster, we applied the method of Grounded Theory, which has resulted in twenty-seventh testimonials, three categories of analysis and a central theory. For the understanding of the physical processes, a geological and geotechnical mapping of the area has been performed, which showed the predominance of landslides in the “*Neossolos Litólicos*” and “*Podzólicos Vermelho-Amarelo*”, respectively on the geological units of “*Formação Gaspar*” and “*Complexo Luiz Alves*”. The geotechnical data were applied to Bishop’s model to determine the slope stability. Finally, for the determination of susceptibility to landslides in the study area, we built and validated of a tool for probabilistic analysis based in Certainty Factor and Bayes’ Theorem. The data and input were the inventory of 268 landslides occurred in the watershed’s 48.14 km², and the layers of geology, soils, altitude, declivity, slope orientation and distance from rivers and roads. The results were two Maps of Susceptibility that, based on landslides from the recent past, and

on the favorability values of the conditioning elements, present a spatial prediction for occurrence of landslides in the future.

Palavras-chave: Natural Disasters; Landslide; Geological Mapping and Geotechnical; Analysis of Susceptibility.

LISTA DE SIGLAS

AVADAN - Relatório de Avaliação de Danos.

CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina S/A

CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres

CF - *Certainty Factor*

CIRAM - Centro de Informação de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia

CRED - Center for Research on the Epidemiology of Disasters.

EM-DAT - Emergency Events DataBase.

FAPESC - Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina.

FF – Função de Favorabilidade

FS – Fator de Segurança

SDS - Secretaria do Desenvolvimento Sustentável.

SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

TFD - Teoria Fundamentada em Dados

UNDRO - Agência de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres.

UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE QUADROS.....	ii
ÍNDICE DE TABELAS.....	iii
INTRODUÇÃO.....	41
1 – OS DESASTRES NATURAIS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FORMAS DE ABORDAGEM.....	49
1.1 OS DESASTRES NATURAIS NO MUNDO.....	49
1.2 OS DESASTRES NATURAIS NO BRASIL.....	57
1.3 A COMPREENSÃO DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS PARA AS PESQUISAS EM DESASTRES NATURAIS.....	60
1.4 A ABORDAGEM DA ONU.....	64
1.5 A NOÇÃO DE EQUILÍBRIO SISTÊMICO NAS GEOCIÊNCIAS.....	64
1.6 O REFERENCIAL TEÓRICO ATRAVÉS DO PENSAMENTO COMPLEXO.....	67
1.7 ASPECTOS PRÁTICOS E ÉTICOS ENVOLVIDOS NA PESQUISA.....	69
2 – O EVENTO EXTREMO DE 2008.....	75
2.1 OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS RESPONSÁVEIS PELO EVENTO EXTREMO DE 2008.....	75
2.2 O EXCEPCIONALISMO PLUVIOMÉTRICO DO EVENTO.....	77
2.3 A EXTENSÃO DO EVENTO.....	92
2.4 OS DANOS CAUSADOS PELO EVENTO.....	97

3 –	CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO.....	101
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO.....	101
3.2	ASPECTOS FÍSICOS DA REGIÃO.....	102
3.3	EVOLUÇÃO SÓCIOESPACIAL.....	113
4 –	A PERCEÇÃO DO PERIGO COMO FATOR DE VULNERABILIDADE.....	127
4.1	OS MÉTODOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DE PESQUISA.....	127
4.2	A TEORIA FUNDAMENTADA EM DADOS.....	129
4.3	MATERIAIS.....	131
4.4	MÉTODO E TÉCNICAS DA APLICAÇÃO DA TFD.....	132
	4.4.1 A Amostragem Teórica.....	132
	4.4.2 Análise e codificação dos dados e a organização de memorandos.....	138
	4.4.3 Os critérios de validação e as limitações do método.....	139
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DA TFD.....	140
	4.5.1 A construção da Teoria.....	142
	4.5.2 Considerações sobre o trabalho com a TFD.....	152
5 –	O MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO.....	157
5.1	MATERIAIS.....	157
5.2	MÉTODO E TÉCNICAS DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS.....	160
	5.2.1 A produção do material prévio para os trabalhos de campo.....	160
	5.2.2 A Carta de cicatrizes.....	162
	5.2.3 As atividades de campo.....	163

	5.2.4	Procedimentos laboratoriais dos trabalhos geológicos.....	169
		5.2.4.1 Caracterização petrográfica.....	169
		5.2.4.2 Análises granulométricas.....	169
5.3		RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS.....	171
	5.3.1	A Carta de Cicatrizes.....	171
	5.3.2	As análises laboratoriais.....	173
		5.3.2.1 Caracterização petrográfica.....	173
		5.3.2.2 Análises granulométricas.....	176
	5.3.3	A Carta Geológica.....	182
	5.3.4	Considerações sobre os trabalhos geológicos.....	185
5.4		MÉTODOS E TÉCNICAS DOS TRABALHOS GEOTÉCNICOS.....	187
	5.4.1	As atividades de campo.....	187
	5.4.2	Os ensaios geotécnicos.....	189
		5.4.2.1 Granulometria.....	190
		5.4.2.2 Resistência ao cisalhamento.....	190
		5.4.2.3 Adensamento.....	191
		5.4.2.4 Compactação.....	192
		5.4.2.5 Limite de liquidez e limite de plasticidade.....	192
	5.4.3	A produção cartográfica.....	194
	5.4.4	Estabilidade de encosta.....	198
5.5		RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS TRABALHOS GEOTÉCNICOS.....	199
	5.5.1	As análises laboratoriais.....	199
		5.5.1.1 Granulometria.....	199
		5.5.1.2 Resistência ao cisalhamento.....	203

	5.5.1.3	Adensamento, Compactação, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade.....	207
	5.5.2	A carta Geotécnica.....	209
	5.5.3	A determinação dos limites de segurança das encostas.....	213
	5.5.4	Considerações sobre os trabalhos geotécnicos.....	220
6 –		METODOLOGIA PROBABILÍSTICA DE ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE.....	225
6.1		MATERIAIS.....	225
6.2		MÉTODOS E TÉCNICAS DA ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE.....	226
	6.2.1	O inventário dos deslizamentos.....	229
	6.2.2	A seleção dos elementos condicionantes.....	229
	6.2.3	A análise de suscetibilidade.....	231
	6.2.3.1	Modelagem da suscetibilidade mediante a densidade espacial...	233
	6.2.3.2	Modelagem da suscetibilidade mediante métodos estatísticos....	233
	6.2.4	A técnica de validação.....	235
6.3		RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	237
	6.3.1	Resultados de tarefas pré-análises.....	237
	6.3.1.1	Modelo Digital de Elevação.....	237
	6.3.1.2	A Carta de Cicatrizes.....	238
	6.3.1.3	A Carta de Uso do Solo.....	239
	6.3.2	Análise visual da distribuição espacial e densidade dos pontos.....	241
	6.3.3	A relação dos deslizamentos com os elementos condicionantes.....	243
	6.3.3.1	Geologia e solos.....	248

6.3.3.2	A Altitude.....	251
6.3.3.3	Declividade.....	252
6.3.3.4	Orientação de vertentes.....	255
6.3.3.5	Distância das estradas e dos rios.....	257
6.3.4	A Suscetibilidade mediante métodos estatísticos (FF).....	259
6.3.5	A validação dos dados.....	267
7 –	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	271
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	279
	ANEXOS.....	303

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 –	Registro mundial de Desastres Naturais entre 1900 e 2010, banco de dados do CRED International Disaster Database....	50
Figura 2 –	Registro mundial de mortes ocasionadas por Desastres Naturais entre 1900 e 2010, banco de dados do CRED International Disaster Database.....	51
Figura 3 –	Registro mundial de danos (prejuízos financeiros) ocasionados por Desastres Naturais entre 1900 e 2010, banco de dados do CRED International Disaster Database.....	52
Figura 4 –	Registro mundial de danos (prejuízos financeiros) ocasionados por Desastres Naturais entre 1975 e 2010, banco de dados do CRED International Disaster Database.....	53
Figura 5 –	Desastres Naturais mundiais registrados no OFDA/CRED International Disaster Database.....	57
Figura 6 –	Os 11 países com o maior número de desastres naturais registrados no CRED entre os anos de 1900 a 2010.....	58
Figura 7 –	Imagem da Epagri/Ciram, destacando as áreas de alta e baixa pressão no dia 22 de nov. de 2008 no litoral de SC.....	77
Figura 8 –	Gráfico da distribuição e valores das chuvas acumuladas no estado de SC.....	78
Figura 9 –	Valores diários de chuva entre os dias 21 e 25/11 em alguns municípios de SC.....	79
Figura 10 –	Valores acumulados de chuva no mês de novembro de 2008.....	80

Figura 11 –	Localização das estações em relação a microbacia do Ribeirão do Braço do Baú.	82
Figura 12 –	Período de Retorno para as chuvas registradas em cada estação.....	82
Figura 13 –	Período de Retorno para as chuvas registradas em cada estação.....	83
Figura 14 –	Período de Retorno para as chuvas registradas em cada estação.....	83
Figura 15 –	Período de Retorno para as chuvas registradas em cada estação.....	84
Figura 16 –	Valores de chuvas diárias da estação Itoupava Central, localizada em Blumenau, no ano de 2008.....	85
Figura 17 –	Valores de chuvas mensais da estação Itoupava Central, localizada em Blumenau, no ano de 2008.....	85
Figura 18 –	Valores de chuvas diárias da estação Brusque, no ano de 2008.....	86
Figura 19 –	Valores de chuvas mensais da estação Brusque, no ano de 2008.....	86
Figura 20 –	Valores de chuvas diárias da estação Pomerode, no ano de 2008.....	87
Figura 21 –	Valores de chuvas mensais da estação Pomerode, no ano de 2008.....	87
Figura 22 –	Valores de chuvas diárias da estação Timbó Novo, no ano de 2008.....	88
Figura 23 –	Valores de chuvas mensais da estação Timbó Novo, no ano de 2008.....	88
Figura 24 –	Valores de chuvas diárias da estação Blumenau, no ano de 2008.....	89
Figura 25 –	Valores de chuvas mensais da estação Blumenau, no ano de 2008.....	89

Figura 26 –	Valores médios e valores de 2008 da estação Itoupava Central.....	90
Figura 27 –	Valores médios e valores de 2008 da estação Brusque.....	90
Figura 28 –	Valores médios e valores de 2008 da estação Timbó Novo.....	91
Figura 29 –	Valores médios e valores de 2008 da estação Blumenau.....	91
Figura 30 –	Vista aérea das cheias no Vale do Itajaí.....	93
Figura 31 –	Queda de barreira na BR-101.....	93
Figura 32 –	Desabamentos na rua Hermann Huscher/Blumenau.....	93
Figura 33 –	Alagamento e escorregamentos no Alto Baú.....	93
Figura 34 –	Cicatrizes no entorno do Morro do Baú....	95
Figura 35 –	Grande deslizamento no Braço do Baú....	95
Figura 36 –	Deslizamento no Alto Baú.....	95
Figura 37 –	Rizicultura atingida pela lama no Baú de Baixo.....	95
Figura 38 –	Blocos rolados no Baú Central.....	95
Figura 39 –	Casa atingida no Baixo Baú. Foto: Itamauro.....	95
Figura 40 –	Identificação da área de estudo: microbacia do Ribeirão Braço do Baú.....	102
Figura 41 –	Carta prévia da Geologia da microbacia do Ribeirão do Baú.....	105
Figura 42 –	Carta prévia dos solos da microbacia do Ribeirão do Baú.....	106

Figura 43 –	Carta prévia da rede de drenagem com os principais cursos d'água da microbacia do Ribeirão do Baú e a altitude das nascentes.....	76
Figura 44 –	Aspecto da vegetação no Morro do Baú..	112
Figura 45 –	Floresta Ombrófila Densa.....	112
Figura 46 –	A palmeira Euterpe edulis Martius.....	112
Figura 47 –	Extensas plantações de banana.....	112
Figura 48 –	Primeiros colonos belgas.....	116
Figura 49 –	Grupo de homens da colônia.....	116
Figura 50 –	Exploração da madeira no Complexo. Ao fundo vê-se o Morro do Baú.....	116
Figura 51 –	Engenho de Roda D'água no Braço do Baú.....	116
Figura 52 –	Alambique no Máximo, próximo ao Alto Baú.....	117
Figura 53 –	Tinas de aguardente.....	117
Figura 54 –	Madeireira no Ribeirão Braço do Baú.....	117
Figura 55 –	Madeira do estado Paraná processada no Baú.....	117
Figura 56 –	As confecções em Ilhota.....	119
Figura 57 –	As confecções: moda praia e lingerie.....	119
Figura 58 –	O cultivo de hortaliças no Braço do Baú...	119
Figura 59 –	As plantações de banana com eucaliptos ao fundo.....	119
Figura 60 –	Área queimada e desmatada no Braço do Baú.....	121
Figura 61 –	Área queimada e desmatada no Braço do Baú.....	121

Figura 62 –	Extração de madeira nativa.....	121
Figura 63 –	Carvoaria instalada no Braço do Baú, fazendo uso de madeira nativa.....	121
Figura 64 –	Caminhos abertos em meio a vegetação nativa.....	122
Figura 65 –	Caminhos abertos em área de forte declive.....	122
Figura 66 –	Corte em área de declive para abertura de caminhos.....	122
Figura 67 –	Imagem da rede de caminhos com sobreposição da delimitação das cicatrizes.....	122
Figura 68 –	Corte feito na vertente próximo a residência.....	123
Figura 69 –	– Construção recente no Braço do Baú feita sob o sistema de corte e aterro.....	123
Figura 70 –	Folha de transcrição dos relatos já com a organização dos códigos substantivos. Nomes foram intencionalmente suprimidos.....	137
Figura 71 –	Processo de formulação da teoria pelas codificações empregadas na TFD.....	138
Figura 72 –	Anaglifo da imagem ASTER, multiespectral, com resolução espacial de 15m.....	161
Figura 73 –	Anaglifo de fotografias aéreas, composição infravermelho e resolução espacial de 1m.....	161
Figura 74 –	Cicatrizes e fluxos mapeados no Auto CadMap 3D.....	162
Figura 75–	Cicatriz delimitada sobre a imagem do aerolevanteamento de 2011.....	162

Figura 76–	Cicatriz delimitada sobre a imagem CBERS.....	162
Figura 77–	Exportação da cicatriz para o aplicativo Google Earth.....	162
Figura 78–	Identificação de veios de quartzo.....	164
Figura 79–	Cicatriz com matacões residuais.....	164
Figura 80–	Medições de inclinação das camadas.....	164
Figura 81 –	Gnaisse Granulítico com plano de fratura N40°.....	164
Figura 82 –	Identificação de veio de mica.....	164
Figura 83 –	Coleta de amostra de solo para laminação.....	164
Figura 84 –	Carta de pontos de interesse, marcados com GPS.....	165
Figura 85 –	Carta de Cicatrizes dos deslizamentos na microbacia do Ribeirão Braço do Baú.	172
Figura 86 –	Hornblenda gnaisse com enclaves máficos.....	175
Figura 87 –	Detalhe dos enclaves máficos.....	175
Figura 88 –	Hornblenda gnaisse bandado.....	175
Figura 89 –	Formação ferrífera bandada.....	175
Figura 90 –	Diagrama de Shepard para solos de alteração de rochas gnáissicas.....	180
Figura 91 –	Diagrama de Shepard para solos de alteração de rocha arenítica arcoseana...	181
Figura 92 –	Diagrama de Shepard para solos de alteração de gabro.....	181
Figura 93 –	Diagrama de Shepard para solos de alteração de piroxenito.....	182

Figura 94 –	Carta Geológica da microbacia do Ribeirão Braço do Baú.....	183
Figura 95 –	Visão geral do talude formado pelo deslizamento.....	188
Figura 96 –	Bloco sendo esculpido no horizonte c.....	188
Figura 97 –	Detalhe das estruturas preservadas.....	189
Figura 98 –	Bloco enfaixado e a caixa de transporte.....	189
Figura 99 –	Retirada de corpo de prova do bloco indeformado.....	191
Figura 100 –	Equipamento deformação controlada.....	191
Figura 101 –	Série de amostras cisalhadas.....	191
Figura 102 –	Detalhe das amostras cisalhadas.....	191
Figura 103 –	Preparação da amostra para o ensaio do Limite de Liquidez.....	193
Figura 104 –	Aparelho de Casagrande.....	193
Figura 105 –	Preparação da amostra para o ensaio de limite de plasticidade.....	194
Figura 106 –	Determinação do Limite de Plasticidade.....	194
Figura 107 –	Esquema da distribuição da simbologia das unidades geotécnicas.....	195
Figura 108 –	Gráfico do ensaio granulométrico do ponto Baú 01A.....	200
Figura 109 –	Gráfico do ensaio granulométrico do ponto Baú 01B.....	201
Figura 110 –	Gráfico do ensaio granulométrico do ponto Baú 02.....	201
Figura 111 –	Gráfico do ensaio granulométrico do ponto Baú 03.....	202

Figura 112a –	Cisalhamento Direto Natural do ponto BAÚ 01 B.....	204
Figura 112b –	Cisalhamento Direto Inundado do ponto BAÚ 01 B.....	204
Figura 113a –	Cisalhamento Direto Natural do ponto BAÚ 02.....	205
Figura 113b –	Cisalhamento Direto Inundado do ponto BAÚ 02.....	205
Figura 114a –	Cisalhamento Direto Natural do ponto BAÚ 03.....	206
Figura 114b –	Cisalhamento Direto Inundado do ponto BAÚ 03.....	206
Figura 115 –	Carta Geotécnica da microbacia do Ribeirão Braço do Baú.....	210
Figura 116 –	Ponto de coleta da amostra (bloco indeformado) BAÚ 01B.....	216
Figura 117 –	BAÚ 01B – Encosta com ângulo de 23 graus ($\approx 43\%$). FS = 1,928.....	216
Figura 118 –	BAÚ 01B – Encosta com ângulo de 33 graus ($\approx 65\%$). FS = 1,536.....	216
Figura 119 –	BAÚ 01B – Encosta com ângulo de 45 graus (100%). FS = 1,148.....	216
Figura 120 –	Perfil de elevação - BAÚ 01B.....	216
Figura 121 –	Ponto de coleta da amostra (bloco indeformado) BAÚ 02.....	217
Figura 122 –	BAÚ 02 – Encosta com ângulo de 23 graus ($\approx 43\%$). FS = 1,637.....	217
Figura 123 –	BAÚ 02 – Encosta com ângulo de 33 graus ($\approx 65\%$). FS = 1,342.....	217
Figura 124 –	BAÚ 02 – Encosta com ângulo de 45 graus (100%). FS = 1,072.....	217
Figura 125 –	Perfil de elevação - BAÚ 02.....	217

Figura 126 –	Ponto de coleta da amostra (bloco indeformado) BAÚ 03.....	218
Figura 127 –	BAÚ 03 – Encosta com ângulo de 23 graus ($\approx 43\%$). FS = 1,484.....	218
Figura 128 –	BAÚ 03 – Encosta com ângulo de 33 graus ($\approx 65\%$). FS = 1,218.....	218
Figura 129 –	BAÚ 03 – Encosta com ângulo de 45 graus (100%). FS = 0,979.....	218
Figura 130 –	Perfil de elevação - BAÚ 03.....	218
Figura 131 –	Fluxograma conceitual de análises de suscetibilidade.....	232
Figura 132 –	Exemplo de curva de validação. Com 20% da área de estudo se explica quase 60% dos deslizamentos futuros.....	236
Figura 133 –	Distribuição e densidade dos pontos marcados nas cabeceiras dos deslizamentos ocorridos na microbacia do Ribeirão Braço do Baú.....	238
Figura 134 –	Uso do Solo e distribuição e densidade dos pontos marcados dos deslizamentos ocorridos na microbacia do Ribeirão Braço do Baú.....	240
Figura 135 –	Relação da porcentagem das classes de uso do solo em relação a área total da microbacia. do Ribeirão Braço do Baú.....	240
Figura 136 –	O arco A, localizado em uma menor altitude apresenta mais pontos em relação ao arco B, situado em maiores altitudes.....	242
Figura 137 –	Altitude com classes originais.....	244
Figura 138 –	Altitude reclassificada em CF.....	245
Figura 139 –	Rede de drenagem organizada em classes de distâncias.....	245

Figura 140 –	Distâncias reclassificada em CF.....	246
Figura 141 –	Geologia com classes originais.....	246
Figura 142 –	Geologia reclassificada em CF.....	247
Figura 143 –	Solos com classes originais.....	247
Figura 144 –	Solos reclassificados em CF.....	248
Figura 145 –	Total de deslizamentos separados por unidades geológicas.....	249
Figura 146 –	Total de deslizamentos separados por unidades de solo.....	250
Figura 147 –	Total de deslizamentos separados por classes de altitude.....	251
Figura 148 –	Imagem da declividade gerada para a microbacia do Ribeirão Braço do Baú, organizada em 6 classes: 0° a 6°; 12,5° a 23°; 23° a 33°; 33° a 45°; acima de 45°...	153
Figura 149 –	Tabela sobre informações dos deslizamentos cartografados no âmbito do projeto FAPESC/UFSC N°16319/2010-8. Nota-se um elevado número de deslizamentos na segunda e na primeira classe de declividade.....	254
Figura 150 –	Imagem da orientação das vertentes gerada para a microbacia do Ribeirão Braço do Baú, organizada em 9 classes..	256
Figura 151 –	Proporções entre pixels deslizados e a distância entre eles e as estradas (acima) e entre os rios (abaixo).....	258
Figura 152 –	Carta de Suscetibilidade, gerada com base no Modelo Probabilístico Fator de Certeza, da Microbacia do Ribeirão Braço do Baú.....	261

Figura 153 –	Carta de Suscetibilidade, gerada com base no Modelo Probabilístico Teorema de Bayes, da Microbacia do Ribeirão Braço do Baú.....	263
Figura 154 –	Histograma de distribuição dos pixels no modelo CF.....	265
Figura 155 –	Comparação visual entre as duas cartas. A área é do Morro do Baú.....	266
Figura 156 –	Curva de Validação para o modelo de suscetibilidade à deslizamentos construídos a partir dos dados do evento de 2008.....	256

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 –	Ranking dos 30 países com maiores valores de danos e de mortos entre 1900 e 2010. O Brasil, em destaque, aparece na 23 ^a . posição em valor de danos.....	56
Quadro 2 –	Os 11 países com o maior número de desastres naturais registrados no CRED entre os anos de 1900 a 2010.....	58
Quadro 3 –	Principais sub-bacias da bacia do Itajaí.....	108
Quadro 4 –	Exemplos da simbologia simplificada das classes pedológicas utilizada por Davison Dias.....	196
Quadro 5 –	Exemplo da simbologia das unidades geológicas utilizadas por Davison Dias.....	197
Quadro 6 –	Fator de segurança X condição de estabilidade da encosta.....	199
Quadro 7 –	Relação entre exemplos de valores de declividade (inclinação) expressos em ângulo e porcentagem.....	214

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 –	Termos em outros idiomas e seus correspondentes e significados.....	62
Tabela 2 –	Primeiro grupo amostral.....	134
Tabela 3 –	Segundo grupo amostral.....	134
Tabela 4 –	Terceiro grupo amostral.....	135
Tabela 5 –	Exemplo de transcrição dos conteúdos...	136
Tabela 6 –	Categorias e subcategorias.....	141
Tabela 7 –	Pontos de interesse geológico marcados com coordenadas UTM e descrição do local da coleta/tipo de afloramento.....	166
Tabela 8 –	Identificação das amostras de rocha coletadas na área de trabalho.....	168
Tabela 9 –	Relação das amostras de solo coletadas.....	170
Tabela 10 –	Percentual de cada fração granulométrica das amostras de solo em relação à amostra total.....	177
Tabela 11 –	Parâmetros estatísticos granulométricos das amostras de solo.....	179
Tabela 12 –	Pontos da coleta dos blocos indeformados marcados com coordenadas UTM e descrição do local da coleta/tipo de afloramento.....	188
Tabela 13 –	Percentual de cada fração granulométrica das amostras de solo em relação à amostra total.....	202
Tabela 14 –	Percentual de cada subdivisão da fração areia em relação à amostra total.....	203
Tabela 15 –	Valores de densidade, umidade, compactação e limites de liquidez e plasticidade.....	208
Tabela 16 –	Resultados do ensaio do adensamento.....	209
Tabela 17 –	Unidades Geotécnicas da área do trabalho.....	211

Tabela 18 –	Tabela dos resultados dos cálculos para determinação da densidade inundada.....	215
Tabela 19 –	Grupo inicial de elementos condicionantes.....	231
Tabela 20 –	Geologia: caracterização e favorabilidade.....	249
Tabela 21 –	Solos: caracterização e favorabilidade....	250
Tabela 22 –	Altitude: caracterização e favorabilidade.....	252
Tabela 23 –	Declividade: caracterização e favorabilidade.....	254
Tabela 24 –	Orientação das vertentes: caracterização e favorabilidade.....	257

INTRODUÇÃO



O Morro do Baú, elemento da paisagem, símbolo da região.
Foto: Daniel G. V. Parizoto.

INTRODUÇÃO

Em Santa Catarina, no mês de novembro de 2008, chuvas excepcionais desencadearam um grande número de movimentos de massa que afetaram áreas urbanas e rurais. Esses movimentos mudaram significativamente a morfologia dos vales e encostas de muitas áreas e alteraram a dinâmica de muitas vidas, provocando perdas não só de bens materiais, mas também de vidas humanas. Este evento extremo de chuvas acabou se configurando como o maior desastre natural da história do estado. Na ocasião, um terço do território catarinense foi atingido pelas chuvas, quando 63 municípios decretaram Situação de Emergência e 14 decretaram Estado de Calamidade Pública (EPAGRI/CIRAM, 2008; DEFESA CÍVIL, 2010).

Os deslizamentos que ocorreram generalizadamente em todo o leste do estado¹ (FOLHA ON LINE, 2008; TERRA NOTÍCIAS, 2008; DIÁRIO CATARINENSE, 2008) concentraram-se principalmente na região do médio e baixo vale do rio Itajaí-Açu, sendo uma das áreas mais afetadas, a conhecida como Complexo do Morro do Baú².

Os trabalhos propostos nessa tese foram realizados na microbacia do Ribeirão Braço do Baú, uma das microbacias que integram a área do Complexo. Essa área, com 48,14km² foi palco de grande parte dos deslizamentos, 268 cartografados por essa tese, que tiveram como desfecho o maior dano possível, a

¹ - Os meios de comunicação registraram ocorrência de deslizamentos desde Laguna, Imaruí e Imbituba, no sul, até Garuva, São Francisco do Sul e Itapoá, no norte do estado. Esses registros foram confirmados através dos dados recolhidos na Defesa Civil estadual que indicaram a ocorrência de movimentos de massa em 58 municípios do estado.

² - O Complexo 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.

de vidas humanas. Na região do entorno do Complexo do Baú ocorreram 32 mortes, todas elas por soterramento (MENEZES, 2009).

Na área da microbacia ocorreram diversos tipos de movimentos de massa, como rastejos, deslocamentos de blocos, deslocamentos de talus, deslizamentos e fluxos de detritos. Os deslizamentos e os fluxos de detritos, segundo os levantamentos realizados, foram os que acarretaram a maior quantidade de perda de vidas humanas.

Estimou-se que a maior parte destes movimentos ocorreu nas unidades geológicas do Complexo Luis Alves e da Formação Gaspar, com presença respectivamente de gnaisses granulíticos e arenitos arcoseanos, antigos e muito fraturados. Nessas unidades, devido ao elevado grau de fraturamento e ao clima úmido com altas temperaturas, o processo de hidrólise é intenso, resultando profundos perfis de solos, que tornam-se instáveis em zonas de alta e média declividade.

A maior parte dos deslizamentos ocorreu em função das constantes precipitações nos meses de setembro, outubro e principalmente em novembro, culminando com as chuvas extremas entre os dias 21 e 22 de novembro de 2008.

As encostas da área do Complexo do Morro do Baú apresentam um padrão pedogenético semelhante: solos rasos e rochas aflorando nos pontos mais altos das encostas, seguido por perfis com solos profundos a partir da meia encosta, material esse acumulado ao longo do tempo e com características potenciais para os movimentos de massa, principalmente os do tipo deslizamento, caso o cenário meteorológico adverso se repita.

Toda a região da bacia do rio Itajaí-Açu tem longo histórico de enfrentamento de eventos catastróficos relacionados a inundações, todavia, a ausência ou a má qualidade de informações físicas da área, desde cadastros urbanos, bancos de dados, cartas topográficas, geológicas, geomorfológicas e pedológicas em escala adequada, até imagens aéreas e de satélites, geram grandes dificuldades para trabalhos de identificação e avaliação de suscetibilidades, vulnerabilidades e riscos relacionados com movimentos de massa.

A microbacia do Ribeirão Braço do Baú, lugar onde fica a comunidade do Braço do Baú, mantém estreitas relações socioeconômicas, não só com outras comunidades do Complexo e com a cidade de Ilhota, mas também com Luiz Alves, Gaspar, além de outros municípios do vale do rio Itajaí-Açú, como Blumenau e Itajaí.

A dinâmica econômica desta área, desde o início da sua ocupação, em meados do século XIX, é fortemente caracterizada pela retirada da vegetação original para a exploração madeireira, que em parte é substituída por espécies exóticas e parte ocupada pela agricultura. Observações preliminares sugerem que as ações antrópicas na paisagem podem ter sido determinantes para o grande número de deslizamentos e os elevados danos, tanto materiais quanto humanos, produzidos pelo evento de novembro de 2008 no Complexo do Baú, mesmo que o agente desencadeante imediato tenha sido as chuvas excepcionais.

É possível que a distribuição dos deslizamentos tenha sido condicionada de certa maneira (ou até de maneira primordial) pelas ações antrópicas, principalmente pelo desflorestamento, pelos modos de uso do solo e pelas redes de estradas e caminhos.

Não existia nas comunidades locais uma percepção de vulnerabilidade com relação aos deslizamentos, principalmente com relação ao entendimento do quanto negativamente suas próprias ações poderiam modificar e também ampliar as suscetibilidades no espaço em que vivem. Assim, nem essas comunidades, nem mesmo o Estado, estavam preparados tecnicamente para reconhecer os fatores desencadeantes dos deslizamentos e compreender os efeitos e a magnitude do desastre de 2008.

Desta forma, a questão central desta pesquisa é compreender qual a relação entre o evento extremo de 2008 e os fatores físicos e humanos que possam ter contribuído para o desencadeamento dos danos causados pelo grande número de deslizamentos na região do Complexo do Baú. Além disso, interessa saber qual a percepção que os moradores daquela área, vítimas do desastre, tinham em relação às suscetibilidades, vulnerabilidades e também dos riscos a que estavam expostos.

Na busca de respostas para esses questionamentos, o presente estudo foi desenvolvido tendo como objetivo principal determinar a importância relativa dos diversos fatores naturais e humanos na ocorrência temporal, distribuição espacial e magnitude dos deslizamentos ocorridos no Complexo do Baú em 2008, com a finalidade de avaliar a suscetibilidade e reduzir os riscos futuros.

E teve como objetivos específicos:

- Compreender as características, magnitude e consequências do evento extremo de chuvas que ocorreu em Santa Catarina no final do mês de novembro de 2008;
- Reconhecer as mudanças que alguns desses fatores, principalmente a vegetação e o uso do solo, vem experimentando ao longo do tempo;
- Identificar os fatores sociais que podem ter contribuído com nível de danos ocorridos na microbacia do Ribeirão Braço do Baú e estabelecer, se possível, o significado formal dessas relações identificadas através da TFD – Teoria Fundamentada em Dados;
- Realizar o mapeamento das unidades geológicas e geotécnicas da microbacia do Ribeirão Braço do Baú, visando fornecer melhores instrumentos para subsidiar a tarefa de determinar o grau de suscetibilidade a deslizamentos nesta área.
- Determinar a distribuição espacial dos diferentes elementos condicionantes que contribuíram na ocorrência dos deslizamentos, como a litologia, o solo, a vegetação, uso do solo, a declividade e também as interferências antrópicas na área, como estradas e caminhos;
- Desenvolver e validar uma ferramenta que permita avaliar a suscetibilidade da área a deslizamentos;
- Elaborar um conjunto de recomendações que ajudem a mitigar riscos futuros.

E assim sendo, com a intenção de promover o melhor entendimento possível sobre os trabalhos realizados durante o desenvolvimento desta tese, este documento foi dividido em 10 partes, sendo a primeira destinada a introdução e as duas últimas destinadas as referências bibliográficas e anexos,

respectivamente, e mais 7 capítulos correspondentes ao desenvolvimento e as conclusões da tese.

Na introdução busca-se inserir uma breve declaração sobre o tema/problema central da tese, introduzindo o evento catastrófico que aconteceu em Santa Catarina em novembro de 2008, juntamente com a apresentação inicial do recorte espacial onde foram realizados os trabalhos de investigação. Também são apresentadas as hipóteses que norteiam a tese, além do objetivo geral e dos objetivos específicos.

No Capítulo 1 tratou-se de apresentar a revisão bibliográfica sobre os temas comuns deste trabalho. Nele faz-se uma exposição de informações e dados sobre os desastres naturais no mundo e no Brasil, com ênfase nos movimentos de massa; e também sobre os referenciais teóricos que balizaram e orientaram o desenvolvimento dos trabalhos, assim como os conceitos e as metodologias empregadas por trabalhos anteriores;

O Capítulo 2 trata especificamente do evento ocorrido em Santa Catarina, em novembro de 2008. Apresenta dados físicos e econômicos relacionados com o evento.

O Capítulo 3 abrange os resultados obtidos durante a caracterização da área de estudo. Assim pôde ser feita uma melhor descrição, física, humana e econômica da área com base nos conhecimentos que já existiam e nas novas informações adquiridas através da pesquisa de campo, além de fornecer subsídios para aprofundar a discussão sobre aspectos da interferência antrópica na área de estudo.

O Capítulo 4 apresenta a aplicação do Método TFD (Teoria Fundamentada em Dados) no levantamento de informações sobre a percepção dos moradores do entorno do Morro do Baú, sobre as questões relacionadas à ocorrência do evento, os danos provocados e as possíveis influências antrópicas para a caracterização do desastre.

No Capítulo 5 são apresentados os diferentes procedimentos e técnicas que foram aplicadas para a execução das tarefas propostas: o mapeamento geológico e o mapeamento geotécnico, visando fornecer melhores instrumentos para subsidiar determinação da suscetibilidade.

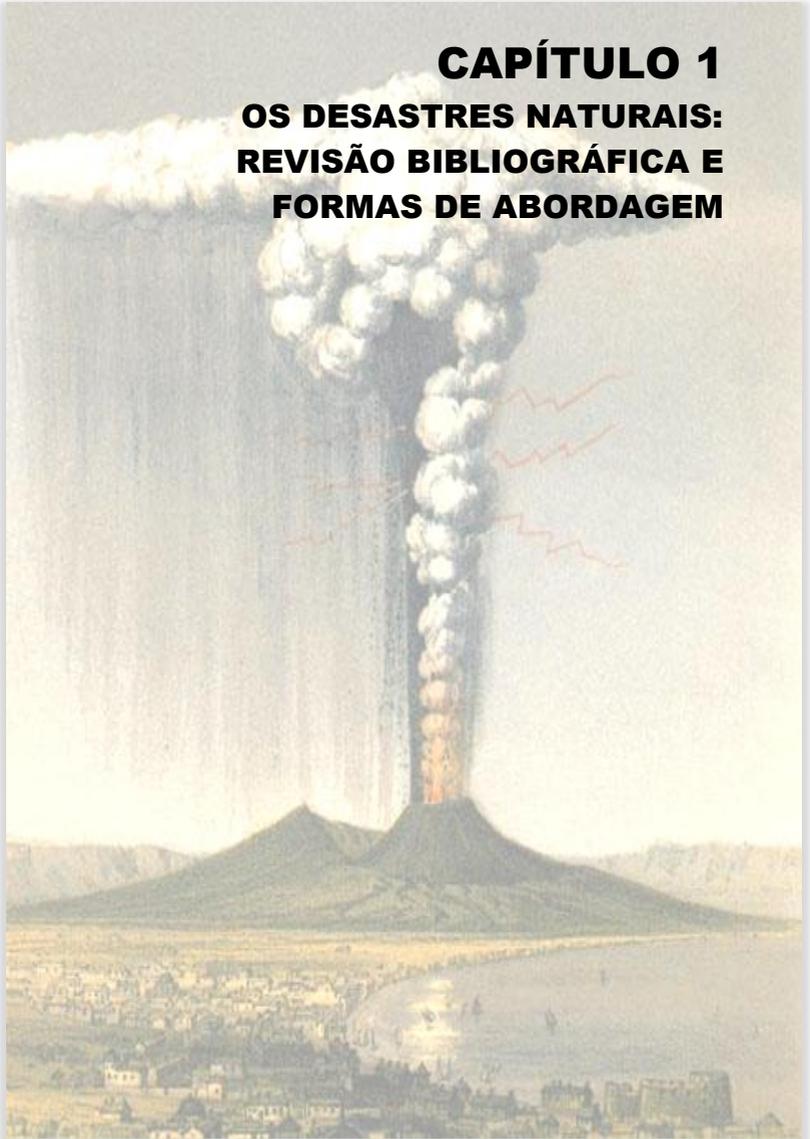
O Capítulo 6 apresenta o método probabilístico de análise de risco utilizado por pesquisadores espanhóis e descreve as tarefas executadas na construção de uma ferramenta de análise de suscetibilidade.

O Capítulo 7 expõe as principais conclusões e recomendações de acordo com os objetivos planejados e os resultados obtidos. Também são apresentadas algumas recomendações e sugestões para trabalhos futuros que permitam melhorar os resultados obtidos até o momento.

Na penúltima parte é apresentada as referências bibliográficas utilizadas no desenvolvimento desta tese, organizadas segundo as normas da ABNT. E finalmente na última parte estão os anexos.

CAPÍTULO 1

OS DESASTRES NATURAIS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FORMAS DE ABORDAGEM



“The Eruption of Vesuvius as seen from Naples” Desenho histórico da erupção de 1822, de George Julius Poulett Scrope (1864).

1 – OS DESASTRES NATURAIS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FORMAS DE ABORDAGEM

A Organização das Nações Unidas considera como desastre uma “séria interrupção no funcionamento de uma sociedade ou comunidade com mortes e grande quantidade de perdas materiais, com impactos socioeconômicos e ambientais, que excedem a capacidade da sociedade ou comunidade afetada de superar essa situação mediante o uso de seus próprios recursos” (UNISDR, 2009b). Um Desastre Natural é ocasionado por um evento extremo que não teve como agente desencadeante uma ação direta de origem antrópica, como uma tempestade, uma estiagem ou um terremoto.

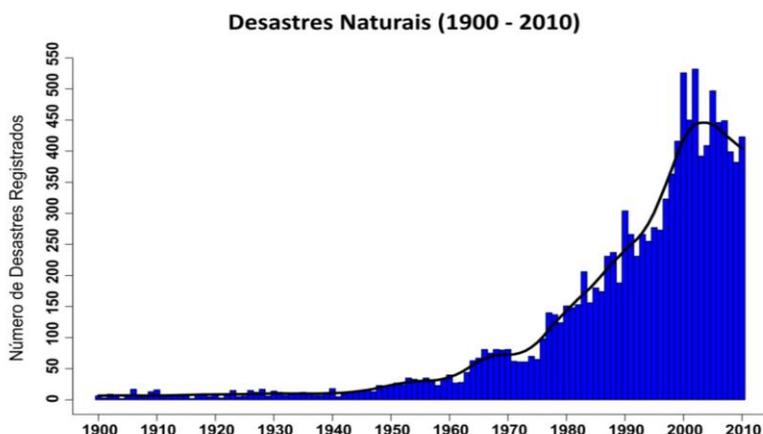
1.1 – OS DESASTRES NATURAIS NO MUNDO

Os desastres naturais são um dos grandes problemas que afligem a humanidade desde os seus primórdios. De relatos bíblicos a descobertas arqueológicas, são vários os registros de momentos em que população mundial vivenciou grandes eventos naturais com consequências desastrosas.

De acordo com estimativa realizada pelo *Committee for Disaster Research* do *Science Council of Japan* - SCJ, até meados dos anos de 1990, os desastres naturais foram responsáveis pela morte de cerca de 4 milhões de pessoas no mundo somente ao longo do século XX. Já se destacava nesses dados que o maior número de ocorrência e os maiores danos causados concentravam-se nas últimas duas décadas, entre 1975 e 1995, quando cerca de 3 milhões de pessoas morreram e outras 800 milhões foram afetadas negativamente (OGURA, 1995).

Dados mais amplos do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED*³, apresentam a ocorrência de 11.972 registros de desastres naturais no mundo, desde o ano de 1900 até 2010, sendo que 4.914 desses registros, ou seja, mais de 1/3 ocorreram depois do ano 2000 (Figura 1) (EM-DAT, 2011).

Fig. 1 – Registro mundial de Desastres Naturais entre 1900 e 2010, banco de dados do CRED International Disaster Database. Fonte: EM-DAT, 2013.



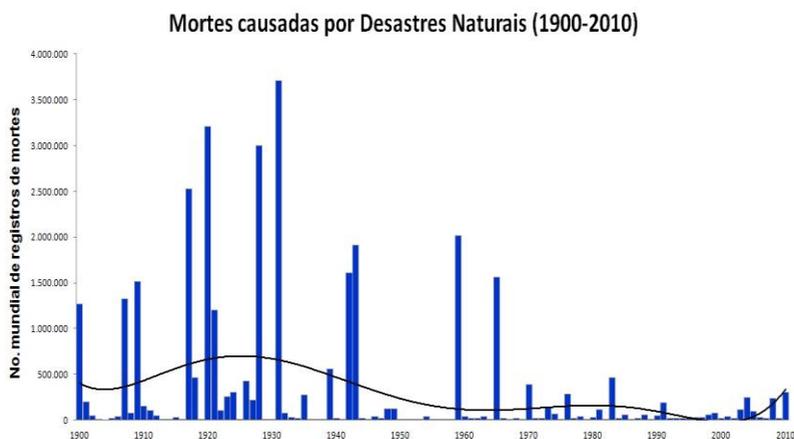
Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2011).

³ O CRED realiza a compilação, validação e análise de dados padronizados de desastres. Um dos produtos de dados centrais do CRED é um banco de dados de desastres internacional, o *Emergency Events DataBase - EM-DAT*. Para que um desastre seja inserido no banco de dados ao menos um dos seguintes critérios deve ser preenchido: 10 ou mais relatos de óbitos; 100 ou mais relatos de pessoas afetadas; Declaração de estado de emergência; Pedido de assistência internacional.

É possível entender que o aumento no número de registros a partir dos anos 1960 e 1970 está relacionado à maior quantidade e qualidade de informações disponíveis, mas também com o crescimento populacional e a distribuição dessas populações em áreas suscetíveis aos tipos de ocorrências relacionados.

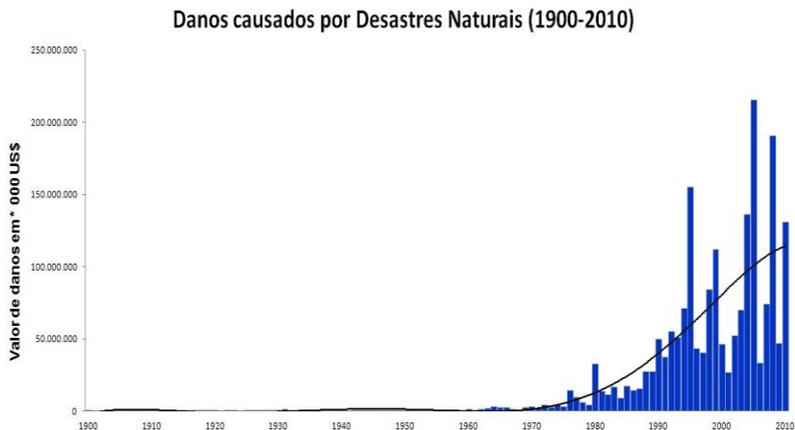
Esses 11.972 registros compilam informações significativas a respeito do número de mortes, pessoas afetadas e danos materiais. Nos últimos 110 anos foram registradas 32.457.546 milhões de mortes, 6.632.855.906 bilhões de afetados e prejuízos financeiros estimados em cerca de US\$ 1.995.293.174.000 trilhão de dólares. A distribuição temporal desses dados demonstra um aumento no número de eventos catastróficos originados de causas naturais, como por exemplo, os terremotos, os furacões, as inundações e os movimentos de massa. No entanto, apesar do número de mortos apresentarem uma tendência geral de diminuição, os danos causados por esses eventos ficam cada vez maiores (ALCANTARA-AYALA, 2002; UNISDR, 2004; EM-DAT, 2013). (Figuras 2 e 3)

Fig. 2 – Registro mundial de mortes ocasionadas por Desastres Naturais entre 1900 e 2010, banco de dados do CRED International Disaster Database. Fonte: EM-DAT, 2013.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2011).

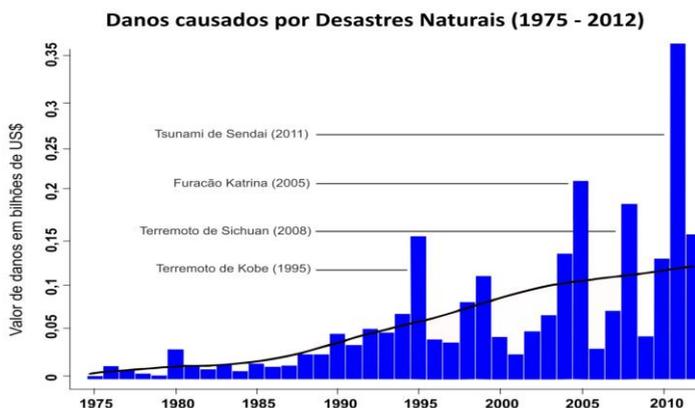
Fig. 3 – Registro mundial de danos (prejuízos financeiros) ocasionados por Desastres Naturais entre 1900 e 2010, banco de dados do CRED International Disaster Database. Fonte: EM-DAT, 2013.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2011).

Uma aproximação temporal dos dados reforça a observação de que, não só um aumento generalizado no número de desastres tem provocado uma elevação no montante de danos, mas também que eventos isolados e quase sempre inéditos na sua magnitude, têm provocado danos de valores recordes (Figura 4).

Fig. 4 – Registro mundial de danos (prejuízos financeiros) ocasionados por Desastres Naturais entre 1975 e 2010, banco de dados do CRED International Disaster Database. Fonte: EM-DAT, 2013.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013).

Internacionalmente, quatro desastres naturais ocorridos em um espaço de tempo menor do que 20 anos exemplificam bem essa afirmação:

- o Terremoto de Kobe (Japão) em 17 de janeiro de 1995, ou o Grande Sismo de Hanshin-Awaji como ficou conhecido. Foi um tremor de 7,3 graus na escala Richter com duração de 20 segundos provocou a morte de mais de 140 mil pessoas e danos estimados em cerca de 102 bilhões de dólares, o que correspondia a cerca de 2,5% do PIB do Japão para aquele ano. O terremoto de Kobe se tornou um marco vergonhoso para os japoneses, pois demonstrou as fragilidades relacionadas ao conhecimento real do problema, uma vez que a região de Kobe era considerada de baixo risco e também expôs as questões de preparação, pois estruturas projetadas para estarem adequadas a grandes sismos ruíram, denunciando corrupção (superfaturamento de obras com descumprimento de padrões construtivos), descaso, despreparo e negligências (MELO, 2010; EDGINGTON. 2010; SCHIFF, 1999);
- o Furacão Katrina (EUA) no final de agosto de 2005 alcançou ventos de 280km e foi classificado como uma tempestade de categoria 5. Os registros do *National Hurricane Center* e do

National Weather Service contam 1.833 mortos e prejuízos que superaram os US\$ 156 bilhões de dólares (BURTON e HICKS, 2005). Muitas áreas da economia do sul dos Estados Unidos foram severamente afetadas, sendo a do petróleo a que mais contribuiu para o elevado valor nas perdas, com a destruição de 30 plataformas e a paralisação por danos parciais de 9 refinarias (RODGER, 2007; DANIELS, KETTL e KUNREUTHER, 2006). Mais de 70 países participaram do socorro aos Estados Unidos, entre eles, Cuba e Venezuela, ambos considerados como contrários aos interesses do governo dos EUA. Paquistão, Noruega, Nova Zelândia e Bangladesh ofertaram como ajuda cerca de US\$ 2 milhões cada; Índia e China, US\$ 5 milhões cada; Austrália, US\$ 10 milhões; Coréia do Sul, US\$ 30 milhões, Qatar, US\$ 100 milhões; Emirados Árabes, US\$ 120 milhões e o Kuwait com US\$ 500 milhões;

- o Terremoto de Sichuan (China) em 12 de maio de 2008 alcançou 8.0 na escala Richter e atingiu a região de Wenchuan, na província de Sichuan. Cidades próximas ao epicentro, como Mianzhu e Mianyang tiveram mais de 805 de suas construções totalmente destruídas. Estima-se que 69.195 pessoas perderam a vida e 18.392 foram declarados desaparecidos (JACOBS e WONG, 2009). O número de feridos foi de mais de 374 mil e oficialmente o terremoto deixou 4,8 milhões de pessoas desabrigadas. Contudo, dados extraoficiais afirmaram na ocasião que esse número poderia ser cerca de 11 milhões (CHEN e BOOTH, 2011; RUSSEL e COHN, 2012; SMAWFIELD, 2013). Os custos com a reconstrução das áreas atingidas foram estimados em 1 trilhão de yuans, cerca de US\$ 146.500 milhões de dólares;
- o Terremoto e Tsunami de Sendai (Japão) designado oficialmente de o Grande Terremoto do Leste do Japão aconteceu em 11 de março de 2011. Atingiu 8,9 graus na escala Richter. A *National Police Agency* estabeleceu o número de mortos em 15.885 e 2.623 pessoas desaparecidas (ASCE, 2014; SENAUTH, 2011; EISLER, 2013). O evento de Sendai foi tão intenso que provocou danos em muitas partes do globo, mas foi com apenas valores estimados pelo próprio Japão que esse evento recebeu o título de o mais caro da história. Estima-se que os danos tenham alcançado o valor de US\$ 235 bilhões de dólares (KIM, 2011).

Os registros do CRED também apontam para três aspectos importantes:

1º.) os países mais afetados por desastres cumprem critérios, como se espera, relacionados a determinantes físicos como por exemplo, a presença de zonas de intensa atividade tectônica, localização em áreas suscetíveis a grandes tempestades e furações, paisagens com relevos propícios a intensos processos geológicos/geomorfológicos;

2º.) os países que apresentam as maiores perdas são países desenvolvidos ou em desenvolvimento, onde os elementos econômicos de produção de capital se encontram mais consolidados e a infra estrutura é mais abundante;

3º.) o número de mortos, feridos e afetados é geralmente maior em países mais pobres, onde elementos como o baixo desenvolvimento social, econômico e político propiciam situações como a inexistência ou pouca eficiência das políticas de prevenção e gestão de risco, de legislação sobre ordenamento territorial ou mesmo educação para preparação e recuperação após a ocorrência de desastres.

O quadro 1 apresenta uma classificação dos países que sofreram os maiores valores de perdas econômicas (colunas 2 e 3) e os países que tiveram o maior registro de mortes (colunas 4 e 5), em 110 anos (1900-2010), segundo os critérios que já foram apresentados anteriormente pelo EM-DAT.

A maior cifra, de mais de US\$ 570 bilhões de dólares, corresponde ao EUA, país que enfrenta grandes desafios com furações, tornados, terremotos entre outros, mas um país que está somente na 25ª posição no número de mortos, atrás até mesmo do Canadá, que esta na 24ª posição e que tem uma população absoluta muito menor que a dos EUA. Já a China, que tem o 2º lugar na escala de danos apresenta o maior número de mortos, uma vez que, apesar do grande crescimento econômico experimentado nos últimos anos, não se equipara, especificamente no tema relacionado com desastres, ao nível de preparação e gestão dos estadunidenses.

Quadro 1 – Ranking dos 30 países com maiores valores de danos e de mortos entre 1900 e 2010. O Brasil, em destaque, aparece na 23ª. posição em valor de danos. Fonte: EM-DAT, 2013.

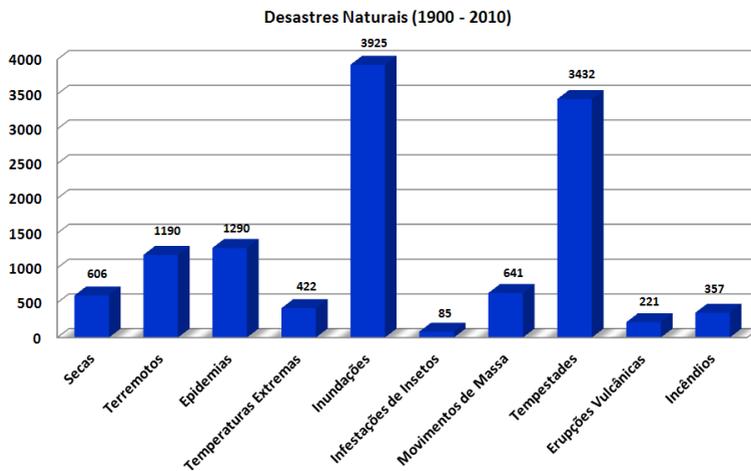
RANKING	DANOS (*000 USD)	PAÍS	MORTOS	PAÍS
1	570.637.640,00	USA	12.717.346	China
2	351.381.320,00	China	9.115.367	Índia
3	215.348.700,00	Japão	3.868.439	Antiga Un. Soviética
4	67.922.662,00	Itália	2.992.068	Bangladesh
5	53.341.410,00	Índia	416.091	Etiópia
6	39.542.873,00	Austrália	248.886	Haiti
7	38.981.700,00	França	240.814	Indonésia
8	36.302.130,00	Alemanha	223.765	Japão
9	35.989.870,00	Chile	204.432	Uganda
10	33.617.010,00	México	194.680	Níger
11	29.770.180,00	Inglaterra	172.275	Paquistão
12	26.930.297,00	Espanha	162.240	Sudão
13	25.166.100,00	Turquia	155.878	Irã
14	24.011.458,00	Indonésia	145.840	Mianmar
15	23.641.910,00	Coréia do Norte	140.396	Itália
16	21.664.696,00	Irã	105.795	Moçambique
17	20.767.812,00	Taiwan	95.542	Peru
18	20.712.700,00	Rússia	91.431	Turquia
19	19.677.969,00	Paquistão	85.286	Cabo Verde
20	18.170.780,00	Bangladesh	83.918	Guatemala
21	17.217.600,00	Canadá	61.182	Chile
22	15.205.257,00	Coréia do Sul	61.167	Rússia
23	13.615.881,00	Brasil	56.938	Filipinas
24	12.448.659,00	Grécia	51.849	Canadá
25	11.641.697,00	Cuba	42.077	USA
26	11.035.846,00	Argélia	38.303	Srilanka
27	9.088.210,00	Argentina	33.046	Colômbia
28	9.055.865,00	Haiti	31.267	Venezuela
29	8.813.087,00	Filipinas	30.095	Martinica
30	8.470.250,00	Vietnã	28.854	Somália

Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

Por fim, dos 11.972 desastres naturais registrados no banco de dados do CRED, no período de 1900 e 2010, os tipos de desastres naturais mais recorrentes são as Inundações, as Tempestades, as Epidemias, os Terremotos e em 5º. lugar, os

Movimentos de Massa, esse, elemento de estudo desta tese (Figura 5).

Fig. 5 – Desastres Naturais mundiais registrados no OFDA/CRED International Disaster Database. Fonte: EM-DAT, 2013.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013).

1.2 – OS DESASTRES NATURAIS NO BRASIL

O Brasil é um dos países mais atingidos por Desastres Naturais. No final de 2010 o país foi classificado, segundo o EM-DAT (2013) com a 11ª colocação entre os países mais afetados por esses tipos de fenômenos desastrosos (Quadro 2 e Figura 6).

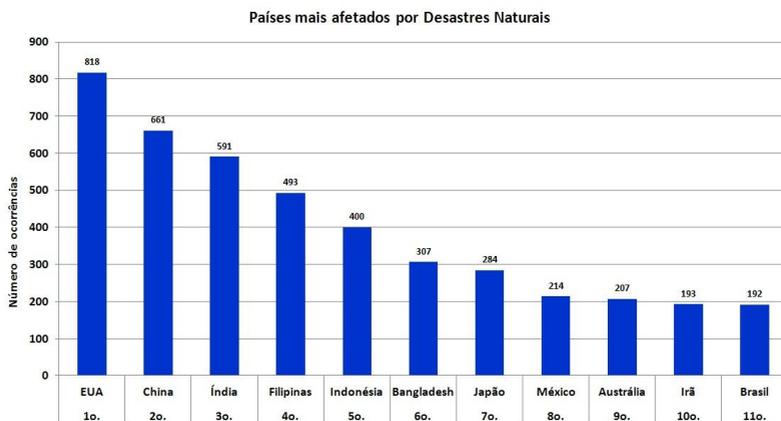
Entre 1900 e 2010 ocorreram no país pelo menos 192 grandes episódios como secas, inundações, deslizamento, tornados, entre outros, totalizando 70.756.841 de pessoas atingidas, 11.257 óbitos e prejuízos econômicos superiores a US\$ 13,6 bilhões (EM-DAT, 2013).

Quadro 2 – Os 11 países com o maior número de desastres naturais registrados no CRED entre os anos de 1900 a 2010.

RANKING1	PAÍS	No. DE OCORRÊNCIAS (1900 A 2010)
1o.	EUA	818
2o.	China	661
3o.	Índia	591
4o.	Filipinas	493
5o.	Indonésia	400
6o.	Bangladesh	307
7o.	Japão	284
8o.	México	214
9o.	Austrália	207
10o.	Irã	193
11o.	Brasil	192

Fonte: EM-DAT, 2013. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013).

Fig. 6 – Os 11 países com o maior número de desastres naturais registrados no CRED entre os anos de 1900 a 2010. Fonte: EM-DAT, 2013.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013).

Em eventos recentes, com relação ao número de vítimas fatais e aos danos, merecem destaque:

- as inundações e deslizamentos na região serrana do Rio de Janeiro no início de 2011, considerado um dos maiores desastres do país, com a contabilidade de 905 perdas de vidas

humanas confirmadas e mais 191 desaparecidos, além de cerca de 30 mil afetados;

- o deslizamento no Morro do Bumba, no Rio de Janeiro, em abril de 2010 com um número estimado de 256 mortos, mas apenas 48 confirmados pois somente esses foram encontrados, tamanho a dimensão do evento;
- a epidemia generalizada de cólera entre 1991 e 1994, com cerca de 1.100 mortos;
- as enchentes nos estados nordestinos em dezembro de 2003, quando pelo menos 17 cidades foram praticamente destruídas, contabilizando 45 mortos, 607 desaparecidos e 154 mil afetados;
- as enchentes e deslizamentos no Vale do Itajaí-Açú, Santa Catarina, em novembro de 2008.

Essas informações fazem parte dos levantamentos realizados por este autor, também para a produção do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991-2010, atualmente em sua segunda edição atualizada para o período de 1991-2012. O Atlas aponta que todos os estados brasileiros são afetados por desastres e que a maior concentração desses eventos ocorre nas regiões Sul e Sudeste (CEPED UFSC, 2013).

Especificamente na região Sul, o estado de Santa Catarina, tem sido cenário de um grande número desses desastres naturais, principalmente os categorizados como geofísicos e climáticos, como as secas, inundações e os deslizamentos. Esses acontecimentos estão associados ao clima subtropical e o encontro de massas atmosféricas, e as condicionantes geomorfológicas, geológicas, pedológicas e, principalmente, a ocupação do espaço geográfico.

O registro desses desastres vem sendo feito ao longo de décadas por várias instituições e pesquisadores. Herrmann et al (2005), no Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina (1ª. edição), obra que foi a precursora do Atlas Brasileiro, onde os autores fazem um inventário dos desastres entre 1980 e 2004 e descrevem, por exemplo, que condições atmosféricas extremas, com longos períodos de estiagem na porção oeste do estado e intensas e concentradas chuvas na porção leste, caracterizadas como excepcionais, sempre

existiram no estado de Santa Catarina. Por exemplo, no Município de Blumenau, há registros de inundações desde meados do século XIX, época de sua colonização.

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, escrevem que “na última semana de dezembro chuvas excepcionais provocaram enchentes e deslizamentos fazendo pelo menos 29 vítimas fatais e centenas de desabrigados”.

1.3 – A COMPREENSÃO DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS PARA AS PESQUISAS EM DESASTRES NATURAIS

Eventos e eventos extremos, termos utilizados desde o início do texto, significam fatos naturais já ocorridos, nos quais não foram registradas significativas danos sociais e/ou econômicas relacionadas diretamente a eles (UNDP, 2004). Um evento é uma ocorrência natural. Sendo assim, corresponde aos processos atmosféricos ou geológico que tenham ocorrido naturalmente, sem causar consequências negativas socioeconômicas. A investigação dos eventos remete aos primórdios das ciências geográficas (RAHN, 1986).

Conforme escrevem Marandola e Hogam (2004) estudos sobre riscos (*risk*) e desastres naturais (*natural hazard*) já são uma tradição entre os geógrafos, que têm se dedicado a eles desde a década de 1920. Esta tradição surge, portanto, muito antes dos apelos mundiais acerca da degradação ambiental planetária que se difundiram nas décadas de 1960 e 1970, e mesmo antes dos apelos mais recentes ao resgate da qualidade de vida urbana.

São várias as traduções e interpretações dos termos relacionados ao tema deste trabalho. Para efeito de organização, nesta fase inicial, devemos considerar as principais fontes de

influência para a Geografia brasileira nos estudos relacionados a desastres naturais e análise de risco. Uma extensa revisão conceitual pode ser encontrada em Reckziegel e Robaina (2005).

Ligados à primeira fase⁴ dos estudos dos *hazards*, Gilbert F. White, Anne V. White e Ian Burton reconhecem problemas nessas traduções uma vez que mencionam a existência de uma diferença entre os termos em *risk* e *hazard*, embora não se detenham muito, a princípio, nesta discussão.

Em publicações da chamada “Nova Fase dos Estudos Sobre os *Hazards*”⁵, nos Estados Unidos, o geógrafo Keith Smith reforça a diferença entre *risk* e *hazard*. Smith demarca risco como um fator probabilístico, independente de ser quantificável ou não, e o *hazard* como um evento danoso, que coloca em perigo. Inclui ainda a noção de desastre, muito presente no estudo dos geógrafos e entendida como a realização de um *hazard*. A partir de então a noção de *hazard* e desastre se distanciam. Por outro lado, a ideia de *hazard* como um perigo, se aproxima. Na língua inglesa, a nossa noção de perigo seria mais bem representada pelo termo *danger*, pois um *hazard* não trata simplesmente de um perigo ou algo perigoso, mas o perigo de um evento com potencial de produzir um desastre acontecer.

Nesta linha, a argentina Susana Aneas de Castro apresenta outro elemento para a compreensão do termo *hazard*. Ela utiliza-se da mesma concepção de Smith traduzindo *risk* por

⁴ Em 1927 o governo dos Estados Unidos solicita ao *U.S. Corps of Engineers* (Corpo de Engenheiros dos EUA) que pesquem e proponham medidas para solucionar o problema das inundações. Estas pesquisas resultaram em 308 informes apresentados ao Congresso no ano de 1933, propondo intervenções práticas, como construção de barragens, canais, sistemas de irrigação e de navegação, principalmente focadas na relação custo-benefício. Estes informes eram centrados numa postura tecnocrática intervencionista.

⁵ Período em que os estudos sobre Risco apontam para o desenvolvimento da linha investigativa mais ampla e que passa, a partir dos anos 1980, a considerar de forma mais sistemática os fatores sociais e tecnológicos ao lado dos elementos naturais.

riesgo, que em português é risco e *hazard* por *perigo* ou perigo (MARANDOLA e HOGAM, 2004).

Em consonância à tradução de Castro (2000), as Nações Unidas (ISDR, 2002) e o Grupo de Estudos de Geodinâmica Externa da Universidade de Cantábria, em Santander, Espanha (CENDRERO et al., 1987; CENDRERO, 1997) - onde parte desta tese foi desenvolvida - compreendem o risco como a probabilidade de consequências danosas ou perdas esperadas e quantificáveis de elementos como vidas, propriedades, bens de sustento próprio, interrupção de atividades econômicas e danos ambientais, resultantes das interações entre os perigos naturais e as condições de vulnerabilidades a que estão expostos esses elementos. Finalmente, como exposto na tabela 1, pode-se entender que:

Tab. 1 – Termos em outros idiomas e seus correspondentes e significados.

ING	ESP	FRA	PORTUGUÊS
Hazard	Peligro ou Peligrosidad	Aléas	Perigo ou Ameaça: é a chance ou possibilidade de um evento extremo, que tem potencial para causar um desastre, acontecer.
Exposure	Exposición	Exposition	Exposição ou Suscetibilidade: é estar sem proteção ou seja, passível, desprotegido dos efeitos de um evento. Ex: uma habitação nas margens de um rio está exposta à inundações. Uma habitação em uma encosta íngreme esta exposta à movimentos de massa.
Vulnerability	Vulnerabilidad	Vulnerabilité	Vulnerabilidade: reflete o grau de incapacidade, despreparo ou ineficiência em suportar um evento. Ex: Uma habitação com baixo padrão construtivo é mais vulnerável a ventos fortes do que uma com alto padrão construtivo.
Risk	Riesgo	Risque	Risco: é a estimativa previsível de perda. Sua análise esta fundamentada na tentativa de mensurar uma incerteza.

São esses os termos utilizados na tese, uma vez que os resultados alcançados neste trabalho apontam para a produção de subsídios para o mapeamento de risco conforme orientam os principais órgãos de pesquisas, segurança civil e universidades brasileiras, que por sua vez, trabalham com os referenciais oficiais baseados nos critérios da ONU.

Não há, portanto, uma palavra correspondente em português que exprima exatamente o significado da palavra *hazard*. De qualquer forma, em todos os idiomas o uso dos termos *hazard* e risco é bastante laxo e com frequência são usados de forma indistinta e sem muita precisão. Se o que se pretende é ser rigoroso, *hazard* se refere à possibilidade e/ou probabilidade de ocorrência de um processo natural potencialmente perigoso e risco refere-se aos danos, humanos e/ou materiais previsíveis e mensuráveis causados pela efetivação de um *hazard*.

Por último, a geógrafa Yvette Veyret, importante pesquisadora sobre desastres, escreve que não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos e por isso, para os geógrafos, a tradução espacial do risco se apresenta como um tema indispensável, e ainda afirma que a Geografia deve ter uma abordagem multidisciplinar, uma vez que as interações espaciais entre os riscos de qualquer natureza e os fatos ou agentes estruturadores do território constituem uma fonte de estudos de grande complexidade (VEYRET, 2007).

Uma análise de risco é a tentativa de determinar ou prever os danos que podem ocorrer quando a realização de um *hazard*. Esses danos podem ocorrer em maior ou menor proporção, dependendo: da escala e/ou intensidade do evento; da exposição dos elementos envolvidos; e da vulnerabilidade das estruturas e das pessoas. A percepção do risco é um julgamento subjetivo que as pessoas fazem sobre a possibilidade e gravidade que um determinado evento pode ter em suas vidas e qual o ganho ou a perda possível. Sendo assim, a percepção de um risco, sempre será variável.

1.4 – A ABORDAGEM DA ONU

No início dos anos de 1990 a Agência de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres - UNDR0 elaborou um modelo de abordagem para o enfrentamento de acidentes naturais, baseando-se em duas atividades: prevenção e preparação (UNISDR, 2007; UNISDR, 2009a; UNISDR, 2009b).

As atividades de prevenção estão relacionadas aos estudos de natureza técnico-científica, na definição da magnitude de um desastre e no estabelecimento das medidas que possibilitem a proteção da população e de seus bens materiais. Tais atividades compreendem os estudos da fenomenologia dos processos, da análise de risco e a formulação de métodos, técnicas e ações de prevenção de desastres. Já as atividades de preparação têm caráter logístico, auxiliando no enfrentamento de situações de emergência ligadas, principalmente, aos trabalhos de Defesa Civil (BRASIL, 2007).

De acordo com este modelo, os programas de Mitigação de Desastres da UNDR0 incluem a seguinte sequência de ações de prevenção e preparação: identificação dos riscos; análise dos riscos; medidas de prevenção; planejamento para situações de emergência e finalmente a disseminação das informações públicas e os trabalhos de treinamento.

Este trabalho está focado na primeira etapa sugerida pelo programa, que é a identificação dos riscos pela preparação de documentos (mapa geotécnico, mapa de risco e avaliação de percepção) que sirvam como subsídio para as tarefas de natureza técnico-científica, no tocante ao entendimento dos fatores condicionantes a ocorrência de desastres, no caso, provocados por processos de movimentos de massa.

1.5 – A NOÇÃO DE EQUILÍBRIO SISTÊMICO NAS GEOCIÊNCIAS

A *General System Theory* ou Teoria Geral dos Sistemas, como é conhecida em português, foi desenvolvida nas primeiras décadas do século XX pelo biólogo alemão Ludwig Von Bertalanffy como uma alternativa mais holística para o pensamento reducionista da época. Essa teoria teve aplicações em diversas áreas, além da biologia, na economia, na geociências, na psicologia e na informática (CHURCHMAN, 1972; CRISTOFOLETTI, 1980; SALES, 2004; CHRISTOPHERSON, 2007). Os estudiosos dessa teoria buscam formular generalizações sobre como as partes e o todo se relacionam, independentemente das disciplinas nas quais são observadas. Na Teoria Geral dos Sistemas a ênfase é dada à inter-relação e interdependência entre os componentes que formam um sistema que é visto como uma totalidade integrada, sendo impossível estudar seus elementos isoladamente. Sendo assim, um sistema constitui um todo único e dessa forma qualquer mudança em uma das partes afetará todo o conjunto.

O conceito de equilíbrio em Geomorfologia, derivado da TGS, significa que materiais, processos e a geometria do modelado, compõem um conjunto auto-regulador, sendo que toda forma é o produto do equilíbrio entre materiais e processos.

Seguindo essa linha de pensamento Tricart (1977) definiu que os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico são estáveis (Unidades Ecodinâmicas Estáveis), e quando, em desequilíbrio são instáveis (Unidades Ecodinâmicas Instáveis), pois o autor entende que no ambiente natural as forças de energia e matéria se processam dentro de uma de relação de equilíbrio dinâmico. Todavia, este equilíbrio é frequentemente alterado pelas intervenções humanas nos diversos componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrios temporários ou até mesmo permanentes, aproximando-se da categoria de ambientes de transição ou mesmo instáveis. O equilíbrio de um sistema representa o ajustamento das suas variáveis internas às condições externas (TROPPEMAIR, 1987; TROPPEMAIR, 2000).

Isso significa que as formas de relevo e os seus atributos apresentam valores dimensionais de acordo com as influências exercidas pelo ambiente, que controla a qualidade e a quantidade de matéria e a energia que fluem pelo sistema e pelo homem, que interferem nesses fluxos.

Considerando que os sistemas estudados pela Geomorfologia são sistemas abertos (CHRISTOFOLETTI, 1980), isto é, que trocam energia e matéria com outros sistemas, eles tendem a se manterem estabilizados na medida em que as forças atuantes e providas do meio ambiente são absorvidas e transmitidas pela flexibilidade existente na estrutura do sistema. Contudo, é mais uma vez Troppmair (2000), que lembra que a paisagem geográfica é um sistema espacial dinâmico de fenômenos naturais e socioeconômicos e que essa paisagem apesar de existir independente da presença do Homem está sujeita as suas modificações, levando os sistemas naturais invariavelmente ao desequilíbrio.

Os conceitos de Unidades Ecodinâmicas foram aprimorados por Ross (1990) que inseriu novos critérios para defini-las. Para este autor as Unidades Ecodinâmicas Instáveis foram definidas como sendo aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas, enquanto as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se, portanto, em seu estado natural.

Christofoletti (2007) avança no pensamento e agora completa que os sistemas ambientais também são os responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas socioeconômicos e deles recebem os seus produtos: edificações, insumos, emissões, dejetos etc.

Finalmente podemos recorrer aos textos de Capra (2006) que defende que os problemas que as sociedades contemporâneas vivenciam, sejam ambientais ou de outra natureza, são “sistêmicos, o que significa que estão interligados interdependentes”. Não podem, portanto, ser compreendidos a partir de critérios ou aspectos isolados. Tudo está interligado. O modelo de desenvolvimento econômico praticado possibilita, ao mesmo tempo, a expansão da população, mas também a expansão da fome e o aumento da concentração de riqueza, a escassez dos recursos, a degradação do meio ambiente e conseqüentemente, aumento das catástrofes ambientais nas diversas escalas geográficas.

Sendo assim, é claro concluir que o Homem ao fazer parte do ambiente natural como um elemento ativo modifica a paisagem. Sua atuação sobre os solos, a vegetação, a hidrologia e os processos subseqüentes, como por exemplo, as formas de erosão – e entre elas, os movimentos de massa - geram transformações no sistema, as quais podem propiciar o desequilíbrio ou novos arranjos.

A intensidade dessas transformações depende diretamente do nível de interferência aplicado ao sistema pelo homem, e posteriormente, do grau de suscetibilidade do próprio sistema, às mudanças.

Estas interferências no ambiente natural ocorrem, pois o homem se utiliza do espaço para ocupação, reordenação e aproveitamento dos recursos naturais sem, muitas vezes, uma preocupação com conservação da natureza, ou seja, sem a devida preocupação com o equilíbrio original.

1.6 – O REFERENCIAL TEÓRICO ATRAVÉS DO PENSAMENTO COMPLEXO

A partir das concepções de Bertalanffy vários avanços foram realizados no estudo dos sistemas, entre os quais também devemos destacar aqueles levados a efeito pelas discussões e críticas de Edgard Morin acerca da estrutura e complexidade dos sistemas e da abordagem sistêmica como método de interpretação conjunta da realidade.

Neste aspecto, justamente pela complexidade dos trabalhos de investigação dos processos naturais e suas relações com as interferências antrópicas, e pela certeza de que só desta maneira essas questões podem ser investigadas, que esse autor, com seu importante discurso em torno do pensamento complexo, se torna um dos principais referenciais teóricos deste trabalho.

Morin (2004a) afirma que a Geografia é uma ciência complexa por princípio, uma vez que abrange a física terrestre, a

biosfera e as implantações humanas. Assim, não devemos nos permitir fazer a análise de um fenômeno particular, no local, sem enquadrarmos numa totalidade que valorize as interações e retroações entre as partes e o todo. Para o autor os estudos compartimentados tratam as partes como se pertencessem a universos disjuntos, existentes autonomamente, limitando estudos relacionais (MORIN, 2004b).

A discussão em torno de uma ciência da complexidade dá-se pela enorme transformação que está ocorrendo nas diferentes áreas tanto das Ciências Naturais quanto Humanas. Além disso, um pensamento complexo tornou-se exigência social e política no nosso século, pois principalmente com o surgimento da abordagem sistêmica em várias áreas do conhecimento, percebeu-se que a postura cartesiana conduz a interpretações e ações limitantes (MORIN, 2002).

Morin (op. cit.) busca um pensamento único e complexo para a ciência, pois alega que a ciência compartimentada torna impossível o “conhecimento do conhecimento”, ou seja, que neste paradigma de ciência segregada em disciplinas o progresso dos conhecimentos constitui ao mesmo tempo um grande progresso do desconhecimento; e continua:

“Acredito na tentativa de um pensamento o menos mutilante possível e o mais racional possível [...] e o que me interessa é respeitar as exigências de investigação e de verificação que são as do conhecimento científico e as exigências de reflexão que são reservadas ao conhecimento filosófico”. (MORIN, 2002. p. 42)

Então, propor um pensamento complexo abrange todas as possibilidades de integração das mais variadas formas de se ver um fenômeno, saindo das interpretações mecanicistas ou cartesianas. A compreensão completa pelo método da complexidade busca todas as explicações ou entendimentos possíveis. Assim, não devemos nos permitir fazer a análise de um fenômeno particular, sem enquadrarmos numa totalidade que valorize as interações e retroações entre partes e o todo (MORIN, 2004b)

Diferentemente do pensamento fragmentado e unilateral, o pensamento complexo configura-se em outra forma de abordar a realidade. De maneira geral, a complexidade é capaz de reunir, de contextualizar, de globalizar, mas, ao mesmo tempo, pode reconhecer o singular, o individual, o concreto (MORIN, 2006).

Dentro desta linha de pensamento devemos voltar às ideias de Capra (2006) e lembrar-nos da necessidade atual de mudança de paradigma, de percepção e, assim, de valores éticos para lidarmos com a natureza e a humanidade.

Assim, vimos com esse referencial teórico organizar os conceitos fundamentais que compõem as questões referentes aos desastres naturais e propor um pensamento novo, que abranja todas as possibilidades de integração das mais variadas formas de se tratar com o fenômeno, saindo das interpretações mecanicistas ou cartesianas, visando sua compreensão mais abrangente pelo método da complexidade, buscando todas as explicações possíveis.

Buscar explicações exclusivas ou predominantemente geomorfológicas, geológicas ou geotécnicas; atribuir pesos e valores absolutos aos fatores climáticos e hidrológicos; determinar resultados a partir de uma única fonte de análise determinista, heurística ou probabilística; excluir a participação antrópica ou sentenciar sua interferência como única culpada não irá colaborar para promover avanços em um tema tão relevante.

Os desastres naturais, que podem ser influenciados pela ação antrópica precisam ser compreendidos à luz de uma nova racionalidade, guiada pela mudança de percepção sobre a realidade ambiental contemporânea e a complexidade inerente ao tema.

1.7 – ASPECTOS PRÁTICOS E ÉTICOS ENVOLVIDOS NA PESQUISA

As questões práticas mais importantes que envolveram esse trabalho de pesquisa estiveram relacionadas com as questões de escala e com a possibilidade de obtenção de dados que permitam realizar certos tipos de análises.

O conceito de escala é essencial à Geografia já que compõe uma forma para a compreensão de objetos numa perspectiva espacial. A análise geográfica de um fenômeno requer objetivar os espaços em uma escala na qual ele possa ser percebido de uma forma que, quando observado e representado nessa determinada escala, ganhe um sentido particular.

O entendimento e uso correto da escala são fundamentais em pesquisas geográficas, cartográficas e ambientais, ou em todas aquelas que se realizem sobre o espaço geográfico no qual ocorrem os fenômenos (MENEZES e COELHO NETO, 2002).

Para Castro (1995), a escala enquanto problema epistemológico e metodológico tem sido tema de discussão devido sua importância para a compreensão da essência de algumas questões com as quais nos confrontamos quando trabalhamos com a organização espacial, pois, são muitas as semelhanças e diferenças entre os conceitos de escalas cartográficas e geográficas. O problema da analogia entre essas escalas existe porque a geografia não dispõe de um conceito próprio de escala e adotou o conceito cartográfico.

Lacoste (1976) já explicava que diferenças na escala trazem consequências para os níveis de análise. Trata-se de buscar o espaço de visibilidade dos fenômenos escolhidos a partir da perspectiva de que a mudança da escala e o nível de análise traz também mudança no nível de percepção do fenômeno. Ainda conforme o autor, escala é a medida que confere visibilidade ao fenômeno, ela não define o nível de análise, e sim, deve ser definida por ele.

Novamente segundo Castro (1995), a escala cartográfica exprime a representação do espaço como forma geométrica, enquanto a escala geográfica exprime a representação das relações que as sociedades mantêm com esta forma geométrica.

Tal explanação é importante para fundamentar o processo de compreensão do nível de análise aplicado a este

trabalho, já que existem limites técnicos na escala cartográfica das informações geológicas e pedológicas disponíveis, mas esses limites não devem se aplicar aos níveis de análise do risco, uma vez que seus fenômenos determinantes estão inseridos na esfera de análise determinada por uma escala geográfica. Para uma melhor compreensão sobre essa discussão a respeito das escalas cartográfica e geográfica, é necessário considerar a área de ocorrência de determinado fenômeno.

Como exemplo, se este fenômeno abranger uma grande área, como é o caso do episódio extremo de chuva, em novembro de 2008, em Santa Catarina, estaremos tratando de centenas, ou até de milhares de quilômetros quadrados (escala geográfica), então é necessário se utilizar de um mapa com uma escala de aproximadamente 1:500.000 ou 1:1.000.000 (escala cartográfica), que é uma escala pequena. Em contrapartida, se um fenômeno ocorre em uma área pequena e a ela importa, como é o caso de um deslizamento de terras e as casas atingidas por esse deslizamento, sua área de abrangência será muito menor, reduzida a alguns milhares ou centenas de metros quadrados e então deverá ser representado em uma carta com escala de aproximadamente 1:10.000 ou até 1:1.000.

No entanto, a disponibilidade das cartas básicas da área recorte, para a construção da carta geotécnica (como serão apresentadas em capítulo que trata dos materiais utilizados), está muito aquém do correspondente ideal para representação de fenômenos com pouca abrangência geográfica. As cartas de geologia e pedologia disponíveis possuem uma escala cartográfica pequena e assim a carta geotécnica produzida apresentará limitações inerentes a pouca resolução espacial necessária para a representação dos movimentos de massa.

Como justificativa, além da questão já tratada (a análise e percepção do risco, que se encontra na esfera de uma escala geográfica mais ampla), têm-se também os argumentos de que: 1º.) as novas cartas produzidas nesse trabalho são apenas algumas entre os vários elementos que se somam para o entendimento dos fatores condicionantes dos movimentos de massa; 2º.) os SIGs, sendo ferramentas que atuam com informações digitais, permitem, mesmo apesar da manutenção do problema referente a escala, o cruzamento de diferentes

níveis de informações, de diferentes escalas e mesmo isso sendo passível de questionamento, propicia o avanço do trabalho;

Por outro lado, quando se trata de questões não práticas, ou seja, questões abstratas, a determinação das suscetibilidades de uma área e a quantificação dos riscos são questões que carregam uma grande carga ética. Essas tarefas significam cartografar, ou seja, espacializar, dentro dos parâmetros analisados e dos conhecimentos desenvolvidos, as áreas com maior ou menor grau de probabilidade de ocorrência de um evento que possa causar danos, sejam de bens ou de vidas.

O que, a primeira vista, por si só já pareça tarefa de relevante importância toma um significado mais profundo quando observado do ponto de vista daqueles que estão diretamente envolvidos nos resultados desses trabalhos. Em primeiro lugar, deve-se considerar os moradores da comunidade situada na área dessa pesquisa, pois, não só lhes interessa o conhecimento real das suas vulnerabilidades, como também das consequências desse conhecimento. Uma área que é considerada como insegura e com alto grau de probabilidade de que algo negativo venha acontecer já estará sob impacto negativo, independente da concretização ou não do evento provável identificado. A depreciação imobiliária, a impossibilidade de venda ou até a interdição pode ser devastadora para as famílias ou grupos envolvidos. Em segundo lugar, mas de igual importância, estão as decisões, por exemplo, dos gestores públicos e privados, que podem, ou pelo menos devem estar de acordo com o que esse tipo de pesquisa orienta. Assim, a tomada de decisão de uma prefeitura em aplicar recursos na construção ou recuperação de uma estrada, de uma ponte, ou na realocação de pessoas; ou a decisão de uma empresa em transferir suas atividades para outro local, envolve custos que se aplicados de maneira equivocada podem gerar consequências negativas significativas.

CAPÍTULO 2

O EVENTO EXTREMO DE 2008



“Storm Clouds”. Óleo sobre tela do pintor e poeta modernista Marsden Hartley (1907).

2 – O EVENTO EXTREMO DE 2008

No mês de novembro de 2008, na porção litorânea e principalmente o médio e baixo vale do rio Itajaí-Açú, as chuvas foram excepcionais com totais pluviométricos mensais que ultrapassaram todos os registros existentes até então. Um terço do território catarinense foi atingido pelas chuvas. Na ocasião, 63 municípios decretaram Situação de Emergência e 14 decretaram Estado de Calamidade Pública.

De acordo com Minuzzi e Rodrigues (2012), durante os meses de setembro e outubro, até 19 de novembro de 2008, as chuvas ocorreram de forma contínua e de intensidade moderada a forte. No dia 19 de novembro a circulação marítima (predomínio de ventos de leste), favorecida pela atuação de um sistema de alta pressão centrado no Atlântico, transportou uma grande quantidade de umidade do mar para o continente em níveis próximos à superfície resultando em tempo instável com chuva persistente, desde a região da Grande Florianópolis até o Litoral Norte, incluindo o médio e o baixo vale do rio Itajaí-Açu.

Esse evento extremo foi responsável pelo maior desastre natural do estado até então, seja pelo número de vítimas ou pelos prejuízos financeiros.

2.1 – OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS RESPONSÁVEIS PELO EVENTO EXTREMO DE 2008

Severo (2009) descreve que o comportamento climático da precipitação no vale do rio Itajaí-Açú apresenta uma estação chuvosa entre dezembro e março e um período mais seco entre abril e julho, com uma estação chuvosa secundária entre setembro e outubro e que o principal mecanismo físico de grande escala atuante na região é a chamada Alta da Bolívia, um sistema que se forma sobre o platô boliviano e região amazônica devido a liberação do calor latente da superfície para a atmosfera, trazendo para a região a umidade liberada nos níveis

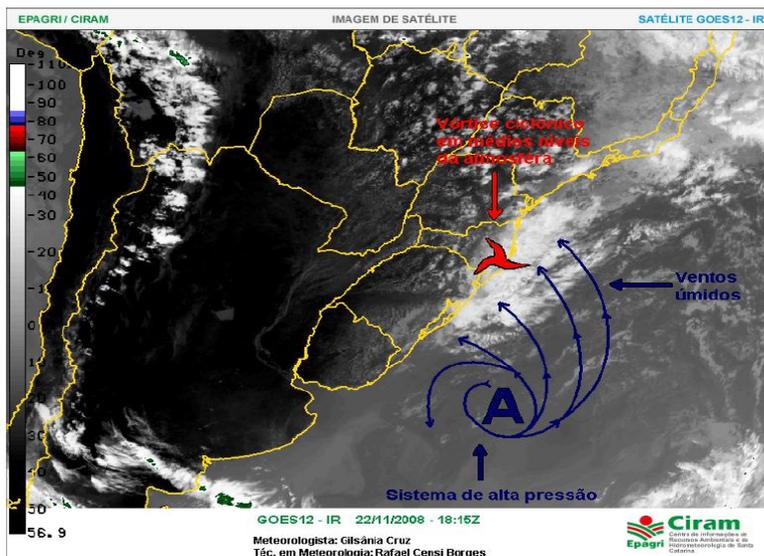
médios, transportada pelo escoamento norte/nordeste na forma de jatos de baixos níveis.

Informações organizadas pela Fundação Universidade Regional de Blumenau - FURB e pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrologia - EPAGRI/CIRAM (2008), tornam possíveis concluir que os sistema atuante no final de novembro de 2008 foi diferente do habitual:

- no dia 19 de novembro a circulação marítima, que é o deslocamento de umidade do mar para o continente provocado pelo predomínio dos ventos de leste em níveis próximos à superfície que circulam em sentido anti-horário em torno de um centro de alta pressão, manteve o tempo instável com chuva persistente. Essa chuva era predominantemente de fraca intensidade, apresentando intensidade moderada a forte por alguns momentos. O solo foi se encharcando gradualmente. A água represada formava pontos de alagamento. O nível dos rios do médio e baixo vale do Itajaí-Açu, subiu de forma lenta;
- entre os dias 21 e 23 de novembro de 2008 um vórtice ciclônico, sistema de baixa pressão em médios níveis da atmosfera, intensificou a instabilidade e a nebulosidade (Figura 7). As chuvas passaram de moderada a forte de maneira contínua, ocasionando a elevação rápida do nível dos rios com transbordamentos e ampliando rapidamente as áreas inundadas ao que se somaram a centenas de deslizamentos nas encostas, principalmente a partir do dia 22 de novembro de 2008. (EPAGRI/CIRAM, 2008; MINUZZI e RODRIGUES, 2012).

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.

Fig. 7 – Imagem da Epagri/Ciram, destacando as áreas de alta e baixa pressão no dia 22 de nov. de 2008 no litoral de Santa Catarina.



Fonte: CEPED (2009).

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.

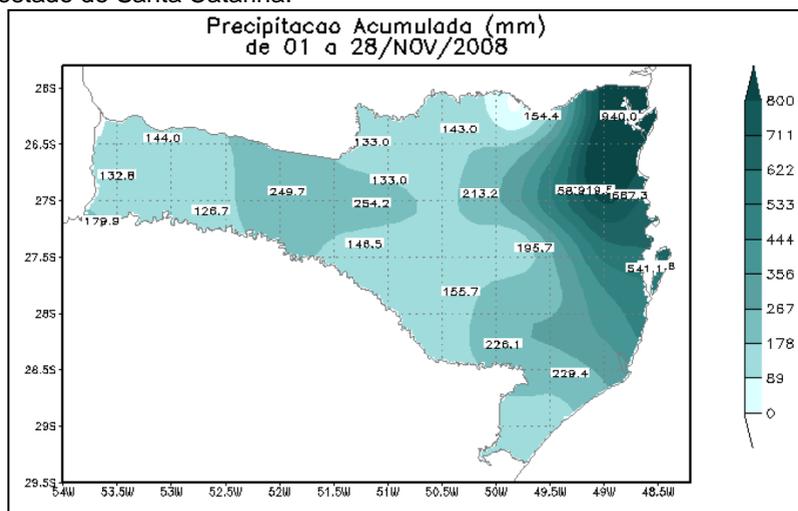
Outro fator agravante para este evento é que desde setembro vinham sendo registradas nestas regiões chuvas frequentes, com valores acima da média mensal, deixando o solo encharcado. Entre os dias 01/11/2008 até 25/11/2008 houve registro de chuva em pelo menos 21 dias.

2.2 – O EXCEPCIONALISMO PLUVIOMÉTRICO DO EVENTO

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-Açú, as disparidades com as médias foram ainda maiores: os volumes de chuva estiveram entre 350 e 400% acima do esperado. Outra característica importante do evento extremo de novembro de 2008 foi a sua distribuição geográfica irregular (Figura 8).

Fig. 8 – Gráfico da distribuição e valores das chuvas acumuladas no estado de Santa Catarina.



Fonte: EPAGRI/CIRAM (2008).

O gráfico acima mostra o total acumulado entre os dias 21 a 25 de novembro e a irregularidade na distribuição das chuvas no estado, com concentração dos maiores volumes no litoral Norte e Vale do Itajaí-Açú, expressadas por um intenso gradiente de precipitação com orientação Nordeste-Sudoeste, com os valores máximos próximos ao litoral e região onde estão localizados os municípios de Luis Alves, Ilhota, Gaspar e Blumenau.

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) (Figura 9).

Fig. 9 – Valores diários de chuva entre os dias 21 e 25/11 em alguns municípios de SC.

Precipitação em novembro de 2008 (em mm)						
Regiões / Municípios	Dia 21 (sexta-feira)	Dia 22 (sábado)	Dia 23 (domingo)	Dia 24 (segunda-feira)	Dia 25 (terça-feira)	Acumulado 5 dias
PLANALTO SUL						
Urubici	47,6	31,8	45,6	16,6	2,9	144,5
LITORAL NORTE E MÉDIO VALE DO ITAJAÍ						
Quiriní	30,4	50,8	81,99	2,4	38,2	203,79
Indaial	27	6,2	110,8	107,6	15,6	267,2
Blumenau	42,6	21,2	236,2	214,6	9,39	523,9
Itajaí	89,4	133,3	180,9	74,2	3,9	481,7
Luiz Alves	131	158,6	136,2	250	17,2	693
São Francisco do Sul	57,4	163,6	303	71,8	8,9	604,7
Balneário Camboriú	86,4	117,8	251,6	85	16,7	557,5
Itapoá	*	198,4	204,6	31	8,4	442,4
GRANDE FLORIANÓPOLIS						
São José	51,8	85,8	116,4	43,6	19	316,6
Águas Mornas	30	81,6	*	56,8	49,4	217,8
Florianópolis	25,9	61,2	128,9	53,7	25	294,7
Angelina	33,4	37,8	113,4	54	48	286,6
Anitápolis	25,6	47,4	90,1	51,6	19,3	234
Biguaçu	43,8	110,8	142,4	75,8	28,7	401,5
LITORAL SUL						
Araranguá	*	37,2	31,4	1,2	0	69,8
Urussanga	26,9	63	35,2	3,4	0	128,5
Laguna	21,4	31,8	35,8	17,8	1	107,8
Barragem São Bento	68,2	42	38,8	1,6	0	150,6

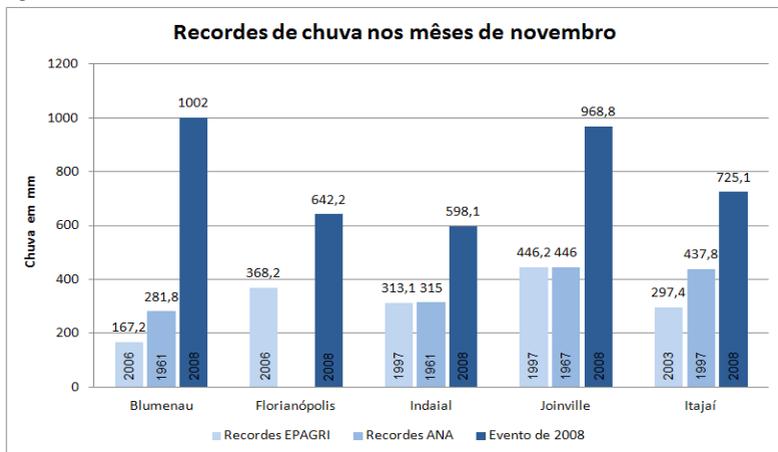
* sem registro

Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2008. Adap.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Quanto aos índices recordes, a figura 10 mostra os totais acumulados em novembro em algumas estações da Grande Florianópolis, Vale do Itajaí-Açú e Litoral Norte, comparados com os maiores registros obtidos em anos anteriores para o referido mês, com seus respectivos valores e ano de ocorrência.

Tucci (2009) relativiza a importância desses valores acumulados em 24 horas e apesar de reconhecer a importância do evento, lembra que o pluviômetro do INMET em Indaial registrou cerca de 200mm entre as 9 horas do dia 22/11/2008 e as 9 horas do dia 24/11/2008 (48 horas), sendo que esse total não demonstra uma grande excepcionalidade, considerando registros anteriores. Da mesma forma, questiona a importância e exemplifica, com os dados das cotas de cheia, os valores máximos atingidos pelo Rio Itajaí-Açú no episódio de 2008.

Fig. 10 – Valores acumulados de chuva no mês de novembro de 2008.



Fonte: MINUZZI; RODRIGUES, 2012 e SNIRH, 2011. Adap.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Na ocasião a altura do rio atingiu 11,4m na régua de Blumenau. Segundo esse autor, esse fato representa uma cheia da ordem de 10 anos de tempo de recorrência, já que a maior enchente dos últimos 156 anos foi em 1880 e atingiu 17,1m. E mesmo nas grandes enchentes de 1983 e 1984 a cota atingiu 15,3 e 15,5m respectivamente. Portanto, segundo ele, a principal condição crítica não está na excepcionalidade dos valores de precipitação, mas sim no longo período anterior com a presença chuvas.

Analisando as duas vertentes, acreditamos que desprezar ou relativizar a importância de um ou outro fator (a excepcionalidade dos altos valores para os períodos de 24hs ou o longo período anterior de precipitação persistente), seria incorrer em uma análise simplificada dos fatos. Devemos entender que a ocorrência da conjunção dessas duas situações resultou em enchentes e um grande número de deslizamentos ocorridos em novembro de 2008, reforçando a necessidade e a importância da captação e gerenciamento de dados meteorológicos. Contudo, a determinação de valores extremos de chuva em Santa Catarina encontra desafios relacionados à escassez espacial de pontos de medições (Estações meteorológicas com pluviógrafos ou pluviômetros) e a ausência

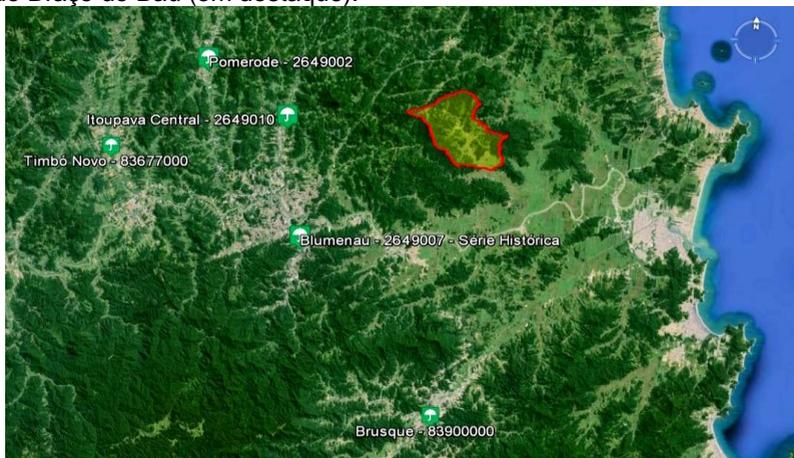
ou baixa qualidade das séries históricas de dados de longo prazo.

Nerilo, Medeiros e Cordeiro (2002) realizaram levantamento das chuvas extremas no estado com dados anteriores ao evento de 2008. Utilizando-se da rede de estações meteorológicas disponíveis para todo o estado de Santa Catarina, chegaram a uma densidade média de informação de 639,9km²/estação. As regiões do Vale do Itajaí-Açu e do Litoral Central possuem as melhores densidades: 321,5km²/estação, ou seja, 47 estações para 15.111km² de área regional e 485,3km²/estação, 12 estações para 5.824km² de área regional. Ainda assim é um número baixo de estações para áreas de significativa importância demográfica e econômica. Na região do Extremo Oeste a situação é muito pior, com um valor de 1.192,40km²/estação, isto é, 5 para os 5.962km² da área.

Esses autores organizaram as séries baseadas no maior valor de chuva, no período de tempo de 1 dia, coletado de cada estação, durante um ano hidrológico e determinaram a distribuição de frequências ao longo de diferentes intervalos de tempo: 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Desta forma calcularam pelo método de Gumbel (Villela e Mattos, 1975; Cordeiro, 2013) os períodos de retorno⁶ para a possibilidade de ocorrência de chuvas iguais ou maiores que as ocorridas até então. Foi possível estabelecer os valores esperados para precipitações extremas, em milímetros por hora (mm/h) para todas as estações que possuíam séries históricas de intensidade-duração-frequência, inclusive para quatro estações próximas a microbacia do Ribeirão Braço do Baú: Itoupava Central – no. 2649010 em Blumenau; Brusque – no. 83900000; estação Pomerode – no. 2649002 e estação Timbó Novo – no. 83677000 (Figura 11).

⁶ A determinação do chamado Cálculo do Período de Retorno estima, através dos dados que formam as séries extremas, a provável ocorrência futura de eventos que igualem ou excedam a magnitude do maior evento até então já registrado, dentro de um determinado período de tempo, isto é, o intervalo de tempo estimado de ocorrência do evento extremo futuro. É representado pela equação $T=1/p$, sendo “T” a unidade em anos e “p” a probabilidade do evento ser igualado ou superado.

Fig. 11 – Localização das estações em relação a microbacia do Ribeirão do Braço do Baú (em destaque).



Fonte: GOOGLE EARTH, 2014. Adap.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

As figuras 12 a 15 apresentam os resultados desses cálculos. Os valores apresentados correspondem a quantidade de precipitação máxima esperada para cada intervalo de anos.

Fig. 12 a 15 – Período de Retorno para as chuvas registradas em cada estação.

Itoupava Central – no. 2649010					
(Intensidade de chuvas em mm/h)					
Duração	5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
5 min	176,8	192,9	204,5	239,7	254,3
10 min	144,7	164,9	179,8	206,6	222,5
15min	125	145,2	164,5	192,9	208,9
20 min	108,5	126	142,8	167,4	183,9
25 min	97,5	113,2	128,3	150,4	165,3
30 min	89,3	103,7	117,5	137,8	151,4
1h	60,3	70,1	79,4	93,1	102,3
6h	17,2	20	22,7	26,6	29,2
12h	10,2	11,8	13,4	15,7	17,3
24h	6	7	7,9	9,2	10,1

Brusque – no. 83900000					
(Intensidade de chuvas em mm/h)					
Duração	5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
5 min	143,7	166,2	187,8	219,5	240,7
10 min	114,1	132	149,1	174,3	191,2
15min	98,6	114,1	128,9	150,6	165,2
20 min	85,6	99	111,8	130,7	143,4
25 min	76,9	89	100,5	117,5	128,9
30 min	70,5	81,5	92	107,6	118
1h	47,6	55	62,2	72,7	79,7
6h	13,6	15,7	17,8	20,8	22,8
12h	8	9,3	10,5	12,3	13,4
24h	4,7	5,5	6,2	7,2	7,9

Pomerode – no. 2649002					
(Intensidade de chuvas em mm/h)					
Duração	5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
5 min	161,3	187,9	213,4	250,7	275,9
10 min	128,1	149,2	169,5	119,1	219,1
15min	110,7	128,9	146,4	172,1	189,3
20 min	96,1	111,9	127,1	149,3	164,3
25 min	86,4	100,6	114,2	134,2	147,7
30 min	79,1	92,1	104,6	122,9	135,2
1h	53,4	62,2	70,7	83	91,4
6h	15,3	17,8	20,2	23,7	26,1
12h	9	10,5	11,9	14	15,4
24h	5,3	6,2	7	8,2	9,1

Timbó Novo – no. 83677000					
(Intensidade de chuvas em mm/h)					
Duração	5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
5 min	147,2	167,5	187	216	235,2
10 min	116,9	133	148,5	171,5	186,8
15min	101	115	128,3	148,2	161,4
20 min	87,7	99,8	111,4	128,6	140,1
25 min	78,8	89,7	100,1	115,6	125,9
30 min	72,2	82,1	91,7	105,9	115,3
1h	48,8	55,5	61,9	71,5	77,9
6h	13,9	15,9	17,7	20,4	22,3
12h	8,2	9,4	10,4	12,1	13,1
24h	4,8	5,5	6,1	7,1	7,7

Fonte: Nerilo, Medeiros e Cordeiro (2002).

Em Blumenau, por exemplo, uma precipitação extrema de 176,8mm/h, com 5 minutos de duração, pode ser esperada a cada 5 anos. Observando que os 176,8mm/h, em 5 minutos corresponderiam a um volume de 14,7mm (176,8mm/h divididos pelos 12 períodos de 5 minutos que compõe o total de 1 hora). No entanto, a cada 100 anos, é possível esperar a ocorrência de um volume de 21,2mm na mesma duração de 5 minutos. Na mesma estação de Blumenau é possível esperar, a cada 100 anos, um evento que provoque 242,4mm de precipitação (10,1mm/h multiplicado pelas 24 horas).

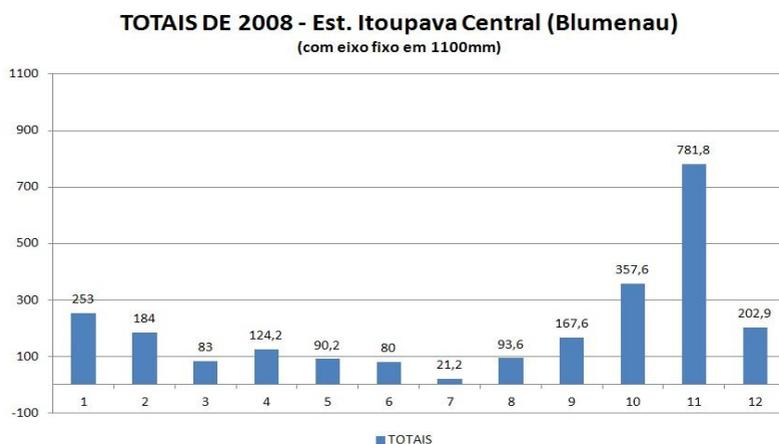
Os dados da Agência Nacional de Águas - ANA, disponibilizados no Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, apresentam os valores diários de chuva para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro e os mensais para o ano de 2008 (SNIRH, 2011). As figuras 16 a 22 referem-se às mesmas quatro estações utilizadas no trabalho de cálculo de Período de Retorno. Nas figuras 24 e 25 os dados são da estação Blumenau – no. 2649007.

Fig. 16 – Valores de chuvas diárias da estação Itoupava Central, localizada em Blumenau, no ano de 2008.

ITOUPAVA CENTRAL - 2649010												
D/M	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	1,2	34,8	19,4	0,0	0,0	9,4	0,0	12,2	0,0	1,0	1,0	0,0
2	4,0	15,0	11,8	0,0	29,0	0,0	0,0	8,6	0,0	17,0	42,2	0,0
3	3,4	10,6	0,0	9,6	14,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	10,4	17,0
4	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	2,0	0,0	0,0	86,8	0,0	0,0
5	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	45,0	0,4	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	1,4	3,0	0,0
7	5,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	2,6	0,0	0,0	0,0
8	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	19,4	0,0	0,8	0,0
10	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	15,0	2,6	0,0	16,2	15,8
11	0,0	2,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,6	4,6	17,8	13,6
12	33,0	48,8	4,0	3,4	0,0	15,4	0,0	0,0	43,0	7,6	61,4	0,0
13	0,0	1,6	2,8	0,0	0,0	3,6	0,0	23,6	23,0	0,0	21,4	0,0
14	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	13,8	0,0	1,4	2,6	0,0	14,0	0,0
15	6,6	0,0	0,0	2,8	0,0	2,4	0,0	3,8	0,0	17,4	0,0	0,0
16	0,0	3,0	13,4	2,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	36,0	0,0	52,5
17	17,4	0,0	5,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	31,0	11,8
18	1,2	2,8	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,0	3,0	3,2
19	6,8	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	11,2	14,2	0,0
20	6,2	0,0	0,0	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	4,2	25,0	0,0
21	0,0	18,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	4,8	53,6	0,0
22	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	1,4	31,4	0,0
23	13,8	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	138,0	0,0
24	5,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	19,2	0,0	0,0	19,2	193,6	0,0
25	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,4	0,6	8,0	26,0
26	5,0	11,6	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,6	1,8	18,0	36,8
27	7,6	19,6	0,0	2,8	0,0	16,6	0,0	0,0	3,8	16,0	20,4	0,0
28	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	11,0	0,0	11,6	0,0
29	48,0	7,0	0,0	37,8	15,0	0,0	0,0	0,0	18,8	2,8	6,0	0,0
30	49,4	0,0	3,2	32,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	23,8	39,4	26,2
31	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAIS	253	184	83	124,2	90,2	80	21,2	93,6	167,6	357,6	781,8	202,9

FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 17 – Valores de chuvas mensais da estação Itoupava Central, localizada em Blumenau, no ano de 2008.



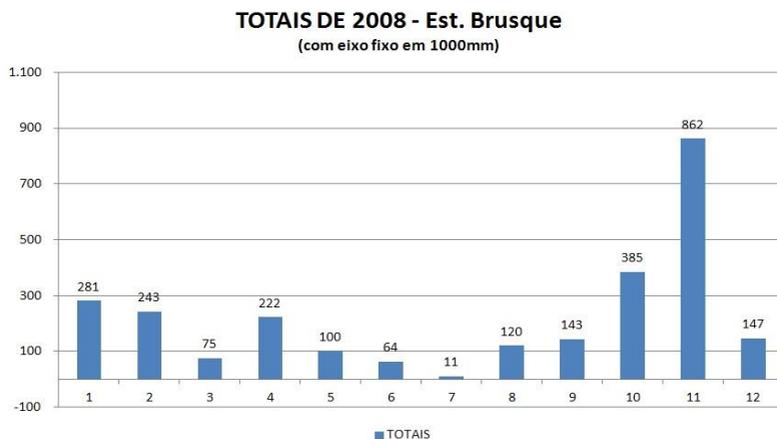
FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 18 – Valores de chuvas diárias da estação Brusque, no ano de 2008.

BRUSQUE - 283900000												
D/M	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	50,0	11,0	8,0	3,0	63,0	0,0	0,0	1,0	0,0	9,0	40,0	17,0
3	0,0	5,0	0,0	1,0	1,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	108,0	3,0
4	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	11,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	12,0	16,0	0,0	1,0	0,0
7	37,0	21,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
9	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	1,0	19,0	0,0	0,0	0,0
10	10,0	14,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	20,0	2,0	7,0	18,0	8,0
11	12,0	8,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	14,0	17,0	28,0	0,0
12	1,0	4,0	5,0	2,0	0,0	12,0	0,0	19,0	22,0	1,0	22,0	1,0
13	0,0	0,0	11,0	7,0	0,0	1,0	0,0	10,0	17,0	0,0	15,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0
15	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	24,0	0,0	48,0
16	0,0	0,0	2,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	8,0	7,0
17	4,0	55,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	2,0	0,0
18	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0	11,0	0,0
19	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	9,0	0,0
20	0,0	21,0	4,0	135,0	0,0	1,0	0,0	0,0	10,0	6,0	63,0	0,0
21	0,0	1,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	20,0	14,0	7,0	85,0	0,0
22	2,0	6,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,0	188,0	0,0
23	4,0	2,0	5,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	12,0	49,0	3,0
24	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	1,0	5,0	55,0
25	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	10,0	0,0
26	1,0	10,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	4,0	10,0	5,0	0,0
27	3,0	4,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	8,0	0,0	11,0	0,0
28	2,0	5,0	0,0	19,0	0,0	1,0	0,0	0,0	12,0	0,0	10,0	0,0
29	16,0	73,0	0,0	8,0	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	123,0	5,0
30	25,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	35,0	2,0	0,0
31	106,0		0,0		2,0		0,0	0,0		0,0		0,0
TOTAIS	281	242	71	222	100	60	11	96	143	354	825	147

FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 19 – Valores de chuvas mensais da estação Brusque, no ano de 2008.



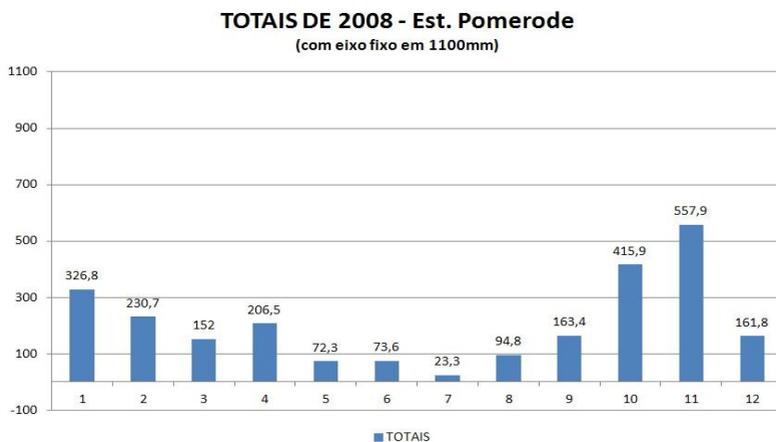
FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 20 – Valores de chuvas diárias da estação Pomerode, no ano de 2008.

POMERODE - 2649002												
D/M	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	7,9	18,4	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	0,4	4,2	1,4	0,0
2	0,2	11,4	8,1	0,0	22,3	7,3	0,0	6,9	0,0	23,5	49,5	0,5
3	0,6	7,5	0,0	32,5	13,3	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	7,6	8,0
4	1,9	1,8	0,0	0,0	0,0	14,0	4,5	6,0	0,0	126,8	1,4	0,0
5	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,9	0,1	0,0
6	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	4,1	0,2
7	16,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	0,0	0,0	2,5	0,0
8	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	23,5	0,0	1,4	0,0
10	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	9,1	0,9	5,3	3,4	38,0
11	0,0	3,2	1,6	17,1	0,0	0,0	0,0	18,1	0,2	4,2	33,9	30,6
12	20,4	73,4	39,8	2,9	0,0	3,8	0,0	0,0	34,5	8,3	42,9	0,2
13	0,0	4,5	4,3	1,6	0,0	1,3	0,0	21,5	0,0	0,0	0,7	0,0
14	1,1	0,0	0,8	18,5	0,0	19,5	0,0	2,6	23,9	0,0	11,6	0,0
15	0,4	0,0	0,2	2,0	0,0	2,3	0,0	3,1	0,0	23,2	0,2	0,0
16	12,5	0,0	17,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	27,7	0,0	29,5
17	2,9	7,2	11,4	9,8	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	28,9	25,0	8,7
18	6,5	0,6	10,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,5	2,5	3,2
19	9,8	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	9,8	0,0
20	38,0	0,0	0,0	41,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	11,4	0,0
21	5,2	22,6	3,3	44,6	0,0	0,0	0,0	0,0	25,9	10,2	41,5	0,0
22	3,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	5,2	34,3	0,0
23	11,1	6,5	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,4	114,3	0,0
24	12,1	2,5	24,7	0,0	0,0	0,0	18,5	0,0	0,0	22,9	62,3	0,0
25	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,4	0,8	0,5	15,3	22,5
26	13,3	7,5	3,4	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	5,7	3,4	11,2	0,0
27	7,5	18,0	0,0	1,6	0,7	18,8	0,0	0,0	23,0	24,2	25,5	19,6
28	4,7	14,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,9	0,0	11,8	0,0
29	39,0	13,6	0,6	29,5	9,8	0,1	0,0	0,0	13,7	0,8	23,5	0,0
30	53,1	0,3	3,1	26,2	0,0	0,0	0,0	0,7	24,8	8,8	0,0	0,0
31	32,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8
TOTAIS	326,8	230,7	152	206,5	72,3	73,6	23,3	94,8	163,4	415,9	557,9	161,8

FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 21 – Valores de chuvas mensais da estação Pomerode, no ano de 2008.



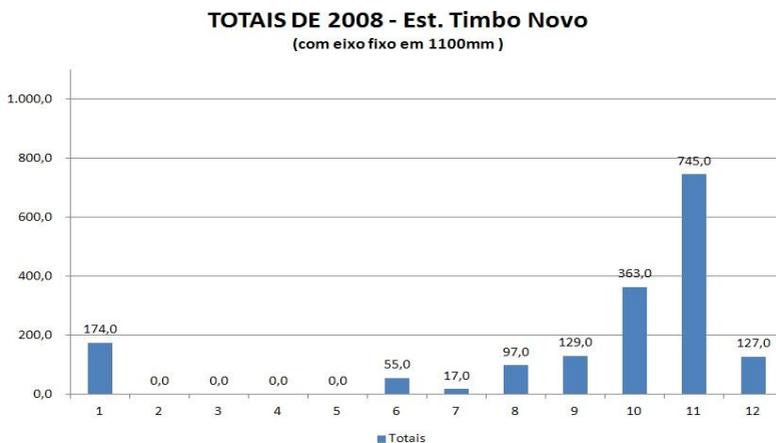
FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 22 – Valores de chuvas diárias da estação Timbó Novo, no ano de 2008.

TIMBÓ NOVO - 83677000												
D/M	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	64,0	13,0
3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	9,0	100,0	1,0
4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0	0,0	4,0	0,0
7	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	1,0	3,0	47,0	33,0
11	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	11,0	11,0	37,0	0,0
12	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	7,0	31,0	1,0	58,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	13,0	10,0	0,0	25,0	0,0
14	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0
15	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3,0	0,0	27,0	0,0	35,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	24,0	23,0	3,0
17	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0	1,0	5,0
18	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	18,0	1,0
19	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	16,0	0,0
20	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	4,0	25,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	2,0	29,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	96,0	0,0
23	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	1,0	0,0	38,0	46,0	1,0
24	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	32,0	5,0
25	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	2,0	32,0	4,0
26	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	2,0	12,0	14,0	0,0
27	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	3,0	0,0	8,0	0,0
28	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	20,0	0,0	7,0	0,0
29	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	24,0	25,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	4,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAIS	174,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,0	17,0	74,0	128,0	340,0	712,0	126,0

FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 23 – Valores de chuvas mensais da estação Timbó Novo, no ano de 2008.



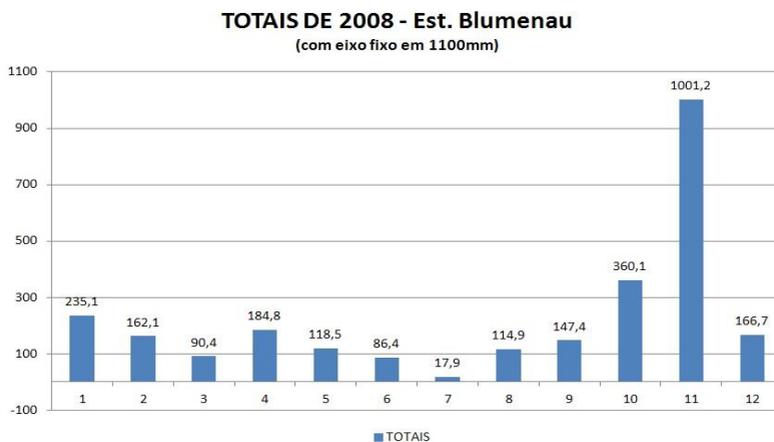
FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 24 – Valores de chuvas diárias da estação Blumenau, no ano de 2008.

BLUMENAU - 2649007												
D/M	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,7	38,7	31,9	0,0	0,0	7,3	0,0	12,7	0,7	0,3	0,0	0,5
2	57,7	10,0	2,7	0,0	25,0	0,0	0,0	6,3	0,0	21,7	27,1	0,0
3	0,1	3,1	13,1	6,7	73,0	0,8	0,0	5,1	0,0	0,0	33,7	16,5
4	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,3	0,4	0,0	50,6	0,7	0,0
5	27,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	51,1	0,5	0,0
6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	4,7	0,3
7	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	12,2	6,0	0,0	1,2	0,0
8	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	12,5	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	15,2	2,4	1,1	25,3	36,7
11	0,0	11,1	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,2	3,0	22,7	12,1
12	10,9	17,1	17,4	2,3	0,0	11,0	0,3	0,1	18,6	10,8	50,6	0,4
13	0,6	3,3	3,0	1,3	0,0	2,8	0,0	19,8	24,2	0,0	40,2	0,2
14	0,9	0,0	0,8	8,8	0,0	21,0	0,0	1,5	1,1	0,0	24,7	0,0
15	4,0	0,0	0,0	3,3	0,0	2,2	0,1	2,7	0,0	32,5	0,0	0,0
16	13,1	0,0	1,8	1,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	36,3	0,0	34,5
17	0,1	1,2	6,7	13,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	22,2	13,2	10,7
18	0,8	5,1	3,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	0,2	8,3
19	1,1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	17,7	30,8	0,0
20	10,7	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	13,9	0,0
21	0,2	27,0	0,0	95,0	0,0	8,9	0,0	0,0	31,8	3,2	38,0	0,0
22	1,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,8	43,3	0,0
23	4,4	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	243,5	0,0
24	5,7	0,2	4,1	0,0	0,0	0,0	14,5	0,0	0,0	29,3	250,9	0,4
25	0,8	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	10,5	16,5
26	0,9	8,4	0,3	0,0	0,0	2,1	0,0	0,9	1,2	0,4	9,6	1,6
27	4,1	19,4	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	3,3	20,3	20,8	0,0
28	3,7	2,5	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	25,7	0,0	12,6	0,0
29	36,7	6,2	0,0	30,0	16,2	0,4	0,0	0,0	9,1	5,0	6,1	0,0
30	25,1	0,0	0,0	5,5	4,3	0,0	0,0	0,0	0,6	24,3	76,4	28,0
31	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
TOTAIS	235,1	162,1	90,4	184,8	118,5	86,4	17,9	114,9	147,4	360,1	1001,2	166,7

FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

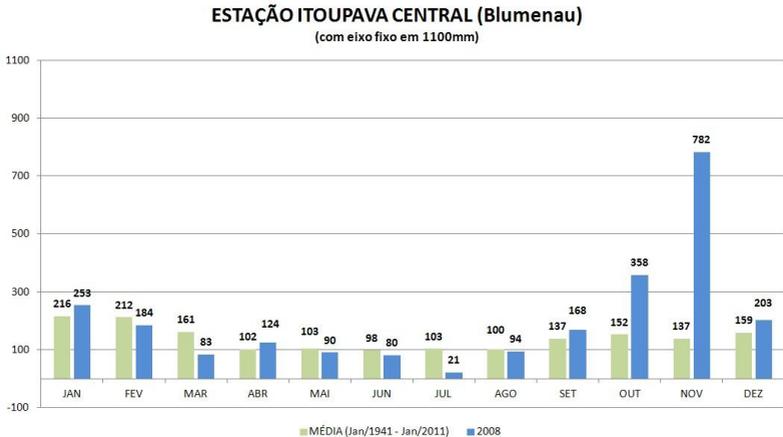
Fig. 25 – Valores de chuvas mensais da estação Blumenau, no ano de 2008.



FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

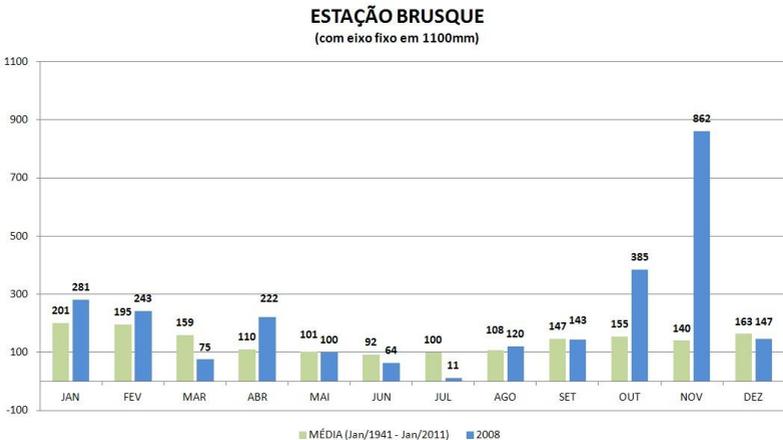
A comparação entre os valores mensais e as médias máximas de cada estação reforça o entendimento de como o evento extremo de novembro de 2008 superou em muito os valores de chuva normalmente esperados (Figuras 26 a 29).

Fig. 26 – Valores médios e valores de 2008 da estação Itoupava Central.



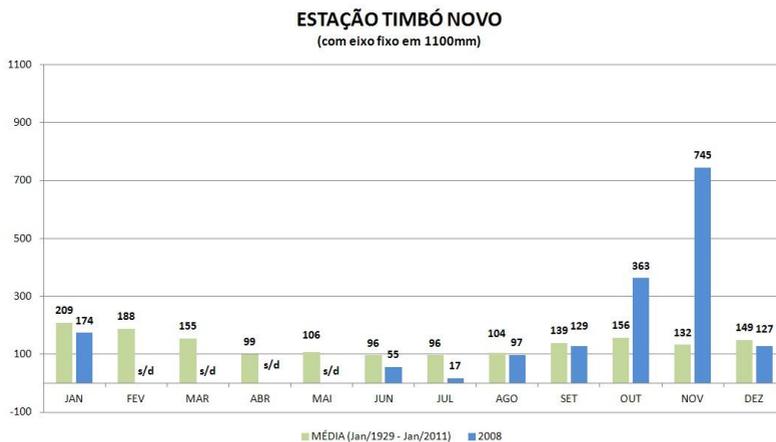
FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 27 – Valores médios e valores de 2008 da estação Brusque.



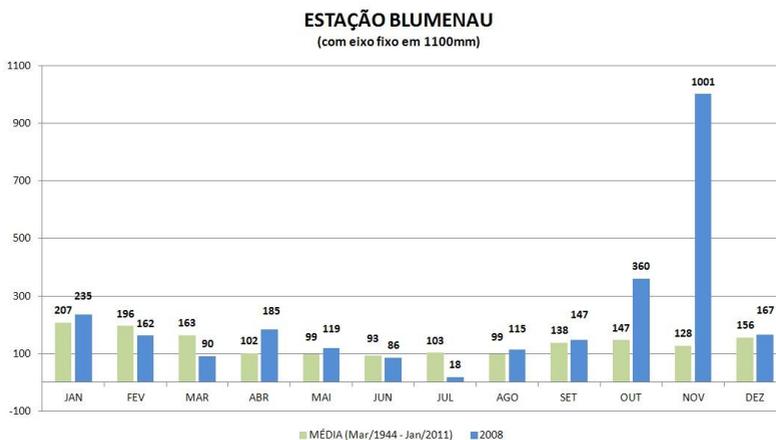
FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 28 – Valores médios e valores de 2008 da estação Timbó Novo.



FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Fig. 29 – Valores médios e valores de 2008 da estação Blumenau.



FONTE: ANA. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

Com novos valores máximos de chuva, atualizados com os dados do evento de 2008, Cordeiro et al. (2009); Medeiros e Barros (2012) e Medeiros (2013) estabeleceram novos cálculos para o período de retorno. Como exemplo, para a estação Itoupava Central que em 2008 registrou 193,6mm (em 24hs, no dia 24/11) o período de retorno ficou em 285 anos; na estação Blumenau, com 250,9mm (24/11) o período de retorno ficou em 1200 anos.

Tão excepcionais quanto os números relacionados à meteorologia estão os que falam a respeito da economia. Os danos provocados por essas chuvas em Santa Catarina foram os piores em mais de um século na região, segundo a Organização Meteorológica Mundial - OMM. A entidade destacou o evento climático no país como o mais sério do mundo, no ano de 2008 (ESTADÃO, 2008).

2.3 – A EXTENSÃO DO EVENTO

De acordo com a Defesa Civil Estadual, um terço do território catarinense foi atingido pelas chuvas. Dados recolhidos dos Relatórios de Avaliação de Danos – AVADAN's⁷, emitidos durante e após o evento, referentes ao período compreendido

⁷ - O AVADAN foi o documento oficial da Defesa Civil até agosto de 2012 e tinha como objetivo datar, tipificar e descrever fisicamente o desastre e fornecer informações sobre os danos humanos, materiais e ambientais, além de estimar os prejuízos econômicos e sociais do desastre. Era um documento obrigatório para a possível decretação de Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP), fato que determina, entre outras coisas, a forma com que é disponibilizado o socorro financeiro do Estado ou da União ao Município afetado pelo desastre. O AVADAN foi substituído pelo Formulário de Informação de Desastre – FIDE, elaborado pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED, da Universidade Federal de Santa Catarina para atender, além dos objetivos originais, a tentativa de organizar um banco de dados sobre os desastres naturais no Brasil.

entre os dias 19 de novembro e 10 de dezembro, demonstram que o volume recorde de chuva em Santa Catarina, afetou cerca de 1,5 milhão de pessoas e deixou 107,6 mil desalojados e 36,5 mil desabrigados. Os registros apontam 73 municípios diretamente afetados, sendo que 63 deles decretaram Situação de Emergência e posteriormente 14 decretaram Estado de Calamidade Pública: Benedito Novo; Blumenau; Brusque; Camboriú; Gaspar; Ilhota; Itajaí; Itapoá; Luiz Alves; Nova Trento; Pomerode; Rio dos Cedros; Rodeio e Timbó.

Inundações bruscas ocorreram nos 73 municípios afetados pela chuva e em 66 deles houve deslizamentos que interditaram estradas, isolando diversas cidades (Figuras 30 a 33). Como consequência desses acontecimentos, o fornecimento de água, gás e energia elétrica foram interrompidos em partes do estado.

Fig. 30 – Vista aérea das cheias no Vale do Itajaí-Açú. Foto: Patrick Rodrigues (2008).



Fig. 31 – Queda de barreira na BR-101. Foto: Hermínio Nunes (2008).



Fig. 32 – Desabamentos na rua Hermann Huscher/Blumenau. Foto: James T. (2008).



Fig. 33 – Alagamento e deslizamentos no Alto Baú. Foto: Luis Fernando Sales (2008).



Deslizamentos também afetaram a área urbana de Blumenau, além de outros municípios como Brusque, Rio dos Cedros, Pomerode e Gaspar. Contudo foi nas áreas rurais que ocorreram o maior número de deslizamentos. Dados dos AVADANs apontam a ocorrência deles em 66 municípios. O complexo do Morro do Baú foi o mais afetado pelos deslizamentos (Figuras 34 a 30).

O relatório do projeto “Resposta ao Desastre em Santa Catarina no ano de 2008” tem registros de 610 pontos de deslizamento vistoriados até julho de 2009 (CEPED, 2009). Contudo a organização de um número exato é extremamente difícil, uma vez que muitos desses deslizamentos estão em locais onde não houve ameaça de risco às vidas ou propriedades. Para efeito de argumentação, o município de Ilhota, com 253,9Km², aparece no relatório com 19 deslizamentos vistoriados; Apenas para a microbacia do Ribeirão Braço do Baú, no mesmo município, com pouco mais de 48km², foram demarcados um número superior a 200 (PARIZOTO, 2013).

As redes de distribuição de energia, vitais para a comunicação também sofreram danos consideráveis. De acordo com a Centrais Elétricas de Santa Catarina S/A - CELESC, as chuvas afetaram a distribuição de energia elétrica em diversos municípios do Litoral e Vale do Itajaí-Açú. Nos dias 23 e 24 de novembro mais de 160 mil unidades consumidoras (mais de 250 mil pessoas) ficaram sem energia elétrica. A região mais afetada foi a de Blumenau que engloba municípios como Botuverá, Luis Alves, Ilhota, Gaspar, Brusque, Ascurra e Apiúna, onde cerca de 40% da rede elétrica foi afetada. Um balanço divulgado no dia 26 de novembro apontava que 106.123 unidades permaneciam ainda sem energia, o equivalente a 4,7% da rede do estado (CELESC, 2008).

Os deslizamentos provocaram o rompimento de dois gasodutos, o primeiro da Companhia de Gás de Santa Catarina, no município de Gaspar, próximo do km 41,5 da BR-470, no dia 22/11 e o segundo, o gasoduto Bolívia-Brasil, da Transportadora Brasileira Gasoduto, no bairro Belchior, também em Gaspar, na noite do dia 23/11.

Fig. 34 – Cicatrizes no entorno do Morro do Baú. Foto: Nelson Fernandes (2008).



Fig. 35 – Grande deslizamento no Braço do Baú. Foto: Joel Pellerin (2008).



Fig. 36 – Deslizamento no Alto Baú. Foto: Marcos Porto (2008).



Fig. 37 – Rizicultura atingida pela lama no Baú de Baixo. Foto: Joel Pellerin (2008).



Fig. 38 – Blocos rolados no Baú Central. Foto: Joel Pellerin (2008).



Fig. 39 – Casa atingida no Baixo Baú. Foto: Itamauro (2008).



As estradas, principal meio de circulação de pessoas, produtos e serviços, incluindo o auxílio e socorro, ficaram seriamente comprometidas. Cerca de 25 rodovias federais e estaduais foram bloqueadas pelos deslizamentos. Dezenas de estradas secundárias (vicinais e rurais) na região do Médio Vale

do Itajaí-Açú, principalmente em Gaspar, Ilhota, Luiz Alves, Pomerode e Benedito Novo foram bloqueadas, isolando completamente comunidades rurais nesses municípios. Após uma semana 3 rodovias federais e 7 estaduais ainda estava interditadas ou parcialmente obstruídas⁸: (VEJA, 2008; DIÁRIO CATARINENSE, 2008).

O evento também ficou marcado pelo número de pessoas e equipamentos envolvidos no momento emergencial: a Defesa Civil estima que 12 mil pessoas estiveram diretamente envolvidas nas ações de resposta, além de milhares de voluntários que auxiliaram na recepção, triagem e distribuição de doações, entre elas, 4,3 milhões de quilos de alimentos e 2,5 milhões de litros de água. Também foi a maior operação aérea já registrada no país. Em Navegantes, foi organizado um centro de operações aéreas, com 24 helicópteros e 6 aviões, públicos e privados, provenientes de diversos estados, coordenado pelo comandante do Batalhão Aéreo da Polícia Militar de Santa Catarina. Os registros dessa operação contam o número de 1700 voos de salvamento. (DEFESA CIVIL, 2010; ILHOTA, 2011b).

A Defesa Civil do Estado registrou oficialmente o número de 135 óbitos e 2 desaparecidos⁹, sendo que mais de 97% das mortes foram causadas por soterramento.

⁸ A BR-101 na altura do km 235 (Palhoça – Morro dos Cavalos); A BR-282, no km 31 e 33 (Águas Mornas) e no km 69 (Rancho Queimado); A BR-470 no km 41 e 44 (Gaspar); A SC-401, no km 14 (Centro de Florianópolis – Norte da Ilha); SC-408, no km 0 (Claraíba – São João Batista) e km 5 (Brusque – São João Batista); SC-413, km 8 (Luiz Alves – SC 474); SC-411, km 73 (Canelinha – Tijucas); SC-416, km 30 (Jaraguá – Pomerode); SC-466, km 71 e 150 (Itá – RS) e SC-477, km 157 (Dr. Pedrinho – Benedito Novo)

⁹ Mortos - Brusque: 01; Gaspar: 21; Blumenau: 24; Jaraguá do Sul: 13; Pomerode: 01; Bom Jardim da Serra: 01; Luiz Alves: 11; Rancho Queimado: 02; Ilhota: 47; Benedito Novo: 02; Rodeio: 04; Itajaí: 02; São Pedro de Alcântara: 01; Florianópolis: 01; Timbó: 02; Ascurra: 01. Mortos de origem não identificada - 01. Desaparecidos - Gaspar: 01; Ilhota: 01.

2.4 – OS PREJUÍZOS CAUSADOS PELO EVENTO

A região do Vale do Itajaí-Açú, que sofreu os maiores danos, é também a mais importante economicamente para o estado. Com relação aos danos econômicos, a Secretaria da Fazenda compilou informações obtidas nos 77 municípios atingidos. Levantamento feito em 574 grandes e médias empresas situadas nas regiões mais afetadas projetou para o período de novembro de 2008 a março de 2009 prejuízos de cerca de R\$ 860 milhões. Nas micro e pequenas empresas, cujo papel é bastante significativo na economia catarinense, o prejuízo estimado pelo segmento alcançou R\$ 520 milhões. As perdas em estoques e infraestrutura, segundo dados da Associação dos Municípios do Médio Itajaí, somaram mais de R\$ 116 milhões. Perdas em arrecadação de ICMS ficaram em torno dos 100 milhões. (WAGNER, 2009).

Outro setor que arcou com inúmeros prejuízos foi o turismo. A rede hoteleira teve uma redução de 50% em suas ocupações e as perdas para o setor turístico, como um todo, totalizaram R\$ 120 milhões. Há ainda os levantamentos feitos na indústria e na prestação de serviço, com R\$ 408 milhões e R\$ 728 milhões (GAZETA MERCANTIL, 2008).

Nas rodovias, o Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina - DEINFRA e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DENIT, através de um levantamento parcial apontou a necessidade de R\$ 60 milhões para recuperar as rodovias federais e R\$ 300 milhões para as rodovias estaduais (WAGNER, 2009).

Os AVADANs, baseados em informações levantadas pelos técnicos municipais reuniram valores mais expressivos, porém, menos específicos, já que classifica tais danos em somente 6 grandes grupos: em bens danificados o valor ultrapassa os R\$ 5,83 bilhões; em bens destruídos são R\$ 1,26 bilhões; em valores de perdas no solo (custo de áreas inundadas, erodidas, contaminadas, assoreadas ou destruídas pelos deslizamentos) o valor alcança cerca de R\$ 1,93 bilhões; na agricultura e pecuária as perdas foram R\$ 8,2 bilhões e 5,37

bilhões respectivamente; os danos sociais somaram R\$ 2,05 bilhões.

O Fundo Estadual de Defesa Civil recebeu como doação mais de R\$ 36,3 milhões para ações e obras de assistência direta. Desses recursos, R\$ 17.290.000 foram repassados as prefeituras para compras de terrenos e R\$ 17.585.625,00 foram distribuídos em parcelas de R\$ 415,00 (quatrocentos e quinze reais cada), durante os meses de Dezembro/2008 até Setembro/2008 como “Auxílio Reação” doados às família atingidas pelo evento extremo. De recursos federais, o governo do Estado recebeu mais R\$ 360 milhões (DEFESA CÍVIL, 2010).

O governo federal criou ainda linhas de crédito no valor de R\$ 1,7 bilhão para atender as empresas afetadas e a Caixa Econômica Federal disponibilizou R\$ 1,5 bilhão, por meio de várias ações e operações de crédito e liberou R\$ 749 milhões do FGTS para cerca de 300 mil trabalhadores das regiões afetadas (GAZETA MERCANTIL, 2008).

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO



Área da microbacia do Ribeirão Braço do Baú, Ilhota-SC.
Imagem: Digital Globe/NASA (Google Earth) de 21-05-2009.

3 – CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

Uma das regiões mais afetadas pelo evento extremo de novembro de 2008 foi a área denominada de Complexo do Morro do Baú¹⁰, localizada no nordeste do estado, inserida na grande área do médio vale da bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açú.

A comunidade do Braço do Baú, uma entre as diversas que existem na região, foi duramente atingida, sendo a segunda comunidade do Complexo do Baú em número de vítimas fatais que totalizou oito mortos¹¹.

Esta área foi escolhida pelo governo de Santa Catarina, por meio do convênio entre órgãos federais, estaduais e privados, e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC, através da chamada pública n.º. 10/2009, para servir de “área-piloto” para estudos de prevenção às catástrofes.

A área do projeto, instrumento do convênio, é composta por diversas microbacias hidrográficas que compõem a bacia do rio Itajaí-Açú

3.1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

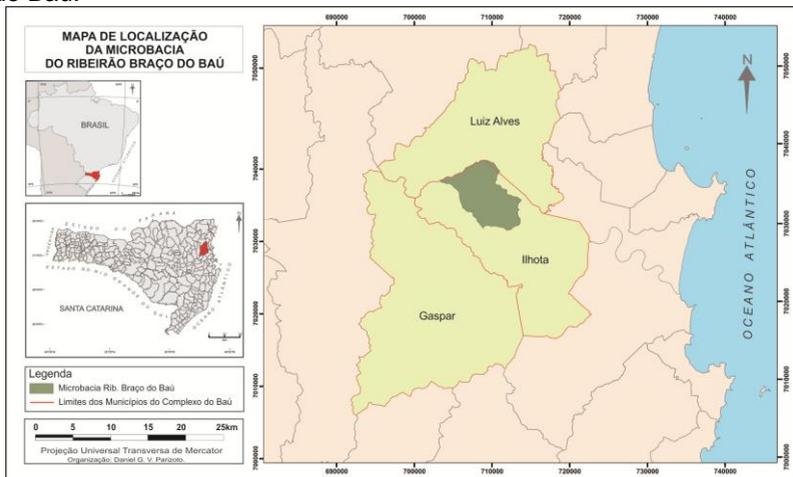
¹⁰ O Complexo do Morro do Baú é a denominação espacial geográfica usada para a região do entorno do Morro do Baú e do Parque Ecológico do qual esse faz parte. De maneira geral, se refere às comunidades rurais próximas ao morro e que pertencem a três municípios: Ilhota, Gaspar e Luiz Alves.

¹¹ 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 três municípios que formam o Complexo, 77 pessoas perderam a vida no desastre de 2008.

O recorte espacial escolhido para o desenvolvimento do estudo das relações entre as ações humanas e o desastre foi a área das comunidades situadas no Complexo do Morro do Baú. Já para o estudo dos fatores físicos, a área foi 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, com a qual tem seus maiores vínculos históricos e econômicos; e uma pequena parte, o extremo nordeste da microbacia, localiza-se no município de Luiz Alves (Figura 40).

Fig. 40 - Identificação da área de estudo: microbacia do Ribeirão Braço do Baú.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2011).

3.2 – ASPECTOS FÍSICOS DA REGIÃO

A área onde se insere a microbacia do Ribeirão Braço do Baú encontra-se na unidade geomorfológica da grande área da Serra do Leste Catarinense. A Serra Leste Catarinense é parte da Serra do Mar e abrange, no estado de Santa Catarina, desde as proximidades de Joinville até o município de Laguna.

A principal característica do relevo é dada pela sequência de serras dispostas de forma subparalela no sentido NE-SW, que se apresentam gradativamente mais baixas em direção ao litoral, terminando em pontais, penínsulas e ilhas. A altitude média é de 600m, porém, alguns picos ultrapassam esta cota (VEADO e TORPPMAIR, 2001; SANTA CATARINA, 1986).

De acordo com a carta topográfica do IBGE (1981), a altitude máxima na microbacia do Ribeirão Braço do Baú é de 819m, representada pelo Morro do Baú, um destacado divisor de águas entre a microbacia do Ribeirão Braço do Baú e a microbacia do Ribeirão do Baú.

A geomorfologia desta unidade é resultado de significativos processos geológicos e climáticos. Apresenta-se com relevo bastante dissecado, por densa rede de drenagem que escoar altos índices pluviométricos, com encostas muito inclinadas e drenagem frequentemente entalhada, 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, sujeitos a inundações frequentes (AUMOND et al, 2010).

A grande variedade litológica determina também as grandes variações produzidas na altimetria desse relevo com diferentes comportamentos evolutivos: em locais onde o solo é espesso e poroso, a água infiltra com facilidade, já nas rochas pouco permeáveis das formações locais criam-se zonas que favorecem o deslizamento do solo.

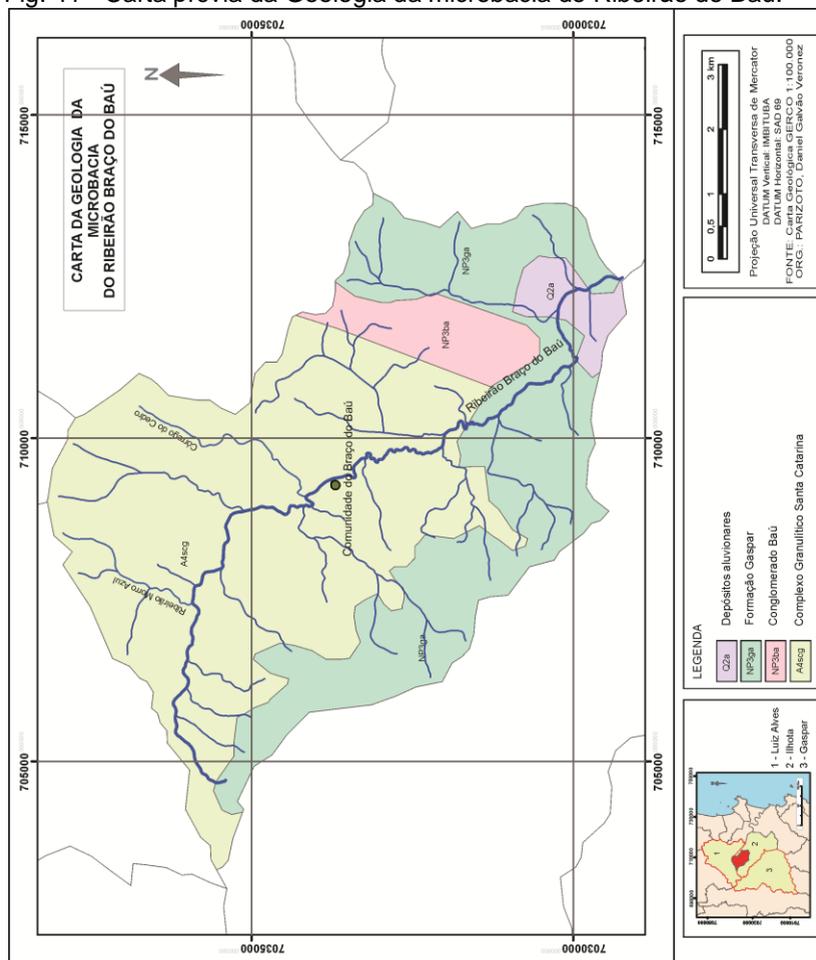
No aspecto geológico a bacia sedimentar do Itajaí-Açú está assentada sobre o Escudo Catarinense com rochas de idade pré-cambriana. O norte da bacia do Itajaí-Açú faz contato com o Complexo Granulítico de Santa Catarina, e o sul com o Complexo Metamórfico Brusque; a sudeste com a Faixa Ribeirão da Prata (rochas do Complexo Granulítico de Santa Catarina retrometamorfizadas); a oeste encontra-se recoberta pelos sedimentos da Bacia do Paraná; e a leste por sedimentos fluviais e marinhos do Quaternário.

De acordo com Schroeder (2006) a bacia do Itajaí-Açú foi gerada durante os estágios finais do Ciclo Brasileiro - Neoproterozóico Superior. Esse autor considera duas fases de

deformação da Bacia do Itajaí-Açú: a primeira ocorreu sob regime tectônico compressivo e é considerada como a principal responsável pela estruturação da deformação na bacia; a segunda fase, menos intensa, representa a reativação distensiva, invertendo a cinemática das estruturas geradas durante o primeiro evento.

A área de estudo localiza-se no domínio do Embasamento Cristalino conhecido como Complexo Granulítico Santa Catarina, representado pelo conjunto de rochas mais antigas do estado, incluindo diferentes tipos de litologia: gnaisses, migmatitos, xistos e filitos (SCHULZ e ALBUQUERQUE, 1969). A Formação Gaspar, composta por conglomerados e arenitos arcoseanos do grupo Itajaí, também se expressam na área, com rochas sedimentares grosseiras sobrepostas formando camadas espessas. Na microbacia, os conglomerados são denominados de Conglomerado Baú. Ainda estão presentes na área, depósitos sedimentares formados por acumulação aluvionar recente (Figura 41).

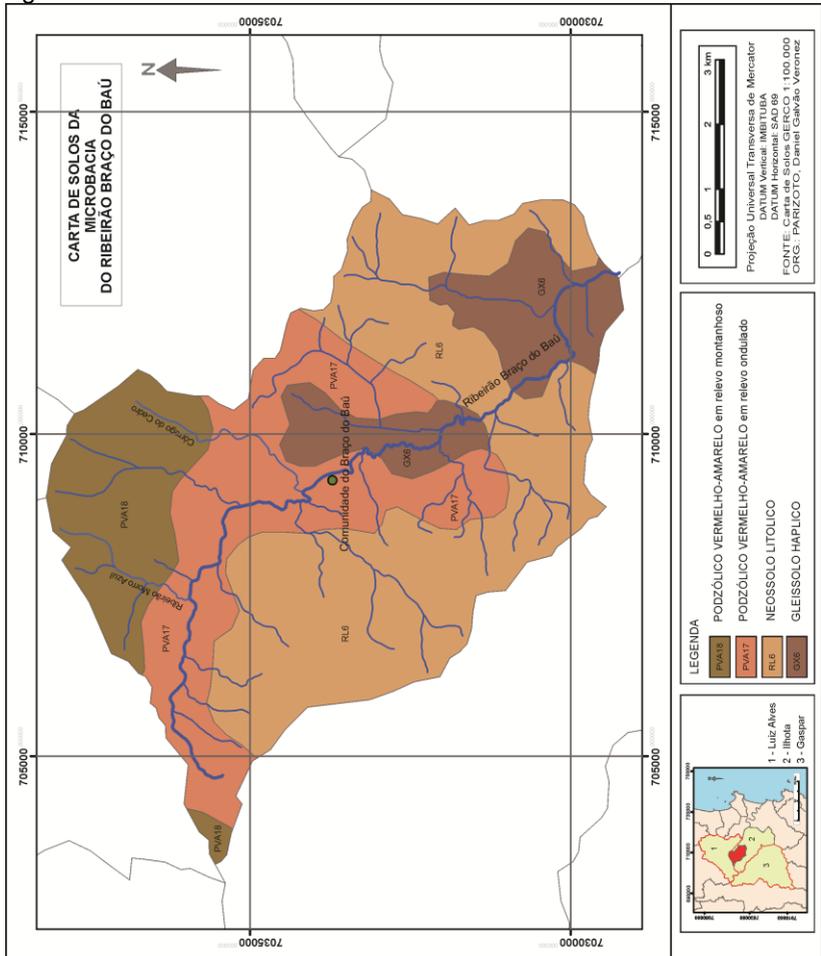
Fig. 41 - Carta prévia da Geologia da microbacia do Ribeirão do Baú.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2011).

De acordo com Santa Catarina (1986), no que se refere ao aspecto Pedológico, nas porções mais elevadas da área do presente estudo, encontram-se os Podzólicos (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 Litólicos. Nas porções de menores altitudes da microbacia estão os Gleissolos Háplicos (Figura 42).

Fig. 42 - Carta dos solos da microbacia do Ribeirão do Baú.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2011).

Os Podzólicos compreendem 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 baixa saturação por base 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 Luvisolos, 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 cauliniticos 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 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 (EMBRAPA, 2006).

Por sua vez os Gleissolos compreendem 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. Os solos desta classe encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície. Caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do ambiente redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica.

Os Gleissolos são divididos em Háplicos e Tiomórficos (EMBRAPA, 2006). O Gleissolo Háplico que ocorre na 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 drenado para o uso agrícola. Na microbacia esse solo é comum nas áreas de planícies ou regiões abaciadas.

No aspecto hidrográfico a microbacia do Ribeirão Braço do Baú está contida na bacia do Rio Luiz Alves, que por sua vez, está contida na bacia do Rio Itajaí-Açú. A bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açú, com uma área total de cerca de 15.124km², 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). O maior curso d'água da bacia é o rio Itajaí-Açú, formado pela junção dos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul, no município de Rio do Sul. A Bacia do Itajaí-Açú se divide naturalmente em 7 sub-bacias hidrográficas principais, que levam o nome do principal rio existente (Quadro 3).

Quadro 3 – Principais sub-bacias da bacia do Itajaí. Fonte: COMITÊ (2011).

SUB-BACIAS	COMPRIMENTO DO RIO (KM)	ÁREA DA BACIA (KM ²)
Itajaí do Sul	101,0 km	2.027,6 km ²
Itajaí do Oeste	132,0 km	3.013,7 km ²
Itajaí do Norte	185,0 km	3.354,2 km ²
Benedito	83,0 km	1.500,1 km ²
Luis Alves	59,6 km	578,7 km ²
Itajaí-açu	188,0 km	2.780,0 km ²
Itajaí Mirim	170,0 km	1.677,2 km ²

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 densidade de drenagem é estimada em 1,55 km/km².

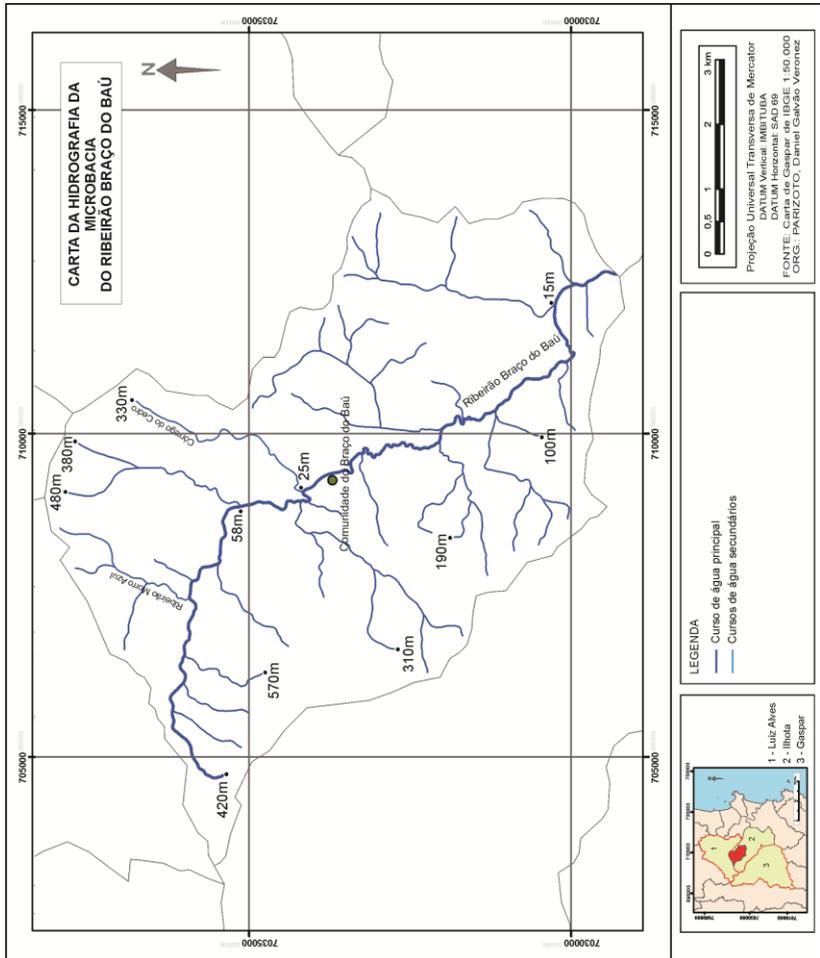
Conforme apresentam Aumond et al. (2010), as cabeceiras dos rios Itajaí do Sul e Oeste se localizam na Serra Geral, em cotas entre 1.000 e 900m. A partir da cidade de Rio do Sul a altitude do rio é de 327m, percorrendo um trecho de declividade acentuada de 5,21m/km, até a foz do rio Hercílio. A partir desse ponto, a altitude é de 129 m, mas as águas ainda percorrem um trecho com declividade mediana de 1,60m/km até a Usina Salto em Blumenau, onde a altitude é de 18,5 m. Do centro urbano de Blumenau até a foz do rio Itajaí-Açu, a declividade é muito baixa, 0,013m/km. Essa característica física, a baixa declividade do rio Itajaí-Açú, particularmente no último trecho, é a responsável pela formação de grandes planícies de inundação, receptoras de sedimentos. Portanto, essas áreas são muito vulneráveis, com elevado risco de inundação, principalmente a partir de Blumenau.

A microbacia do Ribeirão Braço do Baú, com 48,14 km² é semelhante ao exemplo descrito para a bacia do Itajaí-Açú no que se refere a característica de drenagem, apenas em escala menor (Figura 43).

Essa combinação de cenários hídricos, geológicos e geomorfológicos foi determinante para a ocorrência das inundações e os inúmeros deslizamentos nos dias finais do mês de novembro de 2008.

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).

Fig. 43 - Carta 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. (2011).

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 climática ao litoral do estado. Os ventos provenientes dos anticiclones sobre o Atlântico transportam a umidade do mar para o continente e as serras alongadas na faixa litorânea retêm parte desta umidade, gerando chuvas localizadas (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 na porção continental. 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 avançada saturação provocada por chuvas anteriores.

No outono ocorrem as primeiras entradas de massas de ar frio. Nessa época do ano é comum a formação de bloqueios atmosféricos. Na primavera as frentes frias diminuem sua atuação no continente e passam mais pelo Atlântico, mas se comparada com outras épocas do ano, este período possui maior número de passagens deste sistema atmosférico. Geralmente os meses de setembro e outubro se apresentam bastante instáveis (MENDONÇA e MONTEIRO, 1997). Os eventos extremos na região, desencadeadores de deslizamentos e inundações, na maioria das vezes acontecem quando o sistema atmosférico fica estacionado durante algum tempo sobre a região, ocasionando chuvas contínuas.

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 1950 ocorreu na região extrativismo seletivo das espécies madeireiras nativas e de *Euterpe edulis Martius* (palmeiro) 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 43 a 47).

Fig. 44 - Aspecto da vegetação no Morro do Baú. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 45 - Floresta Ombrófila Densa. Foto: Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 46 - A palmeira *Euterpe edulis Martius*. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 47 - Extensas plantações de banana. Foto: Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



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 Baú¹², por exemplo, teve um aumento de 5% de 1957 para 1988 em decorrência da interrupção da derrubada da mata, em função da própria criação do Parque em 1961.

3.3 – EVOLUÇÃO SÓCIOESPACIAL

A formação sócioespacial da área de estudo integra o processo regional de ocupação do Vale do Itajaí. Sua história está ligada a crise por que passava o povo europeu no século passado, especialmente os de língua alemã. Na Europa, a concentração de terras, o regime político absolutista e o mito das fabulosas riquezas naturais brasileiras, levaram um grande contingente populacional se estabelecer no Brasil, principalmente em fins do sec. XIX (PIAZZA apud BELTRAME, 1991).

A colonização do Vale do Itajaí iniciou-se por volta de 1830, com a chegada dos primeiros colonos alemães à região. Em 1836 ocorreu a fundação da colônia do Santíssimo Sacramento do Itajaí (atual município de Itajaí), sob a responsabilidade de Alves Ramosvel com imigrantes vindos da Alemanha. Em 1850 foi formada a Colônia Blumenau, um dos marcos na ocupação do Vale do Itajaí-Açu. Juntamente com os alemães, outros imigrantes italianos, belgas, ingleses, austríacos e franceses integraram o contingente de pessoas que deixavam a Europa em busca de oportunidades nas terras do sul do país (METTE e SOUZA, 2009).

Um pouco antes, em 1845 foi fundada a colônia belga de Ilhota. Entretanto, a região que hoje corresponde ao município de Ilhota já possuía uma ocupação muito antes da chegada dos

¹² O Parque Botânico Morro do Baú, com área de 750 hectares, é de propriedade do Herbário Barbosa Rodrigues, organização não-governamental de fins científicos e filantrópicos com sede em Itajaí. Foi criado em 1961 pelo fundador do herbário o botânico Padre Raulino Reitz.

belgas. O início da presença de imigrantes nessa área está atrelada à Sesmaria doada pelo Governo Imperial ao Tenente Coronel Henrique Flores, em 1835, que compreendia margem direita e esquerda do Rio Itajaí, precisamente toda extensão de terra que hoje compõe o município (ILHOTA, 2011).

Conforme descrevem Mette e Souza (2009), Henrique Flores era proprietário, dentre outras, de todas as terras que iam da margem direita do Ribeirão Gaspar Grande até, mais ou menos, à Barra de Luiz Alves. Essas terras eram organizadas em fazendas de produção subsistente, com escassa mão de obra escrava. Os poucos produtos produzidos tinham como destino o povoamento do Desterro, hoje a cidade de Florianópolis, visto o grande isolamento da referida área. O único caminho era o rio com barcos que subiam e desciam, às vezes levando até dois dias no percurso.

Os mais antigos registros de Ilhota datam de 31 de março 1842, quando o engenheiro belga e pesquisador Charles Maximiliano Luiz Van Lede, seu funcionário Joseph Philippe Fontaine, o geólogo Guilherme Bouliech e o guia José Alves de Almeida, iniciaram uma viagem de reconhecimento pelos rios Itajaí - Açú e Itajaí Mirim com a intenção de iniciar um projeto oficial de colonização no vale. Nessa viagem, Van Lede produziu um diário, *Reconnaissance de L'Itajahy-Grande*, com anotações detalhadas da expedição. Os registros apresentam as descrições da paisagem física do Vale, até a altura de onde hoje é Blumenau, além de apontar as fazendas já existentes. (METTE e SOUZA, 2009).

Em 24 de novembro de 1844, em terras compradas por Van Lede, os primeiros 90 colonos belgas desembarcaram numa pequena ilha¹³, que se hoje ainda existisse, ficaria no meio do rio Itajaí exatamente defronte à atual igreja Matriz São Pio X. Em janeiro de 1845, cerca de dois meses do início da colonização, já havia uma segunda colônia dissidente da primeira e da chegada

¹³ A ilha que originou o nome da cidade desapareceu depois da elevação do nível do rio, causando por duas grandes enchentes, em 1880 quando o rio atingiu a cota histórica de 17,10 metros e 1911 quando a cota alcançou os 16,90 metros.

de outras 60 famílias belgas e francesas (Figura 48 e 49). Todavia, segundo as fontes, sem comida, sem dinheiro ou qualquer tipo de auxílio os colonos sobreviveram aos primeiros meses em condições extremamente precárias. Porém, mesmo diante de tanta dificuldade, as famílias belgas foram se estabelecendo, principalmente na margem direita do rio onde hoje é o centro da cidade de Ilhota (IBGE CIDADES, 2001; METTE e SOUZA, 2009).

Em setembro de 1845 o projeto de colonização é encerrado e a colônia passou a ser considerada pela província uma simples povoação. A produção econômica era ainda fundamentalmente subsistente e incipiente, baseada fundamentalmente na exploração de madeira.

Van Lede morreu em julho de 1875 deixando o título da propriedade das terras da colônia como legado ao hospital de Brugges, na Bélgica. O hospital tentou vendê-las, o que acabou não acontecendo em função da violenta reação dos colonos. A partir daí, a colônia começou a entrar em decadência. A população havia crescido e faltavam terras para a agricultura. Nesta época viviam em Ilhota cerca de 400 famílias, a grande maioria agora, de brasileiros vindos de outras regiões dos pais. Nesta fase não se sabia mais quais eram os limites das terras originais da Companhia de Colonização e os primeiros colonos belgas espalharam-se por toda Ilhota (METTE e SOUZA, 2009).

Com a expansão das famílias para longe dos dois núcleos originais tem início a efetiva ocupação da região do Complexo do Morro do Baú. Na margem esquerda do Ribeirão do Braço, em 1886, assenta-se as famílias Nunes, Reichert e Zabel, na área que hoje é o Baú Baixo (IBGE CIDADES, 2001; FONSECA, 1997).

No final do século XIX a economia da ex-colônia começa a dar sinais de recuperação: as poucas famílias que ali ficaram, e que também passaram a praticar a agricultura e a pecuária, começaram a se envolver mais organizadamente na extração de madeira, ampliando suas terras e instalando as primeiras serrarias (Figura 50 e 51).

A floresta era abundante e era preciso devastá-la para empreender as plantações. Logo estabeleceram grande número

de serrarias, aproveitando os rios para o transporte, e as cachoeiras e quedas d' água para mover as serras. Rapidamente a madeira se torna a mais importante das atividades. A madeira era usada para a construção de casas e fabricação de móveis, o excedente era escoado pelo porto de Itajaí.

Fig. 48 – Primeiros colonos belgas. Fonte: METTE e SOUZA (2009).



Fig. 49 – Grupo de homens da colônia. Fonte: METTE e SOUZA (2009).



Fig. 50 - Exploração da madeira no Complexo. Ao fundo vê-se o Morro do Baú. Fonte: METTE e SOUZA (2009).



Fig. 51 - Engenho de Roda D'água no Braço do Baú. Fonte: METTE e SOUZA (2009).



No início do século XX a agricultura se fortalece e se diversifica e caracteriza a região como fonte produtora de gêneros para as populações urbanas e para exportação, entre eles estão o milho, cultivado de forma tradicional, o arroz, o fumo, a banana, a mandioca e a cana-de-açúcar. Estruturas de processamento desses produtos também começam a surgir. Como exemplo, a mandioca e a cana-de-açúcar fazem aparecer ao longo dos córregos estabelecimentos comerciais que se

beneficiam da força motriz das águas: os moinhos de farinha, os engenhos de açúcar e alambiques de aguardente (BELTRAME, 1991). A produção de cana-de-açúcar ainda hoje é uma importante atividade econômica, responsável pela produção de uma cachaça semi artesanal de qualidade reconhecida (Figuras 52 e 53).

A ocupação espacial da região avançava e o extrativismo de madeira continua impulsionando a economia de Ilhota e também dos povoados de Baú Baixo, Braço do Baú e Alto Morro do Baú (hoje Alto Baú). Para as comunidades do Braço do Baú, a atividade econômica das serrarias foi um elemento mantido pelas famílias que permanecem até hoje, porém com emprego de novas tecnologias e novos modos de produção, uma vez que partes significativas da madeira bruta processada hoje nessas serrarias provem do estado do Paraná (Figuras 54 e 55).

Fig. 52 - Alambique no Máximo, próximo ao Alto Baú. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011)..



Fig. 53 - Tinas de aguardente. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 54 – Madeireira no Ribeirão Braço do Baú. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 55 – Madeira do Paraná processada no Baú. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Nos anos 60 e 70, com a evolução da importância das cidades e sua crescente inter-relação com o campo, o espaço urbano-rural passou a ser construído como um sistema racional, passível de planificação e intensamente interligado por uma rede de caminhos e estradas que ligaram as comunidades rurais às suas cidades e essas a outras cidades. Esses caminhos até hoje interligam as diversas comunidades do Complexo com as principais cidades circunvizinhas.

Nos anos 80 as estradas pavimentadas que impulsionaram o progresso da região também tornaram a pequena Ilhota como apenas uma área de passagem entre Itajaí e Blumenau. A agricultura continua, mas o esgotamento do solo e principalmente dos recursos vegetais promove o início de mudanças.

Nos anos seguintes Ilhota retoma novamente a fase de recuperação econômica. Desta vez avança para uma atividade que já tem força no vale: a confecção. Blumenau e Brusque já são destaques no setor de malharias. Ilhota segue o caminho da produção das lingerie e da moda praia. Atualmente esse setor secundário vem crescendo gradativamente, ocupando o segundo lugar no ranking da economia de Ilhota, atrás do setor de serviços (Figuras 56 e 57) (IBGE CIDADES, 2001; METTE e SOUZA, 2009).

Especificamente no Complexo do Baú, nos anos 90, a produção de banana cresceu nas áreas de encosta criando uma grande rede de caminhos para o escoamento da produção. A produção de hortaliças se destaca nas áreas planas.

Também ressurgem os reflorestamentos com pinus e com eucalipto, espalhados principalmente nos topos dos morros, para abastecer as madeireiras, junto com a matéria prima que chega do Paraná, como já citado anteriormente e também para abastecer algumas carvoarias (Figuras 58 e 59).

Esse novo reaquecimento econômico, liderado sobretudo pelo cultivo da banana continua a promover o desenvolvimento do campo, reforçando a caracterização geoeconômica da área, estabelecendo suas posições na organização da produção dentro do município.

Fig. 56 - As confecções em Ilhota.
Foto: Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 57 - Confecções moda praia e lingeriees. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 58 - O cultivo de hortaliças no Braço do Baú. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 59 - Bananal com eucaliptos ao fundo. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



A melhoria nas condições gerais também facilitou a organização dos agricultores em cooperativas e a criação de agroempresas gerando uma modernização deste meio rural.

É importante ressaltar que os aspectos da modernização dos espaços rurais do Complexo evitaram o êxodo rural, pois em tempos passados quem almejava estudar ou trabalhar nas fábricas ou comércio, teria que se mudar para a cidade de Ilhota, para Itajaí ou Blumenau.

A implantação das estradas, escolas, postos de saúde e diversos outros tipos de equipamentos administrativos na área rural também aumentou as relações comerciais e as possibilidades de evolução social dos moradores das comunidades como a do Braço do Baú e de tantos outros que permaneceram no campo.

São esses aspectos, os que promovem a qualidade de vida no campo, que mais chamam a atenção quando se olha para as comunidades do complexo do Baú. São casas de boa qualidade, áreas comerciais, Igrejas, escolas, caminhos pavimentados, agricultura com técnicas modernas e até pequenas indústrias que fixaram as pessoas no campo, desfrutando de uma vida um pouco mais tranquila, quando comparada aos grandes centros e em maior proximidade com a natureza.

Todavia, é essa mesma natureza que impõe aos moradores do vale, o convívio constante com as enchentes, desde os primeiros momentos do seu povoamento, e que em novembro e dezembro de 2008, em decorrência de eventos de chuvas extremas, provocou a maior tragédia por que passaram as comunidades rurais de Ilhota, principalmente, como já vimos no início deste trabalho, a comunidade do Braço do Baú. No entanto, desta vez foram os deslizamentos o principal agente causador de mortes, além de significativos danos materiais.

Não é uma tarefa fácil e requer uma grande responsabilidade tentar encontrar relações entre as intervenções humanas e os processos relacionados aos movimentos de massa que ocorreram em decorrências das fortes chuvas, mas ainda dentro desta etapa de caracterização da área de estudos é fundamental apontar as modificações na paisagem que, feitas de maneira indiscriminada, desrespeitosa e algumas vezes irresponsável, podem contribuir para aumentar a quantidade e a magnitude desses processos. Uma das intervenções, que como vimos vem sendo praticadas desde o início da colonização é o desmatamento (Figuras 60 e 63).

Fig. 60 – Área queimada e desmatada no Braço do Baú. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 61 - Área queimada e desmatada no Braço do Baú. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 62 – Extração de madeira nativa. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 63 – Carvoaria instalada no Braço do Baú, fazendo uso de madeira nativa. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Outra interferência muito comum é a abertura de estradas e principalmente caminhos para as atividades de plantio, manutenção e escoamento da produção. Nas atividades de campos desta tese diversas vezes foi possível observar o trabalho de máquinas, sob contrato privado, abrindo caminhos em áreas de alto declive e sem nenhum controle sobre os fluxos de água corrente ou canais de escoamento de águas pluviais (Figuras 64 a 67).

Fig. 64 – Caminhos abertos em meio a vegetação nativa. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



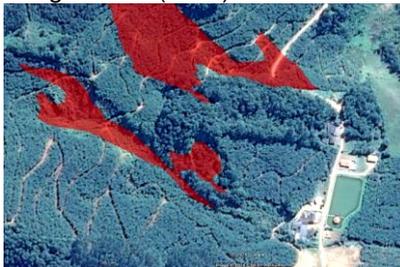
Fig. 65 – Caminhos abertos em área de forte declive. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 66 – Corte em área de declive para abertura de caminhos. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 67 – Imagem da rede de caminhos com sobreposição da delimitação das cicatrizes. Fonte: Google Earth (2011).



O relevo dissecado abrange grande parte da área da microbacia do Ribeirão Braço do Baú. Como foi observado pelo trabalho cartográfico prévio, as zonas com declividade acima dos 12,5 graus correspondem a quase 60% da área total. Isso faz com que muitas vezes a ocupação habitacional também ocorra em locais onde uma interferência equivocada pode promover ou facilitar os deslizamentos. Cortes e aterros para construção de moradias foram constantemente identificados na área de estudo (Figuras 68 e 69).

Fig. 68 – Corte feito na vertente próximo a residência. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 69 – Construção recente no Braço do Baú feita sob o sistema de corte e aterro. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



O desenvolvimento do meio rural, com a expansão habitacional dessas áreas e as características da produção moderna (rápida e intensa) tem promovido o incremento de um importante grupo de elementos que podem ter contribuído para a amplitude dos eventos registrados em novembro e dezembro de 2008. Como vimos, queimadas, desmatamentos, abertura de caminhos em áreas de forte declive e cortes/aterros para a construção de casas e outras estruturas, são algumas das interferências antrópicas que precisam ser levadas em conta quando se busca uma explicação para a forma e a intensidade com que ocorreram os eventos catastróficos relacionados aos deslizamentos na área de estudo.

CAPÍTULO 4

A PERCEÇÃO DO PERIGO COMO FATOR DE VULNERABILIDADE



“...eu ainda me pergunto aonde tem um lugar seguro para eu viver? A gente ainda não sabe se o lugar seguro é aqui ou ali na frente...”
(Sr. Vidal M. Richartz). Foto de Daniel G. V. Parizoto (2011)

4 – A PERCEÇÃO DO PERIGO COMO FATOR DE VULNERABILIDADE

A abordagem metodológica em uma tese não é uma escolha singular. Vários métodos podem compor o planejamento, a implementação e a análise dos dados da pesquisa. Em cada momento do trabalho um ou um grupo de métodos podem ser empregados. As Geociências, como uma ciência ampla, permite uma multiplicidade de desenhos de pesquisa. No tratamento de dados, os dois desenhos mais utilizados são os que trabalham com os dados de modo quantitativo e os que trabalham de modo qualitativo (OLIVEIRA, 2001; BAUER, GASKELL e ALLUM, 2003; MENDONÇA, 1989)

4.1 – OS MÉTODOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DE PESQUISA

A distinção entre os métodos qualitativo e quantitativo acontece no momento da coleta e organização dos dados. Contudo, não deve existir polêmica entre essas duas formas de pesquisa, pois o que é necessário é uma visão mais holística do processo de pesquisa e diferentes metodologias têm contribuições diversas a oferecer (BAUER, GASKELL e ALLUM, 2003).

As pesquisas com metodologias quantitativas estão baseadas em uma linha filosófica pós-positivista, pois examinam as causas e como essas interagem e influenciam os resultados. Esse paradigma adota a ideia de que a realidade pode ser descoberta mesmo que apenas imperfeitamente e num senso probabilístico. Neste caso, a abordagem é feita de maneira tipicamente dedutiva, onde a maioria das ideias ou conceitos é reduzida a variáveis e as relações entre elas são testadas (POPPER, 1998; GOLDENBERG, 1999). O conhecimento que resulta dessa abordagem é baseado em observação, medição e interpretação da realidade.

As pesquisas qualitativas por sua vez se estruturam em um paradigma naturalista, onde a realidade é subjetiva porque não existe uma única realidade, mas sim múltiplas realidades e o conhecimento adquirido somente é relevante dentro de uma determinada situação ou contexto (GIBBS, 1999; GOLDENBERG, 1999). Neste caso o processo de pesquisa é indutivo ao invés de dedutivo e começa com objetivos exploratórios mais amplos. Assim, a pesquisa qualitativa envolve sobretudo a análise das narrativas (GASKELL, 2003; BAUER; GASKELL e ALLUM, 2003).

Dentro da pesquisa qualitativa, sob o aspecto da obtenção de dados, podem-se distinguir três abordagens principais: a pesquisa documental, o estudo de caso e a etnografia (GODOY, 1995; LÜDKE e ANDRÉ, 2008). A pesquisa documental, em situações que envolvem grupos amostrais compostos por pessoas, apesar de não expor o investigador diretamente ao contato com seu objeto de estudo, fornece ao pesquisador fontes de informação que podem ser extremamente válidas. Deve-se cuidar para que fontes como documentários, livros, jornais e revistas, por exemplo, não contenham distorções propositais produzidas na busca de se elaborar histórias interessantes. Por sua vez, os estudos de caso são adequados quando os pesquisadores procuram resposta para “como” ou “porque” certo fenômeno ocorre ou ocorreu, principalmente quando não se tem, ou não se tinha, controle ou conhecimento sobre tal fenômeno. Nesta modalidade de pesquisa, o pesquisador geralmente utiliza uma variedade de dados coletados em diferentes momentos e de variadas fontes de informação e tem como técnicas fundamentais de pesquisa, a observação e a entrevista. Finalmente a etnografia se refere à busca por conhecimento intrinsecamente cultural sendo uma ferramenta amplamente utilizada para pesquisas de cunho antropológico (GODOY, 1995).

Outra característica fundamental na pesquisa qualitativa, agora sob o aspecto da análise dos dados, é que ao invés das comparações numéricas e análises estatísticas usadas para classificar dados quantitativos, os dados qualitativos são classificados por temas e conceitos e assim identificados e sintetizados (FLICK, 2009), pois enquanto pesquisadores quantitativos trabalham com algumas poucas variáveis e muitos

objetos, os pesquisadores qualitativos contam com poucos objetos e muitas variáveis. Os dados selecionados quase sempre são ricos em detalhes e é justamente na riqueza e na complexidade desses dados, processos ou experiências que está a utilidade e a importância da pesquisa qualitativa.

Atualmente é comum encontrar desenhos de pesquisa onde os estudos qualitativos estão precedendo os estudos quantitativos ou pesquisas onde os dois métodos são usados concomitantemente.

A descrição física da paisagem se apoia nos segmentos da cartografia (com todo seu peso matemático); na Geologia, Geomorfologia e Mineralogia (com grande importância da química e da física); na Climatologia; na Botânica e demais ciências da terra. Mas, para a compreensão dos fenômenos relacionados aos desastres naturais, é fundamental e necessário avançar também sobre aspectos econômicos, culturais, demográficos e demais campos das ciências humanas que tratam da ocupação e transformação do espaço físico. Essa complexidade reflete em uma variedade de possibilidades metodológicas que é igualmente ampla em sua problemática.

A Geografia Física utiliza os desenhos de pesquisa qualitativa quando existem lacunas no conhecimento ou quando se pretende ampliar ou mesmo comprovar cientificamente o que se sabe a respeito de um determinado fenômeno. Trabalhos qualitativos na Geografia Física estudam, por exemplo, as pessoas em seus ambientes naturais, o campo de estudo, e tentam entender e interpretar os significados que essas pessoas atribuem às suas próprias experiências em relação aos fenômenos (OLIVEIRA, 2001; MENDONÇA, 1989).

4.2 – A TEORIA FUNDAMENTADA EM DADOS

Considerando o caráter de parte do problema de pesquisa, que trata de obter resposta para a questão relacionada ao nível de percepção dos moradores da área do Complexo do Baú sobre o desastre de 2008, optou-se pela pesquisa qualitativa

nessa etapa do estudo, onde se buscou compreender o significado/natureza das experiências vividas.

O referencial metodológico escolhido foi o *Grounded Theory*, ou Teoria Fundamentada em Dado - TFD, de Glaser e Strauss (1967)¹⁴. Esse é um método de investigação geral, aplicável tanto a estudos qualitativos quanto a quantitativos, que parte dos dados extraídos de contextos reais, para então realizar a análise e formular a teoria. Ou seja, trata-se de uma teoria indutiva baseada na análise sistemática dos dados coletados. A hipótese evolui durante o processo de pesquisa devido à contínua interação entre análise e coleta de dados, pois na TFD não se pretende rechaçar ou provar, mas sim acrescentar novas perspectivas ao entendimento do fenômeno (op. cit). Por ser um método de características indutivas, a hipótese é gradualmente construída e emerge logo após o início da coleta dos dados. Nesse caso, o trabalho fundamental do pesquisador é analisar esses dados de modo contínuo a fim de entender por que certa situação ocorreu daquela maneira e como seus participantes entendem determinado fenômeno ou situação.

Charmaz (2009) explica que a TFD atende a três objetivos fundamentais: propor procedimentos adequados para descoberta e formulação de uma teoria; proporcionar uma base lógica consistente para a teoria; e validar a pesquisa qualitativa como método adequado e específico para gerar essa teoria.

Apesar de ser um método relativamente novo, alguns autores já trabalham a TFD em questões socioambientais. Para Cassiani (1996) e Borgatii (2009), a *Grounded Theory* proporciona 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 umas às outras,

¹⁴ A TFD foi desenvolvida nos Estados Unidos na década de 1960, por dois sociólogos, Barney Glaser e Anselm Strauss com a obra *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Embora igualmente importantes para o desenvolvimento da TFD, Strauss era da *University of Chicago* e tinha como tradição a pesquisa qualitativa. Glaser era da *Columbia University* e era influenciado pela tradição das pesquisas quantitativas.

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. E 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.

O emprego da TFD como método de investigação é adequado quando se tem a intenção de compreender a realidade do evento, as atitudes dos seres humanos perante os fatos e os significados atribuídos à essas situações.

Sendo assim, o método de Strauss e Corbin foi utilizado de modo a permitir o conhecimento das conexões entre os processos ambientais, através de comparações e relações dos dados coletados. Colaborou para a escolha desse método o grande número de informações existentes sobre o evento extremo de 2008 e o desejo de máximo aproveitamento dessas informações.

4.3 – MATERIAIS

A seguir são descritos os materiais e suas especificações, utilizados no decorrer desta etapa do trabalho:

- ⇒ Guia de entrevista semi-restritiva (Anexo 1);
- ⇒ Gravador digital Sony IC Recorder com 2+8 Gigabytes de memória;
- ⇒ Software de transcrição Dragon Dictation, versão 2.0 para Iphone Apple;
- ⇒ Computador Core i7, com velocidade de 1.7 Giga hertz, 8 Gigabytes de memória RAM, HD de 600 Gigabytes e demais periféricos e softwares de uso geral;

4.4 – MÉTODO E TÉCNICAS DA APLICAÇÃO DA TFD

Diferentemente dos métodos quantitativos, onde um conjunto de regras estatísticas determina, por exemplo, o número de indivíduos, o gênero, idade, nível sócio-educacional da amostra, a TFD faz uso de uma amostragem teórica que se desenvolve durante o processo de pesquisa, isto é, que não é determinada previamente à investigação. O objetivo é maximizar as oportunidades de obtenção de dados para auxiliar na codificação das categorias (STRAUSS e CORBIN, 2008; CHARMAZ, 2009).

4.4.1 – A Amostragem Teórica

O processo de Amostragem Teórica, ou coleta de dados, como é comumente tratada, é a estratégia gradual e constante da definição do grupo amostral e da quantidade de amostras (FLICK, 2004). É através desse processo que o pesquisador se orienta quanto aos procedimentos de coleta, organização e interpretação dos dados.

Diversas fontes, instrumentos e técnicas de coleta de dados podem ser utilizados na TFD: observações de campo ou registro de imagens e sons, relatórios, anotações, entrevistas, discursos, cartas, biografias, pesquisas bibliográficas, entre outras, que são consideradas como fontes de informações que podem ser analisadas e agrupadas. Em pesquisas onde se objetiva compreender a percepção dos indivíduos sobre o fenômeno ao qual estão expostos, a entrevista e o registro de imagens e/ou som é um procedimento adequado e eficiente.

A coleta se inicia a partir do contato do pesquisador com o objeto de sua investigação e, como enfatizam Strauss e Corbin (2002 e 2008), a análise e codificação devem acontecer imediatamente após a tomada do primeiro conjunto de informações, uma vez que a coleta e a análise dos dados devem ser processos concomitantes.

A pesquisa bibliográfica e a entrevista aberta semi-restritiva¹⁵ (LÜDKE e ANDRÉ, 2008) foram as formas escolhidas para a tomada de dados.

Como referenciais bibliográficos foram utilizados as obras de Zenatti e Souza (2009), Pereira (2009) e Menezes (2009). Os três livros trazem relatos testemunhais das vítimas do desastre de novembro de 2008 e de pessoas que estiveram envolvidas nas atividades de socorro e gestão do desastre. As informações foram colhidas dessas pessoas ainda no momento em que estavam vivenciando o evento, ou nos meses subsequentes ao desastre, quando ainda eram personagens da tragédia. Buscou-se complementar esses dados através de conversas com dois dos autores, a fotógrafa Maristela Pereira e o então capitão, atualmente major, José Geraldo R. de Menezes. Esses relatos formaram os dois primeiros grupos amostrais da pesquisa.

Já as entrevistas foram realizadas em dois momentos, gerando mais um grupo amostral, com personagens distintos pela proximidade e distanciamento temporal do evento. Esse grupo é formado por dados de coletas realizadas no mês de maio de 2009 e em maio, agosto e novembro de 2012.

O tamanho de cada grupo foi determinado pela análise dos dados. Os entrevistados foram identificados com uma sequência de letras e números que indicam as iniciais do seu local de moradia/comunidade que pertencem, seguida do número que representa o grupo amostral e a ordem da coleta.

¹⁵ Entrevista aberta, diferentemente da entrevista fechada, onde um questionário ou formulário permite apenas respostas curtas ou pré-determinadas, permite que a resposta do entrevistado seja detalhada e tomada com os conceitos e termos do próprio entrevistado. São classificadas em três grupos: a informal, que é a menos restritiva e onde o entrevistador não prepara todas as perguntas com antecedência; a entrevista guiada ou formal semi-estruturada, que é semi-restritiva e onde o entrevistador usa um planejamento geral de perguntas, mas pode acrescentar outras no decorrer da entrevista; e a do tipo formal ou estruturada, que é a mais restritiva, onde o entrevistador só pode usar as mesmas perguntas sobre temas específicos.

O primeiro grupo amostral foi composto por 12 relatos de moradores da área do complexo do Baú (Tabela 2).

Tabela 02: Primeiro grupo amostral.

No. DA ENTREVISTA	LOCAL DE MORADA DO PARTICIPANTE	IDENTIFICAÇÃO (ID)	SEXO
01	Alto Braço do Baú	ABB-1.1	M
02	Alto Baú	AB-1.2	M
03	Morro Azul	MA-1.3	M
04	Morro Azul	MA-1.4	F
05	Alto Baú	BB-1.5	F
06	Alto Baú	AB-1.6	M
07	Braço do Baú	BB-1.7	F
08	Alto Braço do Baú	ABB-1.8	M
09	Alto Baú	AB-1.9	M
10	Braço do Baú	BB-1.10	F
11	Alto Braço do Baú	ABB-1.11	F
12	Braço do Baú	BB-1.12	M

O segundo grupo amostral foi composto por 8 relatos. Para formá-lo, buscou-se incluir depoimentos de pessoas de outros lugares, que estiveram envolvidas nas atividades de socorro e gestão das vítimas e do desastre (Tabela 3).

Tabela 03: Segundo grupo amostral.

No. DA ENTREVISTA	LOCAL DE MORADA DO PARTICIPANTE	IDENTIFICAÇÃO (ID)	SEXO
01	Florianópolis	FL-2.1	M
02	Florianópolis	FL-2.2	M
03	Ilhota	IL-2.3	M
04	Alto Baú	AB-2.4	M
05	Florianópolis	FL-2.5	M
06	Alto Baú	AB-2.6	M
07	Ilhota	IL-2.7	F
08	Ilhota	IL-2.8	M

O terceiro grupo amostral foi composto por 7 relatos. Como critério de inclusão, buscou-se por indivíduos que perderam um ou mais familiares em decorrência do evento. O objetivo dessa inclusão foi a de aumentar as informações sobre o “por que eles continuavam a viver na região do Baú” (Tabela 4).

Tabela 04: Terceiro grupo amostral.

No. DA ENTREVISTA	LOCAL DE MORADA DO PARTICIPANTE	IDENTIFICAÇÃO (ID)	SEXO
01	Braço do Baú	BB-3.1	M
02	Braço do Baú	BB-3.2	M
03	Braço do Baú	BB-3.3	F
04	Braço do Baú	BB-3.4	M
05	Alto Braço do Baú	ABB-3.5	M
06	Morro Azul	MA-3.6	M
07	Braço do Baú	BB-3.7	M

Os participantes das entrevistas do terceiro grupo receberam esclarecimentos prévios sobre os aspectos da pesquisa e suas adesões se deram por livre e espontânea vontade.

O esgotamento das informações aconteceu quando as análises das entrevistas que estavam sendo realizadas deixaram de contribuir com novos códigos e nada mais de novo surgiu sobre determinada categoria

As entrevistas do terceiro grupo foram registradas em meio digital e transcritas com o auxílio do software Dragon Dictation 2.0. Os conteúdos foram organizados dentro de quadros com duas colunas, uma para o conteúdo integral da entrevista e outra reservada para os códigos (Tabela 5 e Figura 70).

Tabela 5: Exemplo de transcrição dos conteúdos.

ENTREVISTA	CÓDIGOS
<p>ID: ABB-X.X</p> <p>Sábado choveu o dia todo. No domingo a chuva forte continuava e de tarde eu e meu marido fomos lá em cima no morro e abrimos mais as valetas, para a água não invadir nossa casa. Meu pai ainda falou: Isso aqui nunca desbarrancou e não vai desbarrancar. À noite, tratamos o nosso gado, fizemos todo o serviço juntos e entramos em casa. Eu fiz o meu serviço todo; fiz meu queijinho que estava encima do forno, porque eu vendia para as padarias. Depois fui tratar o meu filho deficiente. Meu marido estava na cadeira e perguntou se eu queria botar o “nonono” na cama, ou comer primeiro. Eu disse que ia botá-lo na cama primeiro. Ele era deficiente mental. Tinha que tratar e fazer tudo para ele igual a um bebezinho. Dai, fui ao quarto do meu filho, que ficava na frente da casa. Eu passei na porta da “nonono” e disse que o pai ia botar a comida na mesa. No quarto do “nonono”, falei a mesma coisa. Só que então ele falou para mim: “Mãe, escuta, isso está vindo, escuta que ronco” Eu só me virei, ele levantou da cama e a casa já estava sobre nós. Nós nos jogamos pela janela numa varanda. O barranco veio de longe, muito de cima. Um morro desceu sobre o outro e veio encima da casa. Isso ocorreu às 20:30hs [...]</p>	

Fig. 70 – Folha de transcrição dos relatos já com a organização dos códigos substantivos. Nomes foram intencionalmente suprimidos. Org.: PARIZOTO, D.G.V.

TEORIA FUNDAMENTADA EM DADOS O EVENTO EXTREMO DE NOVEMBRO DE 2008	
PLANILHA DE TRANSCRIÇÃO – ID: ABB-3.4 – TOTAL DE CÓDIGOS: 42	
1ª. Pergunta: O que ocorreu no Baú no final de semana entre os dias 21 e 24 de novembro?	Códigos Substantivos: 13
<p>- Sábado choveu o dia todo. No domingo a chuva forte continuava e de tarde eu e meu marido fomos lá em cima no morro e abrimos mais as valetas, para a água não invadir nossa casa. Meu pai ainda falou: Isso aqui nunca desbarrancou e não vai desbarrancar. A noite, tratamos o nosso gado, fizemos todo o serviço juntos e entramos em casa. Eu fiz o meu serviço todo; fiz meu queijinho que estava encima do forno, porque eu vendia para as padarias. Depois fui tratar o meu filho deficiente. Meu marido estava na cadeira e perguntou se eu queria botar o [REDACTED] na cama, ou comer primeiro. Eu disse que ia botá-lo na cama primeiro. Ele era deficiente mental. Tinha que tratar e fazer tudo para ele igual a um bebezinho. Dai, fui ao quarto do meu filho, que ficava na frente da casa. Eu passei na porta da [REDACTED] e disse que o pai ia botar a comida na mesa. No quarto do [REDACTED] falei a mesma coisa. Só que então ele falou para mim: "Mãe, escuta, isso está vindo, escuta que ronco" Eu só me virei, ele levantou da cama e a casa já estava sobre nós. Nós nos jogamos pela janela numa varanda. O barranco veio de longe, muito de cima. Um morro desceu sobre o outro e veio encima da casa. Isso ocorreu às 20:30hs. A [REDACTED] dizia: mano! Mano! O que é Isso? E ele disse: [REDACTED] tu consegues sair? Ela respondeu: Não, estou presa. Eu e ele passamos por baixo daquela lama. Só vi umas pontas de sofá, uma parte da geladeira e não vi mais nada da casa, não escutei choro algum. Dai fomos no vizinho. Quando saímos na rua, estava tudo claro. Era um clarão. Meu vizinho disse: Meu Deus, é o fim do mundo. Jesus está vindo à terra. Era a</p>	<p>1.1.1 - Afirmando que dia 21 choveu muito. 1.1.2 – Relatando que a chuva foi forte no dia 22. 1.1.3 - Alegando não ter conhecimento de movimentos anteriores na história do lugar 1.1.4 - Significando o desconhecimento do perigo 1.1.5 - Relatando o horário do deslizamento: 20h30. 1.1.6 - Relatando a explosão do gasoduto no dia 22. 1.1.7 – Afirmando que o a noite fico iluminada com as chamas do gasoduto 1.1.8 – Afirmando que a terra tremeu 1.1.9 – Relacionando a explosão do Gasoduto com o tremor de terra 1.1.10 – Relacionando o Tremor de terra com os deslizamentos 1.1.11 – Atribuindo um significado divino aos acontecimentos 1.1.12 – Afirmando que haviam rachaduras na terra 1.1.13 – Afirmando que foram resgatados no dia 25, terça-feira.</p>

A figura acima já apresenta um exemplo de codificação dos dados. Esse processo será descrito a seguir.

4.4.2 – Análise e codificação dos dados e a organização de memorandos

A análise e codificação dos dados envolvem comparações constantes entre os fenômenos, os casos e os conceitos e/ou ideias que são abstraídos, os quais, no final, conduzem ao desenvolvimento das teorias, pelas relações que possuem com os elementos coletados (FLICK, 2004).

A análise dos dados se processa através de três etapas: a Codificação Aberta, a Codificação Axial e a Codificação Seletiva (STRAUSS e CORBIN, 2008). Na Codificação Aberta os dados são processados detalhadamente, fato por fato até formarem os códigos substantivos ou conceitos. Na etapa da Codificação Axial, os códigos substantivos são analisados e agrupados até se tornarem conceitos mais refinados, os chamados códigos conceituais. Na última etapa, a da Codificação Seletiva, os códigos conceituais são integrados e relacionados criando assim a chamada categoria central. A figura 71 é um resumo esquemático deste processo.

Fig. 71 – Processo de formulação da teoria pelas codificações empregadas na TFD. Elab.: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Os memorandos são feitos durante o processo de análise e tem como função servir como lembretes ou fonte de informação (STRAUSS e CORBIN, 2008). Os produzidos para os depoimentos coletados foram organizados de forma a conter todos os principais meta-dados das entrevistas, como: “o quem”, “o quando”, “o onde”, “o como”, e “que consequências”. Servem como uma “ficha catalográfica” ou como um “cartão de visita” do dado coletado.

Nessa etapa do trabalho os memorandos foram organizados de forma a possibilitar a identificação analítica das principais questões comuns entre as respostas e as relações entre elas que possibilitavam o avanço da construção de categorias e a síntese dessas diversas categorias em categorias centrais.

4.4.3 – Os critérios de validação e as limitações do método

Strauss e Corbin (2008) expõe que um critério imprescindível para consolidar a pesquisa realizada com a TFD é a validação do modelo desenvolvido. A validação tem como objetivo imprimir rigor científico à formulação da teoria e foi realizada mediante a submissão do Modelo Paradigmático à outros dois pesquisadores (um da área da economia e outro da área da saúde) que trabalham com o método em suas pesquisas. Esses pesquisadores, seguindo uma linha de orientação imposta pelo método, buscaram responder as seguintes perguntas sobre o trabalho aqui apresentado: Conceitos ou categorias foram gerados? Esses conceitos possuem relações sistematizadas? As subcategorias possuem relações bem desenvolvidas com os conceitos? Até que ponto a teoria apresentada parece significativa?

Por fim, deve-se entender as limitações desse método assim como a existência de limitações em todo e qualquer tipo de método. Na TFD, a subjetividade dos dados permite sua assimilação de conceitos ou argumentos motivados pelo desconhecimento, pela emoção ou pela coletividade. No caso deste trabalho, que lidou com o problema dos deslizamentos na área do Complexo do Baú em um momento que as pessoas

envolvidas estavam fortemente sensibilizadas pela tragédia, mas também organizadas e mobilizadas para a mitigação dos seus problemas, é importante ter especial atenção na possibilidade de que alguns argumentos e opiniões tenham sido coletivizados, interferindo nas experiências e entendimentos vividos por essas pessoas.

4.5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DA TFD

Para a formulação de categorias centrais seguiu-se a proposta organizacional descrita como Modelo Paradigmático, que permitiu estabelecer as relações entre as categorias iniciais e assim possibilitar o surgimento das teorias. Os componentes do Modelo Paradigmático utilizados foram: o Fenômeno, que sempre estará presente na formulação da teoria pois é a ideia ou acontecimento central que deve responder a pergunta *O que aconteceu aqui?*; as Condições Contextuais; as Condições Causais e as Condições Intervenientes, que podem se repetir mais de uma vez. Também poderiam estar presentes, mas não eram foco da aplicação da TFD nesta tese, outros elementos do modelo, como as Ações e as Consequências. Os componentes principais do Modelo Paradigmático são apresentados a seguir com seus respectivos significados frente ao tema da tese:

- Fenômeno: É a ideia ou acontecimento central que deve responder a pergunta *O que aconteceu aqui?* Na tese é representado pela categoria central: “Movimentos de massa no complexo do baú: contribuições das ações antrópicas e o desastre de 2008”.
- Condições Contextuais: Entendendo a excepcionalidade do evento extremo de chuvas entre os dias 21 e 24 de novembro de 2008.
- Condições Causais I: Reconhecendo a contribuições da chuva como fator que provocou as inundações e os deslizamentos.

- Condições Causais II: Reconhecendo a contribuições da ação antrópica como fator que provocou as inundações e os deslizamentos.
- Condições Intervenientes: Confrontando o pouco ou nenhum conhecimento sobre os perigos e as vulnerabilidades a que estavam os moradores da área atingida pelo evento, com a magnitude dos danos por eles sofridos.

A tabela 6 descreve as três categorias e suas subcategorias e na sequência são apresentadas as análises de cada categoria, que integradas, resultou na construção das teorias. As transcrições, em alguns casos, sofreram pequenos ajustes gramaticais, sem alteração no conteúdo ou significado.

Tabela 6: Categorias e subcategorias

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
<p>Entendendo a excepcionalidade do evento extremo de chuvas entre os dias 21 e 24 de novembro de 2008.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Relatando os dias de chuva intensa; - Relacionando as chuvas do final de semana com as dos meses e dos anos anteriores; - Afirmando nunca terem visto um evento com tamanha intensidade.
<p>Reconhecendo as contribuições das chuvas e das ações antrópicas como fator que provocou as inundações e os deslizamentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Significando a chuva como principal agente desencadeante dos deslizamentos; - Considerando o rompimento do gasoduto como fator desencadeante dos deslizamentos. - Estabelecendo relações entre as técnicas de uso da terra como fator desencadeante dos deslizamentos

<p>Confrontando o pouco ou nenhum conhecimento sobre os perigos e as vulnerabilidades a que estavam expostos os moradores da área atingida pelo evento, com a magnitude dos danos por eles sofridos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revelando o conhecimento e a preocupação com as inundações e o desconhecimento da possibilidade de deslizamentos; - Reconhecendo a importância do conhecimento das áreas seguras e das áreas menos seguras.
--	--

4.5.1 – A construção da Teoria

A construção da Teoria Central inicia com a construção de Teorias antecedentes fundamentadas nos dados de cada componente do Modelo Paradigmático.

Condições Contextuais: Entendendo a excepcionalidade do evento extremo de chuvas entre os dias 21 e 24 de novembro de 2008

Teoria: As chuvas que aconteceram entre a sexta-feira (21/11) e segunda (24/11) nunca haviam sido vivenciadas pelos moradores da região do Complexo do Baú. A chuva foi forte durante todo o dia de sábado e domingo e se tornou muito forte na noite do domingo. As chuvas constantes nos meses anteriores, principalmente em outubro, encharcando o solo, atuando decisivamente para o elevado número e magnitude dos deslizamentos que aconteceram no final de novembro. O ano mais seco em 2007 fez com que rachaduras surgissem próximas aos topos de morros e em canais de drenagem onde a água havia deixado de correr.

Subcategoria 1 - Relatando a chuva intensa que caiu durante o final de semana, principalmente sábado e domingo.

No entendimento, as chuvas que caíram entre os dias 21 e 24 de novembro foram muito fortes. Essa referência aparece em 25 coletas das 27 realizadas. Seguem exemplos de dados:

“[...] Domingo, dia 23, estava chovendo o dia todo, mas não estava forte. A partir das seis (18hs) começou a aumentar a chuva E lá pelas oito (20hs) da noite as pedras do rio começaram a rolar novamente com maior intensidade [...]” (BB-3.4).

“[...] Começou a chover forte já no sábado. No domingo eu fiquei ilhado na minha casa e não tinha acesso a outras regiões. A princípio estava tudo tranquilo. Descia muita água do morro, porém tinha estrada ainda. Às dezesseis horas começamos a nos preocupar com a quantidade de água [...]” (AB-1.2).

“[...] A chuva já vinha ocorrendo há vários dias. Sábado e Domingo a precipitação aumentou muito. Aqui em casa dissemos que se não parasse de chover, o nosso Baú se acabaria. . [...]” (IL-2.3).

“[...] Naquele domingo chovia muito. Eu fui à casa da minha mãe acompanhada do meu marido. Ficamos lá um pouco e às 20:00hs voltamos para casa. Fomos deitar, pois não tinha energia elétrica; só que não conseguimos dormir. [...]” (MA-1.4).

“[...] Na sexta-feira dia 21 de novembro, já estava tudo cheio, não deu para ir trabalhar, porque trabalho na lavoura, ultimamente com outras pessoas, através de tratadas ou empreitadas. [...] No dia 23 de novembro, domingo, estava em casa com minha esposa, chovia muito, não dava para sair de casa, o ribeirão já estava cheio. [...]” (MA-1.3).

“[...] Naquele final de semana de Novembro, nos dias 22 e 23, tivemos em três dias um volume de chuvas de mais de 500 milímetros. Nenhum sistema meteorológico conseguiu fazer uma previsão dessas. [...] Nós sabíamos que essas chuvas iriam acontecer, mas não nessa intensidade. [...]” (FL-2.2).

Subcategoria 2 - Relacionando as chuvas do final de semana com as dos meses e dos anos anteriores

Os 8 relatos sobre as chuvas que caíram nos meses anteriores são comprovados pelos dados pluviométricos, mas até o mês de outubro não estiveram muito além da média histórica. Em três coletas apareceu a informação de que o ano de 2007 foi de pouca chuva, o que provocou rachaduras nos solos. Seguem exemplos de dados:

“[...] Essa chuva começo em setembro ou até antes disso, se me lembro. Tinha dias que ficava sem chover, mas logo a chuva volta com força. Muitos já estavam preocupados com a produção. Já estava dando prejuízo. [...] Quando chegou novembro a gente achou que ia parar porque não é um mês que chove

muito. Chove, mas é até menos. Daí no final do mês aconteceu tudo isso. [...]” (BB-3.4).

“[...] Choveu durante três meses no Estado de Santa Catarina, saturando o solo. [...] Com essas precipitações, e com a terra saturada, não há solo que resista. [...]” (FL-2.2).

“[...] Estava chovendo desde julho. [...] A terra estava encharcada a muito tempo, não dava tempo para secar. Dava para saber que alguma coisa muito ruim iria acontecer. [...]” (MA-3.6).

“[...] A água entrava pelas rachaduras e não saía, não aparecia em lugar nenhum. E era muita água. [...] Tinha muitas rachaduras lá no alto dos morros, Elas apareceram o ano passado quando não choveu quase nada. Tinha rachadura que cabia o braço da gente inteiro dentro. [...]” (ABB-3.5).

Subcategoria 3 - Afirmando nunca terem visto um evento com tamanha intensidade

Dados meteorológicos também confirmam que em novembro as chuvas superaram os índices históricos até então registrados. E que não havia precedentes para a maior parte dos valores de chuva alcançados entre os dias 21 e 24 no referido mês. No total das coletas, 11 apresentam referência a essa subcategoria.

“[...] Eu comecei a ficar com medo, porque nunca tinha visto tanta água assim [...]” (AB-1.2).

“[...] Acho que foi muita chuva. Não tinha o que fazer. Nunca vi uma coisa assim. Tenho 23 anos e nunca vi na vida uma coisa dessas. Deus queira que isso não mais aconteça. Nasci e fui criado no Baú Seco, onde meu pai morava. Ninguém imaginava, nem meu pai, que isso iria acontecer. [...]” (ABB-1.8).

“[...] Eu moro aqui toda minha vida e nunca tinha acontecido uma coisa dessas. Eu lembro que meu pai contava uma história de 61 ou 62, não lembro, mas eu mesmo nunca tinha visto. [...] A água veio lá de baixo e chegou até aqui perto da nossa porta. Têm uns 10 metros de altura isso aí, não? [...]” (BB-3.7).

“[...] Foi desesperador. Acordamos naquele dia (23) e vimos uma cena nunca vista na história do município de Ilhota. [...]” (IL-2.8).

Condições Causais: Reconhecendo as contribuições das chuvas e das ações antrópicas como fator que provocou as inundações e os deslizamentos.

Teoria: O grande volume de chuva foi o fator desencadeante dos deslizamentos que aconteceram no último final de semana de novembro de 2008, todavia os moradores acreditam que os

deslizamentos também aconteceram em razão da explosão do gasoduto da TBG.

Subcategoria 1 - Significando a chuva como principal agente desencadeante dos deslizamentos

É recorrente a identificação das chuvas daqueles dias como fator desencadeante dos deslizamentos, uma vez que os relatos afirmam que muitos deles aconteceram já na sexta e no sábado. No domingo, os depoimentos apontam uma “trégua” da chuva no meio da tarde, todavia com o início da noite, 8 relatam que a chuva aconteceu muito forte e esse foi o momento da ocorrência dos maiores deslizamentos. Seguem exemplos de dados:

“[...] Para mim foi o excesso de chuva [...] Quando aquela água toda passava por aqui, levando árvores inteiras, pedras, o barulho era enorme e o desespero também. Instalou-se um caos que nunca vimos numa região dessas. [...]” (AB-1.9).

“[...] As chuvas, pois já vinham ocorrendo há mais de 70 dias. Os desmoronamentos ocorreram em todas as áreas, não creio que tenha sido pelos desmatamentos ou pela ação do homem na natureza. [...]” (IL-2.8).

“[...] Muita chuva. Não sei se o gás ajudou um pouco, porque lá em casa não era nada desmatado. A barreira que veio, desceu com mata nativa. [...]” (ABB-1.1).

“[...] As pessoas falam do gasoduto, mas eu te digo que se não fosse o clarão que tava no céu tinha morrido muito mais gente. [...] No rio já corria pedra do tamanho de uma televisão. [...] Foi muita chuva, parecia que estávamos em baixo de uma cachoeira [...]” (BB 3.1).

Subcategoria 2 - Considerando o rompimento do gasoduto como fator desencadeante dos deslizamentos

Os 9 relatos sobre a explosão do gasoduto da TBG apresentam opiniões contraditórias. Alguns defendem que os deslizamentos provocaram o rompimento do gasoduto. No entanto a maioria dos relatos apontou a crença de que a explosão provocou parte dos deslizamentos. Essa última ideia foi mais presente nas coletas do primeiro grupo amostral

“[...] Creio que a explosão do gasoduto contribuiu muito para a tragédia. Temos depoimentos de que muitos deslizamentos ocorreram após as explosões. [...]” (IL-2.8).

“[...] Eu digo que foi o gás. Todo mundo aqui diz que foi o gás. Toda vez que chovia e dava enchente nunca aconteceu isso. E essa vez a terra rachou. [...]” (BB-1.7).

“[...] Acredito que a explosão do gasoduto fez vibrar a terra e contribuiu para as barreiras caírem. Ouvi comentários de que a explosão teria aberto um buraco de 200 metros. [...]” (AB-1.6).

“[...] Por volta das dezenove horas a chuva deu uma trégua, mas a água não baixou, voltou a chover, então ocorreu a explosão do gás, que deu uma forte sacudida na terra. Meu filho pequeno estava junto dizia para a mãe: tremeu mesmo! Tremeu! E eu falei: - meu Deus! Que é isso? Tentamos manter a calma. 15 minutos após a explosãocomeçaram os deslizamentos de terra. [...]” (BB-1.12).

Subcategoria 3 – Estabelecendo relações entre as técnicas de uso da terra como fator desencadeante dos deslizamentos

A preservação ambiental é tratada com consideração, no entanto, apesar dos 5 relatos onde a subcategoria foi citada estabelecer a importância do uso correto dos recursos naturais, 3 deles argumentaram não haver outras maneiras de se realizar as ações que eles próprios julgam importantes.

“[...] Tem muita barreira que caiu seguindo as estradas. Descia muita água da chuva por elas. Isso por que a gente quando abre os caminhos as vezes tem que passar por cima da água. Não tem como fazer ponte. [...]” (BB-3.2).

“[...] Aqui não tem mais mata nativa. [...] Tem muito tempo que tudo é plantado. A gente já teve de tudo aqui. [...] Sobrou os eucaliptos ali no alto do morro, mas é só por um tempo. Não tem mais mata é tudo plantação. Ai acontece essas coisas e de certo a gente tem culpa

também. Tem que se conformar. [...]” (BB-3.7).

“[...] Eles estão sempre passando a máquina, derrubando os barrancos e abrindo os caminhos. Já tinha caído uma barreira grande uma vez lá nas bananas do seu “nonono” [...] Eles sabem que depois dá problema, mas ninguém quer saber de cuidar [...]” (MA-3.6).

Condições Intervenientes: Confrontando o pouco ou nenhum conhecimento sobre os perigos e as vulnerabilidades a que estavam expostos os moradores da área atingida pelo evento, com a magnitude dos danos por eles sofridos.

Teoria: Os moradores da região do Complexo do Baú tinham conhecimentos sobre a possibilidade de inundações, pois compartilham de informações e lembranças de eventos passados, mas pouca ou em alguns casos, nenhuma ideia sobre o perigo dos deslizamentos.

Subcategoria 1 - Revelando o conhecimento e a preocupação com as inundações e o desconhecimento da possibilidade de ocorrência de deslizamentos.

Nos registros da Defesa Civil do Estado, não há registro de danos por deslizamentos no município de Ilhota. Da mesma forma, em nenhuma das coletas surgiu referência a dados provocados por deslizamentos.

“[...] A minha casa eu coloquei ali para ficar longe do rio. Era mais fácil se fosse mais embaixo, mas já teve várias cheias

aqui. Nenhuma igual a essa, mas sempre que chove mais forte o rio enche. [...] Agora os morros nunca tinham caído. [...] Às vezes um barranco pequeno, coisa que alguém mexeu, mas como dessa vez, nunca. [...].” (ABB-3.5).

“[...] Todo mundo que mora no vale sabe das inundações, mas não tinha como saber que os morros podiam cair assim [...].” (BB-3.2).

“[...] As autoridades querem manter muitas áreas interditadas por que dizem que não são seguras. Como eles sabem disso agora? Por que ninguém nunca veio aqui falar que não era seguro antes. [...].” (BB-3.3).

Subcategoria 2 - Reconhecendo a importância do conhecimento das áreas seguras e das áreas menos seguras

A necessidade de reconstrução e a insegurança frente a um posicionamento contraditório entre a administração municipal e o governo federal, suscita muitas dúvidas nos moradores da região e apareceu em 6 coletas. Seguem exemplos de dados:

“[...] A gente ainda não sabe se o lugar seguro é aqui ou ali na frente. Em algum lugar a gente vai ter que viver. [...] Seria melhor saber para não acontecer de novo, mas como a gente vai saber? Cada hora vem um aqui e fala uma coisa. [...].” (ABB-3.5).

“[...] Se a gente soubesse não teria morrido tanta gente. Teve muita gente que subiu para se abrigar na casa de vizinho. Estavam com medo do rio. Ai acabou [...]” (MA-1.3).

“[...] Precisamos saber logo porque ninguém ainda não falou nada para nós. Ano passado (2011) teve mais chuva e podia ter acontecido tudo de novo. [...] Tem gente construindo casa onde caiu barreira. [...]” (BB-3.1).

“[...] Eu aqui acho que estou seguro, mas seria melhor que alguém viesse e me falasse, por que quem somos nós para saber? [...]” (BB-3.7).

Teoria central: Compreendendo o nível de percepção do perigo como elemento de aumento da vulnerabilidade dos envolvidos no evento.

Conforme os resultados das análises e a formulação das teorias pode-se concluir que: a excepcionalidade e a magnitude do evento apanharam de surpresa os moradores da área do estudo. O desconhecimento do perigo associado à deslizamentos (possibilidade e tipo de dano) é, por exemplo, um fator que impede que as pessoas decidam de maneira correta onde construir suas casas, ou onde buscar abrigo em situações de alerta, aumentando a sua vulnerabilidade. Essas pessoas reconhecem as fortes chuvas como desencadeante dos deslizamentos, mas acreditam na participação da explosão do gasoduto na dimensão final da tragédia.

4.5.2 – Considerações sobre o trabalho com a TFD

Na perspectiva do campo das ciências sociais, todas as evidências materiais e imateriais da experiência humana são consideradas fonte e em uma perspectiva mais contemporânea não se evidencia nem mesmo a hierarquia entre as fontes, ou seja, não existe uma fonte mais importante que a outro. Todas elas são produzidas em determinado momento, por determinada pessoa, grupo ou instituição e logo está dotada de subjetividades e intencionalidades que devem ser analisadas.

Nesse sentido, os relatos (chamados de dados), colhidos e analisados pelo método da TFD, sejam eles escritos ou falados, por entrevistas, depoimento, testemunhos, ou até mesmo comportamentais, não conteriam nem mesmo “distorções”, pois elas apresentam um determinado ponto de vista que pressupõe os interesses de quem os elabora. Ou seja, numa perspectiva de verdades relativas, elas conteriam a verdade consonante com os seus interesses e ideais, perspectivas editoriais etc. Assim, nenhuma fonte é neutra, nem mesmo os livros, as imagens, os depoimentos.

Nesse caso a perspectiva da memória do sujeito é um componente fundamental do processo de análise e por isso os depoimentos que foram lidos e interpretados na sua singularidade possibilitaram dissecar os elementos mais importantes e fazer relações de contexto e cruzar as histórias de cada indivíduo. Este cruzamento, na TFD formaliza o fenômeno. E o fenômeno dessa tese é a ocorrência dos deslizamentos desencadeados pelo evento extremo de 2008. E, se a pergunta desse capítulo foi: “Os moradores da região do Baú tiveram algum tipo de contribuição na ocorrência do fenômeno?” e, “São eles também agentes ativos no nível de danos infringido pelo desastre?”, a resposta formalizada cientificamente pela TFD para essas questões é sim.

A ocupação da área é antiga e como foi visto no capítulo 3, no item que tratou da evolução sócio espacial, o esgotamento dos recursos naturais, no caso a madeira nativa, se deu nas primeiras décadas de ocupação. Após diversos cultivos dominantes, incluindo-se o pinus e o eucalipto, hoje o predomínio de cultura realizada nas porções inclinadas da área de estudo é a banana que demanda a abertura de uma densa rede de caminhos. Esses caminhos são reconhecidos pelos

componentes das amostras como elementos de influência em alguns deslizamentos. Obras de corte e aterro também foram citadas. Igualmente aparecem elementos referentes ao local de construção das moradias que foram atingidas pelos deslizamentos, inclusive com constatações da presença de que novas residências estão sendo construídas em locais alcançados pelos fluxos de 2008. Essas questões voltarão a serem tratadas no capítulo 6.

Quanto à segunda pergunta, o nível de dano tem relação com a primeira resposta, mas é fundamentalmente influenciado pelo desconhecimento e despreparo para a situação que se apresentou nos dias 22 e 23 de novembro. Os dados deixam clara a excepcionalidade do evento e também o pouco ou nenhum conhecimento sobre o perigo, e ainda expõe a ausência de qualquer tipo de planejamento na época do evento, seja para alerta, gestão ou mitigação por parte dos moradores do complexo.

A educação para o desastre, o conhecimento do perigo e das vulnerabilidades e o planejamento constituem o passo inicial para tarefa de reduzir ou eliminar esse problema.

CAPÍTULO 5

O MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO



Trabalho de Campo na microbacia do. Ribeirão Braço do Baú, Ilhota-SC. Foto de Daniel G. V. Parizoto (2011).

5 – O MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

O trabalho aqui apresentado foi organizado em etapas que seguiram um conjunto de regras básicas comuns às pesquisas realizadas na área da Geografia, Geologia e Geotecnia, que compartilham, enquanto ciência, duas linhas metodológicas de trabalho: uma empírica e outra experimental. Os trabalhos experimentais, sejam em campo ou em laboratório, se integraram e completaram as observações empiricamente realizadas, fundamentadas no domínio dos conteúdos teórico-conceituais.

Essas etapas foram baseadas nas recomendações de Libault (1971) para metodologia da pesquisa; em IBGE (1998) e Tomazzoli et al. (2007), para trabalhos de campo e produção de cartografia geológica e em Davison Dias (1989) e Davison Dias e Milititsky (1994) sobre os procedimentos necessários para investigações e análises geotécnicas e produções cartográficas correspondentes.

5.1 – MATERIAIS

A seguir são descritos os materiais e suas especificações, utilizados no decorrer deste trabalho:

⇒ Carta topográfica: Folha Gaspar - SG-22-Z-B-V-3, de 1981, do IBGE - Divisão de Geociências - DIGEO/SUL, projeção UTM - Universal Transverse Mercator, escala 1:50.000, na versão impressa pela Secretaria de Planejamento da Presidência da República e digital, “Carta_Gaspar_28823_Conv_SAD69”, fornecida pela EPAGRI, para suporte de base na análise e confecção da demais cartas produzidas durante a pesquisa;

⇒ Carta de levantamento e reconhecimento de solos: Folha Itajaí - SG-22-Z-B-V, de 2003, do IBGE/Projeto de Gerenciamento Costeiro, projeção UTM - Universal Transverse Mercator, escala

1:100.000, para confecção da carta dos solos da microbacia do Ribeirão do Baú;

⇒ Carta de levantamento geológico: Folha Itajaí - SG-22-Z-B-V, de 2003, do IBGE/Projeto de Gerenciamento Costeiro, projeção UTM - Universal Transverse Mercator, escala 1:100.000, para confecção da carta prévia da Geologia da microbacia do Ribeirão do Baú;

⇒ Mosaico de fotografias aéreas do aerolevante Cruzeiro do Sul S.A, escala 1:45.000, composição infravermelho, captadas em 1978, com resolução espacial de 1m, cedidas pelo Secretaria do Estado de Desenvolvimento Sustentável – SDS, para confecção de anaglifos e para análises históricas da ocupação do solo;

⇒ Imagem digital proveniente do satélite ASTER, composição multiespectral, captada em 08/2009, com resolução espacial de 15m, cedida pelo Departamento de Geociências da UFSC, para confecção de anaglifos destinados aos trabalhos de campo;

⇒ Imagem digital proveniente do satélite ALOS, composição multiespectral e pancromática, captada em 08/2009, com resolução espacial de 10m e 2,5m respectivamente; Imagem digital proveniente do satélite CBERS-HRC 155a_130_2 e 3, composição pancromática, captada em 19/04/2009, com resolução espacial de 2,5m; e imagem digital proveniente do satélite LANDSAT TM5 220-079, composição multiespectral, captada em 12/2008, com resolução espacial de 30m, todas cedidas pelo Departamento de Geociências da UFSC, para análise do uso da terra e dos deslizamentos;

⇒ Uma imagem digital proveniente do satélite GeoEye, composição pancromática e multiespectral, captada em 20/06/2009, com resolução espacial de 0,41m e 1,65m respectivamente, cedida pelo Departamento de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, para análise dos deslizamentos;

⇒ Mosaico de fotografias aéreas Ortoretificadas do Aerolevante de SC, composição RGB e infravermelho, captadas em 2011, com resolução espacial de 0,40m, cedidas pela Secretaria do Desenvolvimento Sustentável – SDS, para análise dos deslizamentos;

⇒ Aparelho GPS (*Global Positioning System*), da marca Garmin, modelo e-Trex Vista CX, para marcação dos pontos e confirmações em campo; câmera fotográfica digital Sony HX5V, de 10.2 megapixels, com GPS; bússola geológica, modelo Brunton, para medições de direção e mergulho das intrusões e fraturas;

⇒ Conjuntos de materiais de coleta para obtenção de blocos indeformados (caixas, faixas de imobilização e parafina), para análises geotécnicas do solo e conjuntos de materiais de coleta para obtenção de amostras de rochas ou solos (sacos com vedação, fitas adesivas, etiquetas e marcadores), para análises químicas e mineralógicas, cedido pela UNISUL;

⇒ Computador Core i7, com velocidade de 1.7 Giga hertz, 8 Gigabytes de memória RAM, HD de 600 Gigabytes e demais periféricos e softwares de uso geral;

⇒ Scanner HPPSC 1350, para digitalização das imagens e Impressoras Samsung SCX 4200 e Epson L355;

⇒ Software CadMap 3D, versão 15.0, registrado para o Laboratório de Microscopia da UFSC, para construção dos mapas;

⇒ Software ArcGis, versão 10.0, registrado para o Núcleo de Geotecnia da Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, para criação do banco de dados e integração e análises dos dados;

⇒ Software MACSTARS 2000, versão 2.2, de uso livre após cadastro, disponibilizado pela Maccafferi, para análise da estabilidade das vertentes;

⇒ Outros softwares variados para produção do texto, de planilhas eletrônicas e edição de imagens, o pacote Office 2010, o Adobe Illustrator versão 11.0 e o Corel Draw, versão X5;

⇒ Equipamentos para ensaios com rochas e solos, dos laboratórios da UFSC e da UNISUL, como: Jogo de Peneiras e Provetá com densímetro para a determinação dos ensaios de granulometria; Prensa de Cisalhamento Direto para a determinação dos parâmetros coesão e ângulo de atrito interno do solo no estado natural e inundado; Prensa de Adensamento para a determinação da deformação do solo no estado com a

umidade natural de campo e inundado; Aparelho Casagrande para determinação do Limite de Liquidez; Equipamento para a realização do Ensaio de Compactação Proctor Normal; Prensa para determinação do CBR.

5.2 – MÉTODOS E TÉCNICAS DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS

Os trabalhos apresentados nessa etapa visaram aprimorar, na melhor escala possível, o mapeamento Geológico da área recorte. As atividades de campo e de laboratório foram realizadas 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 Baú), SC – FAPESC – Convênio N°16319/2010-8 – FAPEU – N° 209/2009”, desenvolvido pelo Departamento de Geociências da UFSC e coordenado pelo Professor Dr. Edison Ramos Tomazzoli.

5.2.1 – A produção do material prévio para os trabalhos de campo

Com a utilização da carta topográfica, IBGE (1981), disponível no site da Epagri, da imagem ASTER e dos pares estereoscópicos das aerofotos em escala 1:45.000, fora confeccionados uma série de anaglifos da área, para visualização do relevo em três dimensões e o reconhecimentos preliminares como topografia, drenagem, estradas e acessos.

Os anaglifos foram gerados com o software Adobe Photoshop e georreferenciados pelo *Desktop Digital Photogrammetry System* - DDPS, (módulo *Orthomaker*), seguindo-se a metodologia proposta em Tomazzoli (2006) (Figuras 72 e 73).

Fig. 72 – Anaglifo da imagem ASTER, multiespectral, com resolução espacial de 15m.

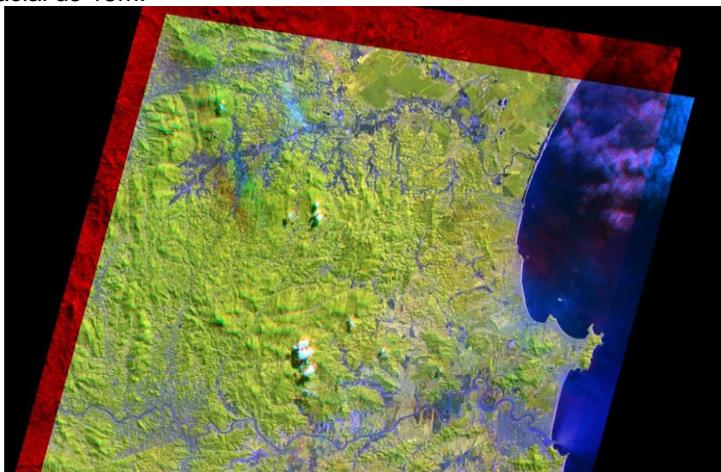
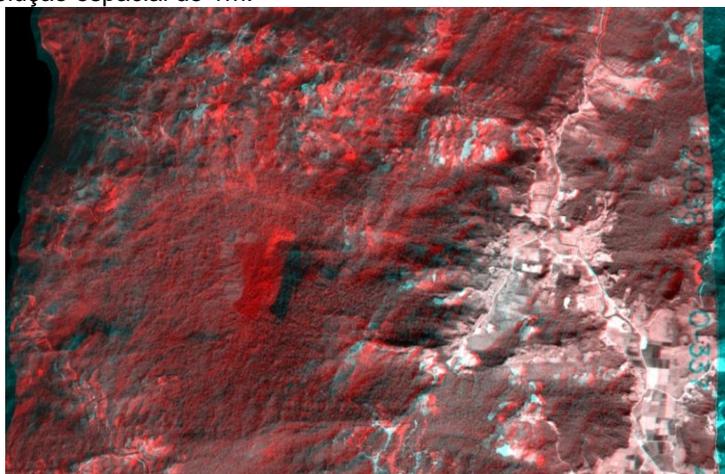


Fig. 73 – Anaglifo de fotografias aéreas, composição infravermelho e resolução espacial de 1m.



Num segundo momento, passou-se aos trabalhos de processamento digital das imagens. Esses trabalhos consistiram no realce de contrastes, georreferenciamento de imagens de satélite, ortorretificação de fotografias aéreas e elaboração de

composições coloridas visando destacar temas de interesse como feições geológicas, geomorfológicas e as cicatrizes de deslizamentos.

5.2.2 – A Carta de cicatrizes

O mapa de cicatrizes foi elaborado a partir da vetorização desses elementos sobre as imagens georreferenciadas do mosaico de fotografias aéreas cedidas pela SDS, com o apoio das imagens disponíveis no programa Google Earth, de 21 de maio de 2009 e dos dados dos trabalhos de campo (Figuras 74 a 77).

Fig. 74 – Cicatrizes e fluxos mapeados no Auto CadMap 3D.



Fig. 75 – Cicatriz delimitada sobre a imagem do aerolevanteamento.

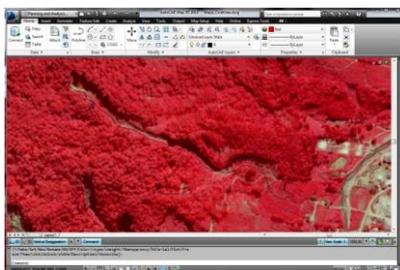


Fig. 76 – Cicatriz delimitada sobre a imagem CBERS.

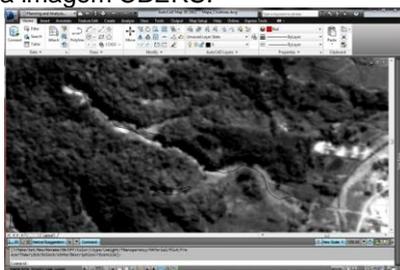


Fig. 77 – Exportação da cicatriz para o aplicativo Google Earth.



O mosaico do aerolevanteamento de 2011 foi a base para a delimitação das cicatrizes dos deslizamentos e dos fluxos de

lama e detritos, por serem as imagens com melhor georreferenciamento. Os polígonos registrados foram exportados e sobrepostos também na imagem CBERS (menor resolução) e na imagem do Google Earth (maior resolução) que por apresentarem um ângulo de visada diferente das imagens da SDS, permitiam a checagem de detalhes específicos.

5.2.3 – As atividades de campo

Os trabalhos visaram à organização do inventário dos deslizamentos, a coleta de amostras de solo e amostras de rochas, que culminaram na elaboração da Carta de Pontos, da Carta de Geologia e de Cicatrizes (Figuras 78 a 83).

As incursões aconteceram em cinco ocasiões, entre outubro de 2010 e março de 2012, totalizando 14 dias, concentrados principalmente nos meses de maio e junho de 2011.

Em campo foram realizadas a escolha e identificação das feições de interesse (afloramentos) e contatos entre diferentes litotipos, onde se procediam as medições e identificação das intrusões e fraturas (direção e mergulho).

Os pontos tiveram sua localização identificada com o uso de GPS para os trabalhos posteriores de produção do mapa de pontos e distribuição dos afloramentos, marcação de contatos e cartografia dos diques.

Os dados foram anotados em caderneta e os pontos localizados foram plotados nos anaglifos. Quando o ponto se mostrava de grande importância era realizado o registro fotográfico e amostras de rocha e solo eram coletados para teste em laboratório.

Fig. 78 – Identificação de veios de quartzo. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 79 – Cicatriz com matacões residuais. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 80 – Medições de inclinação das camadas. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 81 – Granulítico com plano de fratura N40°E. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig. 82 – Identificação de veio de muscovita no gnaíse. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).

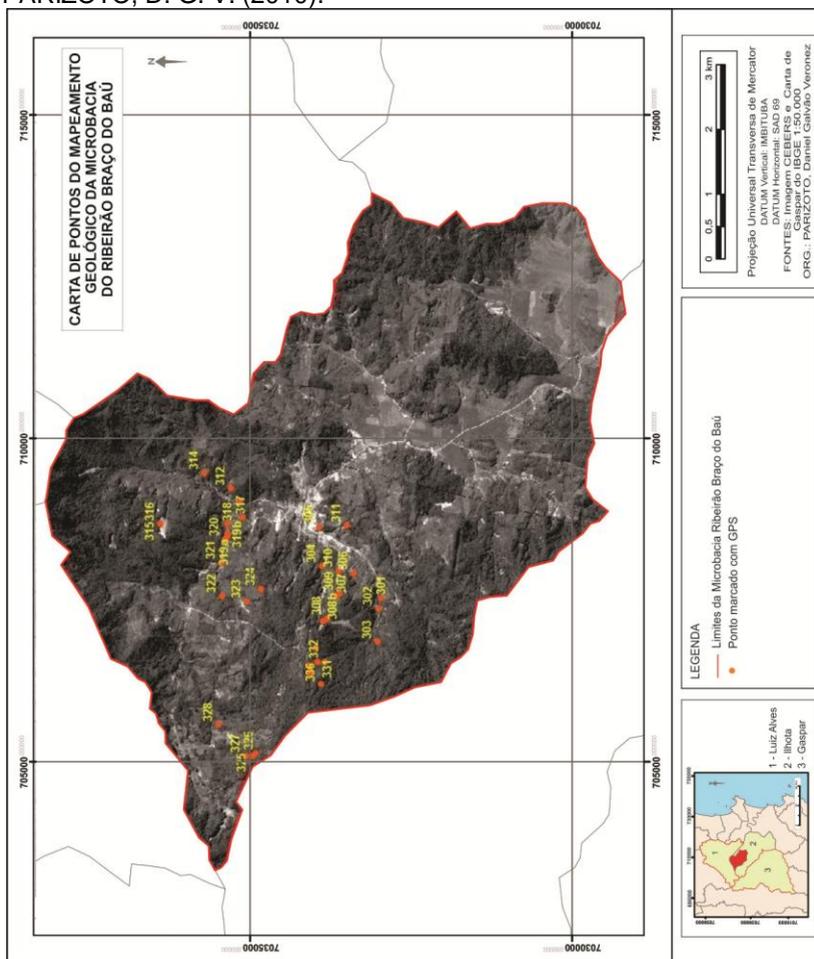


Fig. 83 – Coleta de amostra de solo para laminação. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Foram registrados 39 pontos dentro da área da microbacia do Ribeirão Braço do Baú conforme pode ser visto na Carta de Pontos (Figura 84).

Fig. 84 - Carta de pontos de interesse, marcados com GPS. Elab.; PARIZOTO, D. G. V. (2010).



A Carta de Pontos é um instrumento fundamental para a organização do banco de dados das informações coletadas. Sua função também é facilitar o retorno a um determinado local no caso da necessidade de novas tomadas de dados. A localização dos 39 pontos e a sua descrição são apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 – Pontos de interesse geológico marcados com coordenadas UTM e descrição do local da coleta/tipo de afloramento.

ID PONTO	LOCALIZAÇÃO (COORD. UTM)		DESCRIÇÃO DO PONTO
301	22 J 0707532	7033005	Saibreira na estrada com corte de encosta florestada
302	22 J 0707367	7033039	Afloramento no leito da estrada de terra
303	22 J 0706872	7033058	Bloco rolado de pequena cicatriz à beira da estrada
304	22 J 0708005	7033894	Cicatriz de deslizamento no leito de curso de água
305	22 J 0708586	7034931	Retaludamento, em área de deslizamento
306	22 J 0707900	7033416	Afloramento em corte de estrada em área de cultivo
307	22 J 0707564	7033666	Afloramento em corte de estrada em área de cultivo
308A	22 J 0707223	7033811	Borda da cicatriz de deslizamento
308B	22 J 0707186	7033879	Afloramento em leito de curso de água coincidente com cicatriz do fluxo de lama de grande deslizamento
309	22 J 0707597	7033633	Afloramento em corte de estrada em área de cultivo
310	22 J 0707942	7033638	Saibreira (abandonada) em área de cachoeira
311	22 J 0708616	7033522	Corte por deslizamento em área de cultivo
312	22 J 0709162	7035250	Corte por deslizamento em solos profundos
313	22 J 0708964	7035118	Corte por deslizamento em antigo depósito de encosta
314	22 J 0709390	7035653	Corte por deslizamento expondo blocos de rocha
315	22 J 0708641	7036319	Corte por deslizamento expondo blocos residuais e rocha alterada
316	22 J 0708631	7036314	Corte por deslizamento em solos profundos de cor avermelhado
317	22 J 0708631	7036314	Corte de estrada com alteritos de estrutura preservada
318	22 J 0708634	7035310	Corte de estrada com alteritos de estrutura preservada
319A	22 J 0708456	7035307	Afloramento de blocos em espesso manto de alteração

319B	22 J 0708485	7035307	Afloramento de blocos em espesso manto de alteração de cor avermelhada escura
320	22 J 0708405	7035346	Afloramento em corte de estrada de terra
321	22 J 0708057	7035404	Afloramento em corte de estrada de terra
322	22 J 0707552	7035391	Corte por deslizamento em solos profundos
323	22 J 0707479	7035022	Corte por deslizamento em solos profundos
324	22 J 0707659	7034804	Corte por deslizamento em solos profundos
325	22 J 0707659	7034804	Afloramento em corte de estrada com presença de blocos
326	22 J 0705212	7034887	Afloramento em corte de estrada com presença de blocos
327	22 J 0705173	7035029	Afloramento em corte de estrada com presença de blocos
328	22 J 0705641	7035442	Afloramento em corte de estrada
329	22 J 0705766	7035026	Corte por deslizamento em relevo de dissecação
330	22 J 0706780	7033962	Trinca em cabeceira de deslizamento
331A	22 J 0706596	7033966	Corte por deslizamento rotacional em relevo dissecado
331B	22 J 0706569	7033961	Corte por deslizamento rotacional em relevo dissecado
332	22 J 0706577	7033852	Corte em cabeceira de deslizamento
333	22 J 0706524	7034085	Afloramento rochoso ao longo de córrego
334	22 J 0706511	7034074	Corte por deslizamento em relevo de dissecação
335	22 J 0706406	7034067	Afloramento rochoso ao longo de córrego
336	22 J 0706241	7033904	Afloramento de blocos em meio a mata fechada

Em 20 pontos, dos 39 pontos marcados, foram coletadas amostras de rochas que foram macroscopicamente identificadas e apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Identificação das amostras de rocha coletadas na área de trabalho.

ID	TIPO	COR	ESTRUTURA E TEXTURA	MINERAIS	ROCHA
301	Met	cinza	Maciça e equigranular	quartzo, feldspato, anfibólio e biotita	Gnaiss Granulítico
303	Sed	rosa	Bandada e grossa	quartzo e feldspato	Arenito Feldspático
304	Met	cinza escuro	Bandada e grano-lepidoblástica	plagioclásio e anfibólio	Anfibolito
305	Met	cinza escuro	Maciça e equigranular grossa	quartzo, feldspato, piroxênio/anfibólio	Gnaiss
306	Met	cinza	Maciça e equigranular	quartzo, feldspato e biotita	Gnaiss Granulítico
308	Met	cinza escuro	Maciça e equigranular média	quartzo, feldspato e biotita	Gnaiss
310	Met	cinza	Maciça e equigranular	quartzo, feldspato e biotita	Gnaiss Granulítico
311	Met	cinza escuro	Maciça e equigranular fina	biotita, quartzo, piroxênio, feldspato	Gnaiss Máfico
314	Met	cinza escuro	Maciça e granoblástica	anfibólio, piroxênio, plagioclásio	Anfibolito
312	Met	cinza escuro	Maciça e porfiroblástica	piroxênio	Piroxenito Ultra-Máfico
315	Mag	cinza escuro	Maciça equigranular grossa	piroxênio	Piroxenito
318A	Met	cinza escuro	Bandada e granoblástica	anfibólio, piroxênio, plagioclásio	Enclave Máfico
318B	Met	rosa claro	Levemente bandada e granoblástica	quartzo feldspato rosa e biotita	Gnaiss Félsico
319A	Mag	preto	Maciça e equigranular média a fina	quartzo, biotita, piroxênio / anfibólio	Piroxenito
319B	Met	Branco e vermelho	Bandada e lepidoblástica	quartzo, feldspato e mica	Gnaiss Milonítico
320	Met	cinza claro	Maciça e equigranular grossa	quartzo, feldspato, piroxênio/anfibólio	Gnaiss
322	Met	cinza escuro	Bandada e inequigranular	quartzo, feldspato	Gnaiss Máfico
326	Sed	Cinza esverdeado	Leve camadas média a grossa e baixa esfericidade	quartzo vermelho e branco	Arenito Grosso
328	Mag	cinza escuro	Maciça e equigranular	piroxênio e plagioclásio	Diabásio
335	Mag	cinza escuro	Maciça e equigranular	piroxênio e plagioclásio	Gabro

Os principais litotipos identificados foram os Gnaisses e Gnaisses Granulíticos, os Basaltos e Diabásios, os Andesitos, os Gabros, os Piroxênitos, os Anfibólios e Anfibolitos Xistos.

5.2.4 – Procedimentos laboratoriais dos trabalhos geológicos

5.2.4.1 – Caracterização petrográfica

Para as caracterizações petrográficas as amostras de rochas foram encaminhadas ao Laboratório de Laminação do Departamento 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 das lâminas foi utilizado o microscópio petrográfico de luz transmitida da marca Olympus BX60 e sistema de captura e tratamento de imagens acoplado ao microscópio. Essa análise consistiu da determinação das microestruturas e microtexturas presentes e identificação das fases minerais, bem como dos produtos de alteração hidrotermal e intempérica e finalmente a classificação petrográfica das amostras.

5.2.4.2 – Análises granulométricas

Para identificar as características 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 9 com a indicação do litotipo associado, condição estrutural do solo amostrado e profundidade da coleta.

Tabela 9 – Relação das amostras de solo coletadas.

AMOSTRA (*)	ROCHA	SOLO	PROFUNDIDADE. 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
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

Nota: (*) – As amostras com casa centesimal 300 foram coletadas dentro do recorte espacial da microbacia desse trabalho. Amostras coletas fora do recorte pertencerem ao plano geral do projeto de mapeamento geológico e servem, metodologicamente, para a construção dos polígonos das unidades geológicas/pedológicas mapeadas.

As amostras foram coletadas na cabeceira dos deslizamentos, junto ao talude formado pelos deslizamentos. Correspondem a solos residuais representativos 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 secagem em estufa e subsequente separação da fração grosseira e fina.

A fração grosseira foi submetida ao método de peneiração com intervalos de $1/2 \Phi$, conforme adaptação de

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 siltica (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 e Ward (1957).

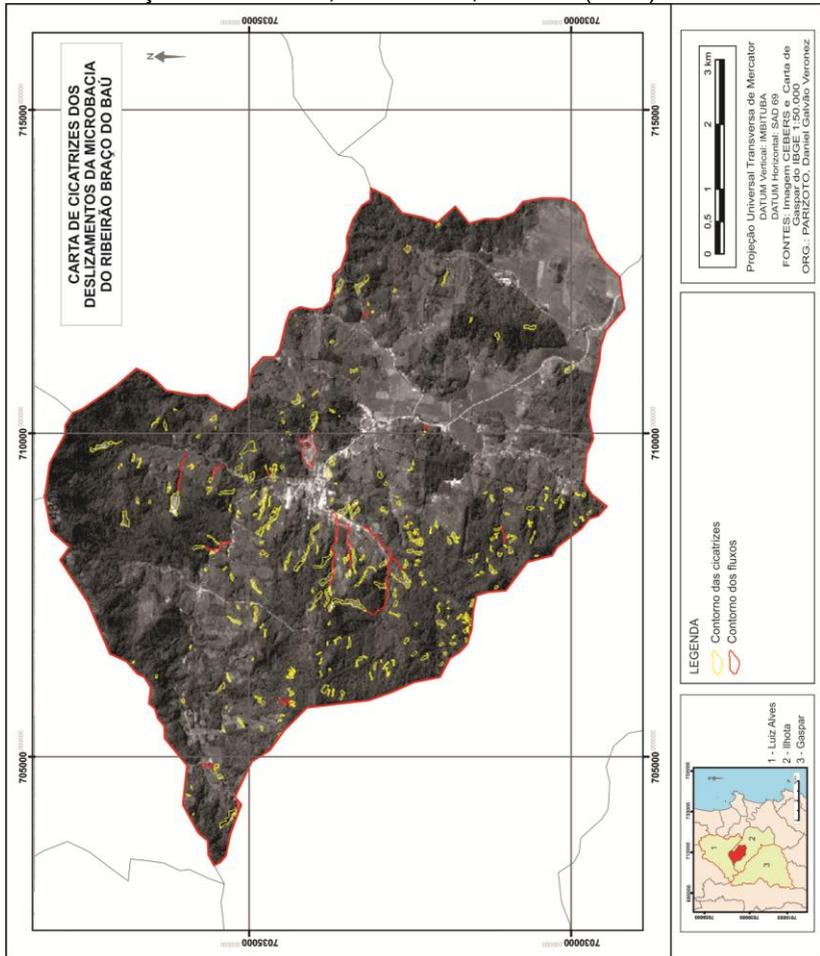
Tendo em vista a composição heterogênea das amostras, a caracterização textural dos solos amostrados foi efetuada com base na elaboração de diagramas de classificação triangular de Shepard (1954). Além das três principais classes granulométricas (areia, silte e argila), a classificação de Shepard considera outras 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 (arenosa) e fração pelítica (silto-argilosa).

5.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS TRABALHOS GEOLÓGICOS

5.3.1 – A Carta de Cicatrizes

A figura 85 apresenta a Carta de Cicatrizes dos deslizamentos ocorridos no episódio de novembro de 2008, na microbacia do Ribeirão Braço do Baú. Ao todo foram delimitadas 268 cicatrizes nos 48,14 km² da área do trabalho. Observa-se que há uma concentração de cicatrizes que se prolonga no sentido nordeste/sudoeste.

Fig. 85 – Carta de Cicatrizes dos deslizamentos na microbacia do Ribeirão Braço do Baú. Elab.; PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Essa configuração é condizente com o sentido da maior concentração do total das cicatrizes mapeadas pelo 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 Baú), SC” que identificou que o setor mais atingido do Complexo do Baú possui uma ocorrência de 1.536 cicatrizes de deslizamentos em uma área de 288,66 km² contra 1.576 cicatrizes totais que foram mapeadas nos 905,26

km² da área do projeto (os municípios de Gaspar, Ilhota e Luis Alves).

Quando as cicatrizes delimitadas são superpostas aos dados hipsométricos da área, observa-se que os locais onde houve maior concentração de cicatrizes não correspondem às maiores elevações. Isso demonstra que a concentração de cicatrizes não está ligada diretamente a um fenômeno de chuva orográfica, mesmo por que o relevo, apesar de bem movimentado, é relativamente uniforme em toda a área dos três municípios.

As áreas de média encosta, onde ocorreu a maior concentração de deslizamentos é a porção onde geomorfologicamente se encontram os solos mais profundos e também onde se faz um maior uso da terra, em detrimento das áreas mais elevadas, o que parece ter relação com o maior número de eventos observados.

A direção da concentração também corresponde com a direção leste-nordeste/sudoeste, da entrada dos ventos (e das chuvas), conforme apresentado no item 2.2. As encostas mais afetadas pelo evento de 2008 em toda a área dos 3 municípios são aquelas que estão voltadas para leste-nordeste.

5.3.2 – As análises laboratoriais

As análises laboratoriais apresentadas nesse item foram realizadas na UFSC, no Laboratório de Microscopia do departamento de Geociências e no Laboratório de Mecânica dos Solos do departamento de Engenharia Civil da UFSC.

5.3.2.1 – Caracterização petrográfica

As lâminas produzidas das amostras coletas em 20 dos 39 pontos de interesse marcados, conforme apresentado na tabela 8, item 5.2.3 – As atividades de campo, ajudaram a confirmar/identificar os litotipos da área deste trabalho. As

lâminas caracterizaram os Gnaisses e Gnaisses Granulíticos; os Basaltos e Diabásios; os Andesitos; os Gabros; os Piroxênitos; os Anfibólitos e Anfibólio Xistos. A seguir, tem-se a descrição das rochas encontradas na área de estudo.

Gnaisse e Gnaisse Granulito

Os gnaisses e gnaisses granulíticos presentes na área de trabalho apresentam planos de bandamento com direções variadas, às vezes dobrados outras não. Exibem com frequência enclaves máficos ou ultramáficos de diversos tamanhos, com formas angulosas ou arredondadas e diferentes estágios de assimilação (Figura 86 e 87). Microscopicamente apresentam mineralogia à base de hornblenda, biotita, óxidos de ferro e minerais félsicos, como o plagioclásio, feldspato potássico e quartzo sob trama granoblástica, podendo conter quantidades variáveis de hiperstênio ou diopsídio.

Nas amostras coletadas podem ser observados, ainda, pequenos cristais arredondados de olivina, talvez proveniente da assimilação dos enclaves máficos/ultramáficos. A Biotita associada a clorita (mais rara), também ocorre, 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, observou-se que a rocha predominante é um hornblenda gnaisse bandado, com quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e hornblenda verde como minerais predominantes (Figura 88). Outras vezes a biotita é o mineral máfico predominante e a rocha foi classificada como um biotita gnaisse.

Em apenas um afloramento observou-se formação ferrífera bandada, fácies silicato contendo bandas de óxidos de ferro (magnetita/hematita) intercaladas às finas bandas claras de quartzo policristalino (Figura 89). Nessas rochas, além desses minerais, ocorre também granada em grande proporção e actinolita. Podem ser classificadas, portanto, como kinzigitos.

Fig. 86 – Hornblenda gnisse com enclaves máficos em diferentes estágios de assimilação. Foto: Edison R Tomazzoli (2012).



Fig. 87 – Detalhe dos enclaves máficos. Foto: Edison R Tomazzoli (2012).



Fig. 88 – Hornblenda gnaiss bandado. Foto: Edison R Tomazzoli (2012).



Fig. 89 – Formação ferrífera bandada. Foto: Edison R Tomazzoli (2012).



Basalto e Diabásio

Os basaltos e diabásios são rochas que podem ocorrer em 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.

Andesito

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.

Metagabro

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

Metapiroxênio

Os metapiroxenitos 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; hornblenda, actinolita, biotita e clorita como minerais secundários, de origem retrometamórfica ou hidrotermal.

Metanfibólio e Anfibólio Xisto

Metanfibólio 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 como a magnetita.

5.3.2.2 – Análises granulométricas

Uma parte das amostras coletadas também foi utilizada para a caracterização granulométrica. Como citado anteriormente, as amostras foram coletadas em diferentes litologias presentes na área de estudo. Essas análises granulométricas também são parte integrante dos trabalhos de identificação e classificação das unidades geotécnicas.

Distribuição granulométrica

A tabela 10 apresenta as porcentagens da distribuição granulométrica das amostras coletadas apenas dentro da área do trabalho.

Tabela 10 - Percentual de cada fração granulométrica das amostras de solo em relação à amostra total.

ID	LITOTIPO ASSO-CIADO	ESTRUTURA DO SOLO	PROF. DA COLETA	% CASCALHO	% AREIA	% SILTE	% ARGILA
BA305	Gnaisse	Elúvio	≈ 10m	4,65	59,96	31,17	4,21
BA311	Gnaisse Máfico	Elúvio	≈ 10m	0,00	60,11	36,59	3,30
BA311 B	Gnaisse Máfico	Elúvio	≈ 10m	1,18	56,33	37,13	5,37
BA312 B	Gabro	Elúvio	≈ 10m	7,42	63,34	26,69	2,54
BA313 A	Piroxenito	Elúvio	≈ 10m	0,13	37,42	50,87	11,57
BA313 D	Piroxenito	Elúvio	≈ 10m	5,15	74,01	17,39	3,45
BA314	Gabro	Elúvio	≈ 10m	0,83	80,02	15,24	3,90
BA332	Gnaisse	Elúvio	≈ 10m	1,98	48,06	41,83	8,13
BA332-3m	Gnaisse	Elúvio	3m	0,00	38,02	51,51	10,47

Para os solos originários dos gnaisses, excetuando a amostra BA332-3m, que foi coletada a uma profundidade menor, num horizonte de solo mais evoluído, os valores indicam uma composição predominantemente grosseira e arenosa dos solos, com percentual na fração areia entre 48,06 e 60,11%. A fração siltica ocorre com percentuais entre 31,17 e 51,51.

As amostras de litotipo máfico, correspondente ao gabro, apresentaram igualmente o predomínio de fração arenosa, que atinge 80,02%, com a fração siltica apresentando entre 15,24 e 26,69%. 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 predomínio da fração fina siltica, com 50,87%, seguida da fração arenosa com 37,42%.

Considerando as diferentes origens litológicas dos solos analisados, a fração argilosa não ultrapassou 11,57%, com 66 % das amostras apresentado teor em argila inferior a 5,37%.

Parâmetros granulométricos estatísticos

A tabela 11 apresenta os resultados da análise estatística da distribuição granulométrica do total das amostras de solo coletadas dentro e fora da área de trabalho. Em relação ao tamanho médio do grão (Mz) 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 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.

Tabela 11 - 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
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
BA313A	Piroxenito	5,353	5,859	2,164	-0,2966	0,8728
BA313B	Piroxenito	2,734	2,049	2,724	0,2834	1,08
BA314	Gabro	3,095	2,373	2,413	0,3636	1,188
BA332	Gnaisse	4,032	3,997	2,717	0,03976	0,7639
BA332-3m	Gnaisse	5,566	6,205	2,03	-0,3504	0,751

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

O desvio padrão da distribuição granulométrica indica a prevalência de solos muito pobres ou 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 % as amostras apresentaram valores indicando assimetria positiva ou muito positiva (entre 0,10 e 30,0 e > a 30,0).

Os valores de curtose corroboram a tendência ao baixo grau de selecionamento das amostras de solo, com a ocorrência 71,4 % dos casos de amostras platicúrticas (K_G = 0,67 a 0,90), isto é, com valores na curva da função de distribuição mais "achatados" que a distribuição normal.

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

Diagramas de Shepard

A elaboração dos diagramas possibilitou a classificação textural das 14 amostras de solo de forma mais adequada, contrapondo-se à classificação apoiada em medidas de tendência central, que costuma apresentar distorções nos resultados em amostras com granulometria polimodais. A classificação textural obtida é apresentada nas figuras 90, 91, 92 e 93, relativas aos diagramas obtidos para as amostras de solos associados à alteração das diferentes litologias encontradas na área do trabalho.

Fig. 90 – Diagrama de Shepard para solos de alteração de rochas gnáissicas.

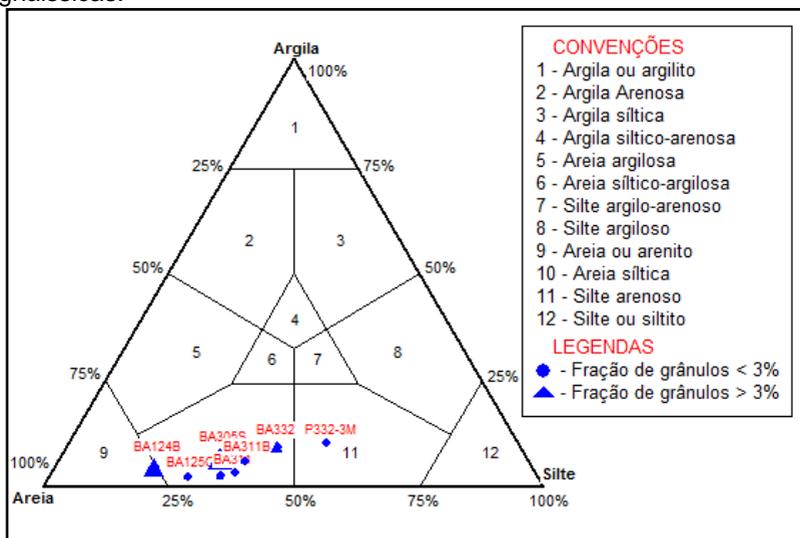


Fig. 91 – Diagrama de Shepard para solos de alteração de rocha arenítica arcoseana.

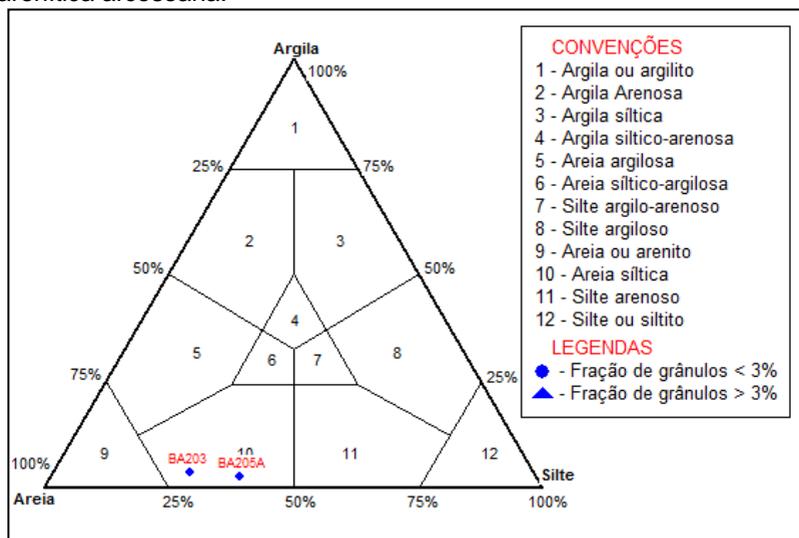


Fig.92 – Diagrama de Shepard para solos de alteração de gabro.

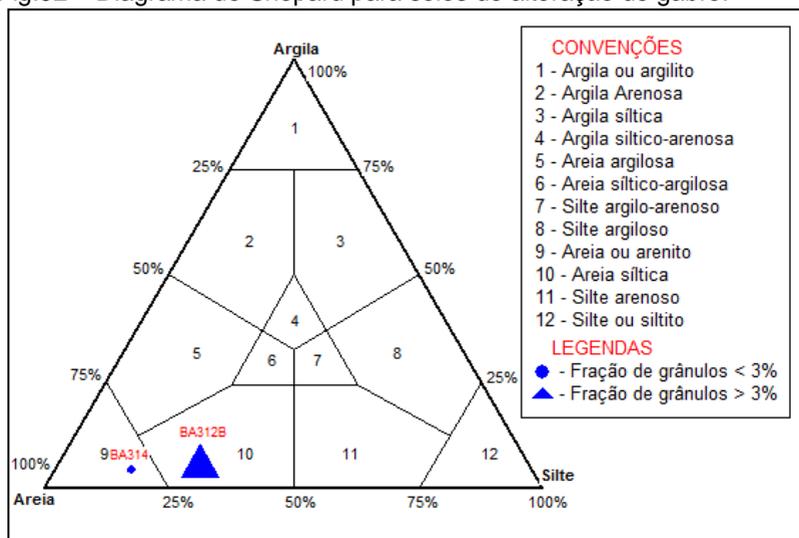
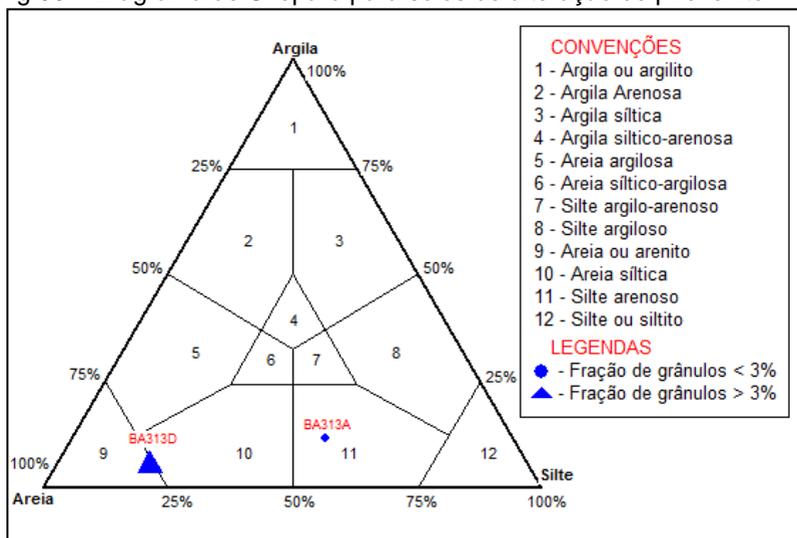


Fig.93 – Diagrama de Shepard para solos de alteração de piroxenito.



Nos solos oriundos da alteração de rochas gnáissicas os resultados apontaram o predomínio de textura areno-siltosa, com exceção, novamente, da amostra BA332-3m, classificadas como de textura silte-arenosa.

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

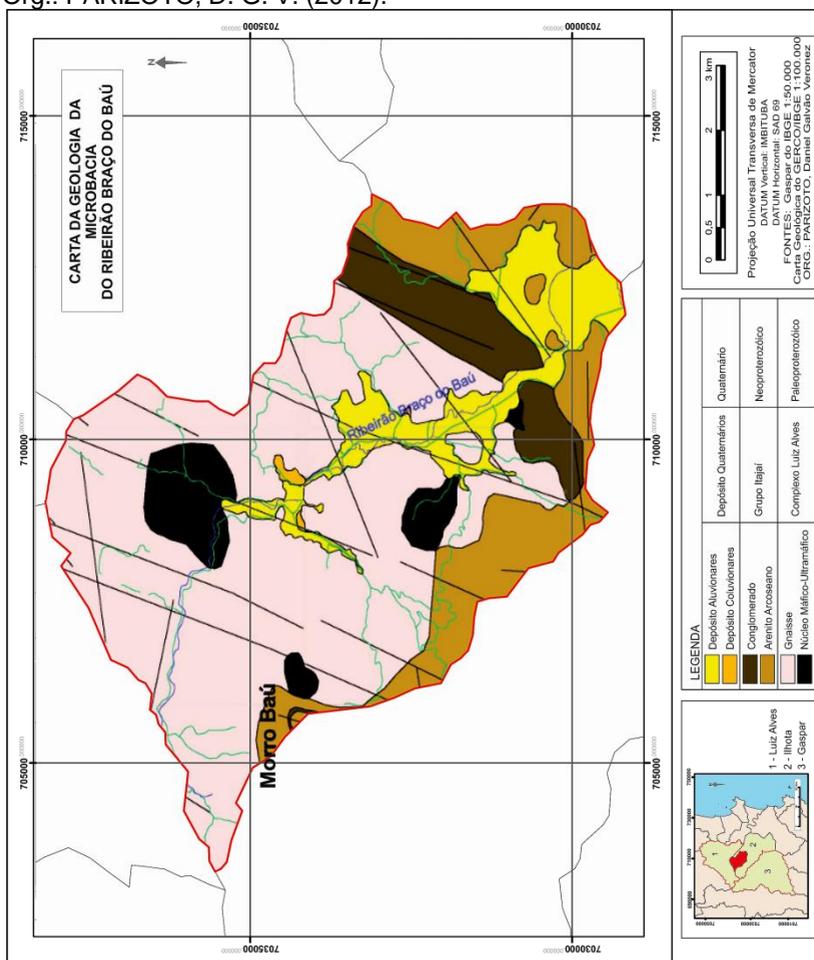
Nas amostras associadas à litologia máfica e ultramáfica, os diagramas indicaram a ocorrência de textura arenosa e areno-siltosa para os solos resultantes da alteração do gabro; e arenosa e silte-arenosa para os decorrentes da alteração do piroxenito.

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.

5.3.3 – A Carta Geológica

A Carta Geológica da área do trabalho foi elaborada a partir de uma criteriosa interpretação de imagens aéreas e de satélites, associadas aos trabalhos de campo e aos dados organizados dos ensaios laboratoriais (Figura 94).

Fig. 94 – Carta Geológica da microbacia do Ribeirão Braço do Baú. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Em sua fase inicial de construção, o mapeamento geológico contou com o apoio de trabalhos acadêmicos e mapas

anteriores, como o mapa geológico do IBGE (2003b) produzido para o relatório dos “Mapeamentos Temáticos do Programa de Gerenciamento Costeiro do Estado de Santa Catarina”.

O trecho da microbacia do Ribeirão Braço do Baú é uma parte do trabalho realizado nos três municípios (Gaspar, Ilhota e Luis Alves) do projeto desenvolvido pela UFSC.

As unidades geológicas levantadas e descritas na coluna estratigráfica da carta são o Complexo Luiz Alves, o Grupo Itajaí e os Depósitos Quaternários.

O Complexo Luiz Alves

Também conhecido como Complexo Granulítico de Santa Catarina, o Complexo Luiz Alves 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 (HARTMANN et al., 1979).

Os litotipos mais comuns são gnaisses quartzofeldspáticos 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 (op. cit.). 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.

O Grupo Itajaí

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

Também estão presentes rochas vulcânicas e subvulcânicas de composição predominantemente riolítica, com algumas camadas de tufo finos. Essas rochas, geralmente estão dispostas em camadas superpostas com pequenas a médias inclinações para sul-sudeste, às vezes constituindo elevações do tipo mesa ou cuesta, devido à inclinação. O próprio Morro do Baú pode ser interpretado como uma elevação desse tipo.

O Morro do Baú 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, constituindo-se, assim, num morro-testemunho.

Os Depósitos Quaternários

Os depósitos coluvionares quaternários são compostos pela alteração dos gnaisses e das demais rochas associadas. Formam grandes áreas de material movimentado ao longo das encostas. Essas fácies merecem ainda maior atenção no mapeamento e estão sendo delimitados para uma nova versão do mapa Geológico com escala mais apropriada aos trabalhos de análise de risco.

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

5.3.4 – Considerações sobre os trabalhos geológicos

O conjunto amplo de informações obtidas através dos trabalhos de campo e de laboratório possibilitou o melhor entendimento sobre as características geológicas da área de estudo que é carente de uma escala mais adequada de dados que possibilitassem a análise dos elementos de físicos de vulnerabilidade.

A Carta de Cicatrizes, com seus 218 pontos marcados na cabeceira de cada deslizamento é uma “lâmina” fundamental na composição do grupo de elementos que se somarão na determinação probabilística de suscetibilidade. Com ela foram realizadas as estimações estatísticas das ocorrências através de dois grupos, um de execução e outro de validação e assim determinou-se em quais conjuntos de elementos ocorreu a maior quantidade de deslizamentos.

A análise petrográfica realizada em rochas colhidas em 20 dos 39 pontos de descritos na área da microbacia possibilitou o refinamento das informações cartográficas necessárias para a diminuição da escala da Carta Geológica. O predomínio do gnaíse é estendido na nova versão da Carta Geológica.

Os resultados granulométricos apontaram composição predominantemente arenosa dos solos na área de estudo, abrangendo as diferentes litologias de origem, com teores da fração de areia entre 37,42% e 80,02%. A maior proporção de areia confere menor coesão aos solos. Os diagramas de Shepard também indicaram o predomínio de textura arenosa e areno-siltosa, principalmente nos solos de encosta afetadas pelos deslizamentos. Essa característica textural estaria associada ao estágio intermediário de maturidade do Horizonte C. Além disso, os teores de argila pouco expressivos podem estar associados à atuação de processos de lixiviação nas encostas, com migração de argilominerais em direção à base das vertentes.

Finalmente as análises laboratoriais além de aumentarem o conhecimento das características mais específicas das rochas e solos da área de estudo tornam-se disponíveis para a aplicação futura em outros trabalhos ou análises que possam ser úteis para contribuir com o tema.

5.4 – MÉTODOS E TÉCNICAS DOS TRABALHOS GEOTÉCNICOS

Os trabalhos apresentados nessa etapa visaram a identificação das unidades geotécnicas da microbacia e a confecção da carta dessas unidades. As atividades foram realizadas no âmbito do projeto “Monitoramento Geotécnico dos Deslizamentos e Inundações visando determinação das Áreas de Risco – FAPESC – Convênio N°8280/210-5”, desenvolvido pelo Núcleo de Geotecnia da UNISUL – NUGEOPEC e coordenado pela Prof. Dra. Regina Davison Dias.

A metodologia utilizada foi desenvolvida pela professora Davison Dias através do LAMGEO/UFRGS-UFSC e consiste no uso do conhecimento da atuação da pedogênese no material de origem como orientação para o estudo do comportamento dos solos.

5.4.1 – As atividades de campo

Inicialmente foi elaborado um cruzamento prévio entre as informações pedológicas e geológicas da área de estudo para gerar um primeiro esboço das unidades geotécnicas, a fim de se identificar as unidades de interesse onde se fariam as coletas dos materiais para os ensaios geotécnicos.

Com o auxílio das imagens digitais da área, das imagens 3D (anaglifos) e do aplicativo Google Earth os pontos foram escolhidos e uma primeira incursão foi realizada para validação das escolhas. Os pontos das coletas foram plotados com GPS e são apresentados na tabela 12.

Posteriormente foram realizadas quatro incursões ao campo de trabalho para reconhecimentos dos perfis, tomada de dados e coleta de blocos indeformados.

Tabela 12 – Pontos da coleta dos blocos indeformados marcados com coordenadas UTM e descrição do local da coleta/tipo de afloramento.

ID PONTO	LOCALIZAÇÃO (COORD. UTM)		DESCRIÇÃO DO PONTO	UNIDADE GEO-TÉCNICA
BAÚ01A	22J 0704250	7035248	Corte por deslizamento rotacional em relevo dissecado	PV gn,gl
BAÚ01B	22J 0704250	7035248	Corte por deslizamento rotacional em relevo dissecado	PV gn,gl
BAÚ02	22J 0709089	7035261	Corte por deslizamento rotacional em relevo dissecado	PV gn,gl
BAÚ03	22J 0708584	7033490	Corte por deslizamento rotacional em relevo dissecado	PV gn,gl

As amostras deformadas foram coletadas em sacos plásticos devidamente lacrados. Os blocos indeformados foram recolhidos dos taludes formados pelos deslizamentos dentro do horizonte C, com estrutura litológica preservada, dentro das unidades geotécnicas.

Os blocos foram enfaixados e selados com parafina e acondicionados em caixas de madeira para transporte, sendo levados ao Laboratório de Geotecnia (Figuras 85 a 88).

Fig. 95 – Visão geral do talude formado pelo deslizamento. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Fig. 96 – Bloco sendo esculpido no horizonte c. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Fig. 97 – Detalhe das estruturas preservadas. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Fig. 98 – Bloco enfaixado junto a caixa de transporte. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



5.4.2 – Os ensaios geotécnicos

A realização dos ensaios laboratoriais de mecânica do solo depende dos tipos de solos ensaiados. A descrição das unidades de solos através da individualização dos universos geotécnicos possibilita a definição inicial de dois grandes grupos de solos: os solos residuais (elúvio) e os de acumulação (colúvios).

Na área de estudo estão presente esse dois grupos, no entanto, como os objetivos dos ensaios não têm relação direta com obras de engenharia ou mesmo a determinação de parâmetros de uso e ocupação do solo, mas sim com as características geomecânicas dos solos onde ocorreram os deslizamentos, foram selecionados pontos somente no grupo dos solos residuais.

Os principais ensaios realizados e com metodologia descrita nesse item foram a resistência ao cisalhamento; o adensamento; a compactação; os limites de liquidez e limites de plasticidade e a granulometria. Outros testes secundários, objetivando a classificação das amostras, foram realizados, como a Classificação HRB (*Highway Research Board*), CBR (Índice de Suporte Califórnia – ISC) e o MCT (Miniatura – Compactação – Tropical) (IAEG, 1979).

5.4.2.1 – Granulometria

Os ensaios granulométricos das amostras coletadas nos três pontos desta etapa seguiram a metodologia apresentada no item 5.2.4.2, porém seus resultados são apresentados em gráficos de Porcentagem de Passante X Diâmetro dos Grãos, conforme especificações geotécnicas.

5.4.2.2 – Resistência ao cisalhamento

O teste de resistência ao cisalhamento consistiu na aplicação do ensaio de cisalhamento direto, que é a mais antiga e a mais simples forma de arranjo para o ensaio de cisalhamento de uma amostra de solo ou rocha (Figura 99) (DAS, 2011).

O equipamento é composto de uma caixa de metal na qual o corpo de prova é colocado. A caixa é dividida horizontalmente em duas metades. Uma força é aplicada a partir do topo da caixa de cisalhamento para simular a ação da gravidade sobre a massa do corpo de prova. A força de cisalhamento é aplicada movendo-se uma metade da caixa em relação à outra para provocar a ruptura no corpo de prova.

O ensaio realizado foi em equipamento do tipo “deformação controlada” onde uma taxa constante de deslocamento cisalhante é aplicada e medida por um extensômetro horizontal (Figura 100).

Os ensaios de cisalhamento foram repetidos em corpos de provas similares em várias tensões normais (Figuras 101 e 102).

Os valores das tensões e os resultados correspondentes obtidos foram representados em gráficos a partir do qual os parâmetros da resistência ao cisalhamento são determinados. Foram realizados ensaios com amostras em estado de umidade natural e com amostras inundadas.

Fig. 99 – Retirada de corpo de prova do bloco indeformado. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Fig. 100 – Equipamento de deformação controlada. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Fig. 101 – Série de amostras cisalhadas. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Fig. 102 – Detalhe das amostras cisalhadas. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



5.4.2.3 – Adensamento

O ensaio de adensamento mede propriedades mecânicas do solo referentes a deformação plástica através da compressão confinada da amostra e a redução do índice de vazios do corpo de teste (massa de solo) em função do tempo e da pressão aplicada. Este ensaio tem então como objetivo a construção de curvas que relacionam deformações X tempo e os índices de vazios X pressões. São geralmente feitos em amostras indeformadas e inundadas. (DAS, 2011).

As amostras indeformadas foram talhadas do bloco principal colhido em campo, diretamente nos moldes cilíndricos usados na prensa de adensamento. Os moldes foram instalados no edômetro e saturados (inundadas) por 24 horas. Na

sequência, uma determinada pressão foi aplicada ao corpo de prova e as leituras foram tomadas no extensômetro nos instantes 0, .13, .26, .5, 1, 2, 3, 4, 8, 16, 30, 60 e 120 minutos. Após o primeiro grupo de testes, dobrava-se a carga e os testes eram repetidos como descrito anteriormente.

5.4.2.4 – Compactação

O ensaio de compactação é um método que possibilita obter a correlação entre o teor de umidade e o peso específico de um solo quando compactado com determinada energia (NOGUEIRA, 1995).

As amostras foram homogeneizadas com a adição de água e compactadas em molde cilíndrico em 3 camadas iguais, cada uma cobrindo aproximadamente um terço do molde, aplicando-se em cada uma delas 25 golpes padronizados, distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada. As amostras foram retiradas do molde com auxílio de um extrator, e após serem partidas ao meio, coletou-se uma pequena quantidade para a determinação da umidade. Os testes foram repetidos conforme indicação da metodologia.

5.4.2.5 – Limite de liquidez e limite de plasticidade

O limite de liquidez é definido como a umidade abaixo da qual o solo se comporta como material plástico; é a umidade de transição entre os estados líquido e plástico do solo. Experimentalmente corresponde ao teor de umidade com que o solo fecha uma certa ranhura sob o impacto de 25 golpes do aparelho de Casagrande (NOGUEIRA, 1995; DAS, 2011).

As amostras foram acondicionadas em um recipiente de porcelana e o material homogeneizado com a adição de água. As misturas foram transferidas para a concha do aparelho de Casagrande aplainado-a com a espátula, de tal forma que a parte central ficava com 1cm de espessura (Figuras 103 e 104). Em seguida foi produzida uma ranhura no meio da massa, no

sentido do maior comprimento do aparelho. Os golpes foram efetuados até o fechamento da ranhura num comprimento de 1,2cm. Como no teste de compactação, foram coletadas amostras em cada teste para a determinação da umidade e os ensaios foram repetidos conforme indicação da metodologia.

O limite de plasticidade é definido como o teor de umidade no qual o solo deixa de ser plástico, tornando-se friável, ou seja, quebradiço. É a umidade de transição entre os estados plástico e semissólido do solo. O limite é obtido quando um cilindro de um solo com 3mm de diâmetro apresenta-se fissuras (DAS, 2011).

Nos ensaios de limite de plasticidade as amostras foram passadas em peneira de 0,42mm e homogeneizadas como nos experimentos anteriores e uma quantidade da massa era moldada manualmente, em forma elipsoidal, rolando-a sobre a placa de vidro despolido até que fissurasse em pequenos fragmentos (Figuras 105 e 106). Exatamente como no teste de compactação e limite de liquidez, amostras foram coletadas para a determinação da umidade.

Fig. 103 – Preparação da amostra para o ensaio do Limite de Liquidez. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Fig. 104 – Aparelho de Casagrande. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



Fig. 105 –. Preparação da amostra para o ensaio de limite de plasticidade. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).

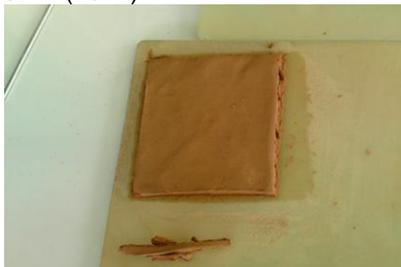


Fig. 106 –. Determinação do Limite de Plasticidade. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2012).



5.4.3 – A produção cartográfica

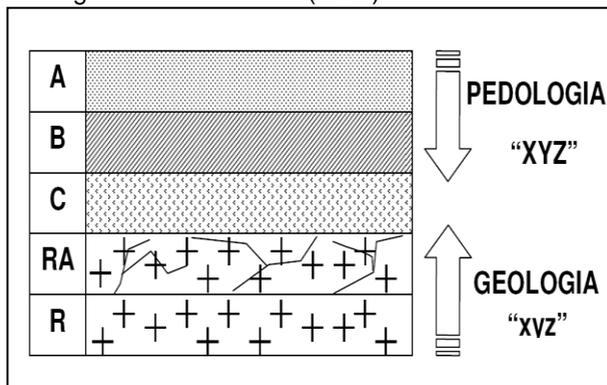
As pesquisas realizadas por Davison Dias ao longo dos anos permitiram o desenvolvimento de uma metodologia de mapeamento geotécnico para solos tropicais em grandes áreas, conforme foi apresentado em Davison Dias (1995) e em Davison Dias e Milititsky (1994). Essa metodologia já foi aplicada por diversos pesquisadores, entre eles Bastos (1991), Valente et al. (1999), Santos (1997) e Higashi (2006).

A criação de um esboço de carta geotécnica, considerada preliminar, deve ser realizada a partir dos documentos de melhores escalas disponíveis. A carta pedológica e a carta geológica, juntamente com as curvas de nível são os documentos utilizados na geração desta carta geotécnica, uma vez que possibilitam um conhecimento básico para o entendimento inicial do comportamento geomecânico dos solos. As informações produzidas na carta geotécnica são somadas e validadas pelos ensaios laboratoriais para então se realizar a confecção da carta definitiva.

Para Davison Dias (1994) a estimativa das unidades geotécnicas consiste no emprego dos dados reunidos em campo e em laboratório e interpretados em um trabalho cartográfico que visa delimitar as zonas de ocorrência de solos com perfis de origem e características físicas e morfológicas semelhantes.

Em um determinado perfil de solo as características que conduzem ao comportamento geomecânico são regidas pela pedologia da superfície para a subsuperfície, e pela geologia de forma inversa conforme a figura 107 de Davison Dias (1987) apresentada por Higashi (2006).

Fig. 107 – Esquema da distribuição da simbologia das unidades geotécnicas segundo Davison Dias (1987).



Como demonstra a figura acima, a classificação de uma unidade deve ser estimada seguindo a simbologia "ABCxyz", onde as letras maiúsculas "A" correspondem a classificação pedológica do horizonte superficial (horizontes A e B) e as minúsculas "xyz" são identificadoras da litologia, caracterizando os horizontes C, RA e R. Estas podem ser constituídas de três ou menos letras.

No caso de haver mais de uma litologia no material do substrato, como geralmente acontece nas rochas sedimentares, adotam-se as siglas destas litologias em letras minúsculas separadas por vírgulas.

É recomendado pela autora, no caso das letras maiúsculas, o uso do sistema de classificação pedológico corrente na prática brasileira para os horizontes superficiais A e B, conforme publicado por Camargo et al (1987), devendo ser ignoradas as características álico (a), distrófico (d), eutrófico (e) e húmico (h), além de outras subdivisões existentes, como por

exemplo as numéricas. Somente é considerada a classificação propriamente dita, dominante na região (Quadro 4).

Quadro 4 – Exemplos da simbologia simplificada das classes pedológicas utilizada por Davison Dias. Fonte: DAVISON DIAS (2001).

SIGLA	CLASSIFICAÇÃO (*)
A	Aluviais
AQ	Areias Quartzosa
B	Brunizém
BV	Brunizém Vértico
C	Cambissolo
CB	Cambissolo Bruno
GH	Glei
HO	Solo Orgânico
LA	Latossolo Amarelo
LB	Latossolo Bruno
LBC	Latossolo Bruno Câmbico
LBR	Latossolo Bruno-Roxo
LE	Latossolo Vermelho-Escuro
LR	Latossolo Roxo
LV	Latossolo Vermelho-Amarelo
P	Podzóis Indiscriminados
PB	Podzólico Bruno-Acinzentado
PE	Podzólico Vermelho-Escuro
PL	Planossolo
PLV	Planossolo Vértico
PLP	Planossolo Plíntico
PT	Plintossolo
PV	Podzólico Vermelho-Amarelo
R	Litóico
TR	Terra Roxa Estruturada
TB	Terra Bruna-Estruturada
TBR	Terra Bruna-Roxa
TBV	Terra Bruna Podzólica
V	Vertissolo
(*) - A nomenclatura dos solos teve como referência a antiga classificação da Empresa Brasileira de Solos – EMBRAPA, uma vez que a nova classificação engloba perfis de diferentes comportamentos geotécnicos.	

Já para os horizontes C, RA e R, utiliza-se a classificação geológica simplificada, a qual é baseada no trabalho da IAGE (1979). Na classificação geológica também é considerado a rocha dominante (Quadro 5).

Quadro 5 – Exemplo da simbologia das unidades geológicas utilizadas por Davison Dias. Fonte: DAVISON DIAS (2001).

SIGLA	CLASSIFICAÇÃO
a	Arenito
ag	Argilito
an	Andesito
ar	Ardósia
arc	Arcóseo
b	Basalto
br	Brecha
c	Conglomerado
ca	Calcáreo
cm	Complexo metamórfico (*)
cr	Carvão
d	Diorito
da	Dacito
f	Folhelho
g	Granito
gl	Granulito
gn	Gnaisse
gd	Granitóide
ma	Mármore
p	Pelito
q	Quartzito
r	Riolito
si	Sienito
s	Siltito
sq	Sedimentos quaternários
st	Sedimentos terciários
x	Xisto
(*) - Complexo formado por várias rochas metamórficas de difícil individualização.	

A carta Geotécnica foi construída seguindo a metodologia apresentada, em ambiente SIG (ArcGis 10.1), em escala gráfica, na proporção 1:50.000.

5.4.4 – Estabilidade de Encostas

Com o conhecimento dos parâmetros dos materiais encontrados nos pontos de coletas e extrapolados para as unidades geotécnicas foi possível empregar um método de análise de estabilidade de encostas. Uma encosta ou talude se torna potencialmente instável a partir do momento em que as tensões cisalhantes produzidas por esforços que provocam a instabilidade no material que compõe essa encosta, alcançam valores próximos ou maiores que a resistência ao seu cisalhamento AUGUSTO FILHO e VIRGILI, 1998).

Existem variados métodos de análise para a estabilidade de uma encosta: Fellenius (1936), Janbu (1956), Bishop (1955), Morgenstern e Price (1965) e Janbu Simplificado (1973). De modo geral todos buscam a determinação de um índice que permita quantificar o quão próximo da ruptura se encontra a encosta e podem ser agrupados em três tipos: os métodos observacionais, que se fundamentam em análises heurísticas e na experiência acumulada dos seus utilizadores; os métodos experimentais, que empregam diferentes modelagens físicas e experimentos de campo; e os métodos analíticos, que se encarregam de investigar os valores limites das tensões cisalhantes através de modelos matemáticos de tensão e deformação. Esses valores são chamados de Fatores de Segurança (Fernandes, 2011).

Os métodos utilizados nesta etapa do trabalho foram o de Bishop (1955). Esse método integra o software MacStars 2000, v.2.2, responsável pela determinação dos Fatores de Segurança das encostas escolhidas para a modelagem. O princípio deste do método é expresso pela equação:

$$F_s = \frac{\sum \text{Forças Resistentes}}{\sum \text{Forças Atuantes}}$$

O Fator de Segurança ou Coeficiente (Quadro 6) é categorizado como:

Quadro 6 – Fator de segurança X condição de estabilidade da encosta.

COEFICIENTE DE SEGURANÇA	CONDIÇÃO DA ENCOSTA
$F_s < 1,0$	Talude instável
$F_s = 1,0$	Condição limite de estabilidade
$F_s > 1,0$ (pouco maior)	Condição estável
$F_s \gg 1,0$ (muito maior)	Condição estável

5.5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS TRABALHOS GEOTÉCNICOS

5.5.1 – As análises laboratoriais

As análises laboratoriais apresentadas nesse item foram realizadas na UNISUL, no Laboratório de Mecânica de Solos da Faculdade de Engenharia Civil. As quatro amostras coletadas para este trabalho foram retiradas da unidade geotécnica identificada como PVgl,gn (Podzólico Vermelho-Amarelo com substrato de granulito e gnaisse). A coleta BAÚ 01B aconteceu no mesmo local da BAÚ 01A com a finalidade de validar os procedimentos de campo e as técnicas laboratoriais, através da confrontação dos primeiros resultados obtidos. Outras nove coletas em unidades distintas foram realizadas e estão sendo analisadas por outros integrantes do projeto da UNISUL. As análises laboratoriais objetivaram confirmar e detalhar os conhecimentos de cada unidade, que posteriormente serão organizadas e extrapoladas para a totalidade da área do projeto e utilizadas no mapeamento de suscetibilidade.

5.5.1.1 – Granulometria

As análises granulométricas foram realizadas com base na norma NBR 7181/88. As amostras BAÚ 01B e BAÚ 02 foram coletas próximas aos 3 metros de profundidade, gerando resultados mais próximos da amostra coletada no ponto BA 332-3m do que das demais amostras dos trabalhos geológicos. A amostras BAÚ 01A oriunda da rocha gnáissica e coletada em uma profundidade menor reflete através dos seus resultados uma maior evolução da pedogênese nesse horizonte de solo. Os gráficos das porcentagens de passantes X tamanho dos grãos, (Figuras 108, 109, 110 e 111) apresentam as distribuições granulométricas das amostras. Os resultados estão organizados na tabela 13, com os valores divididos em: pedregulho, areia, silte e argila; e na tabela 14, com os valores para a areia fina, média e grossa.

Fig.108 – Gráfico do ensaio granulométrico do ponto BAÚ 01A.

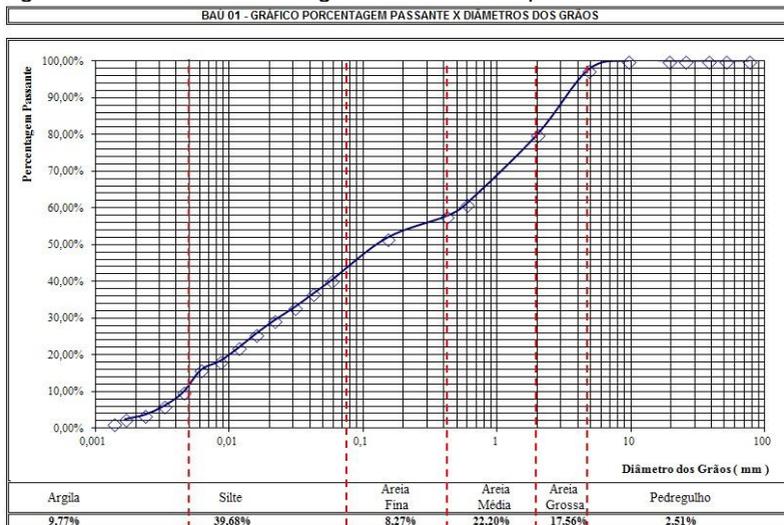


Fig.109 – Gráfico do ensaio granulométrico do ponto BAÚ 01B.

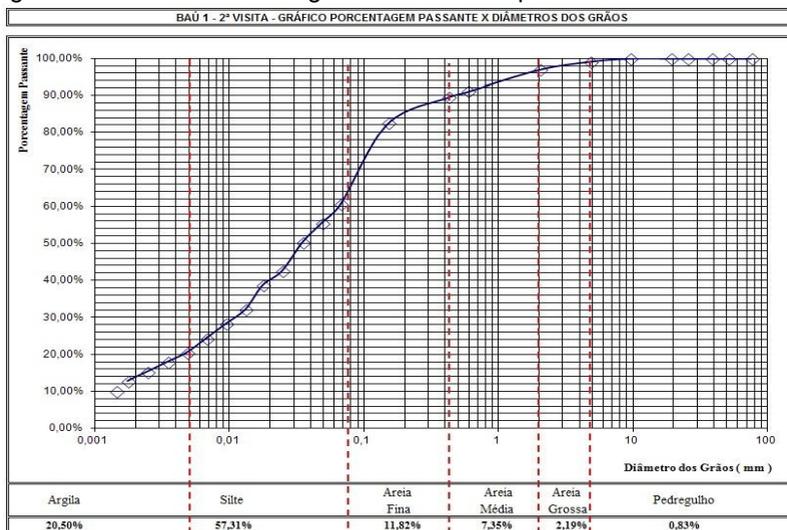


Fig.110 – Gráfico do ensaio granulométrico do ponto BAÚ 02.

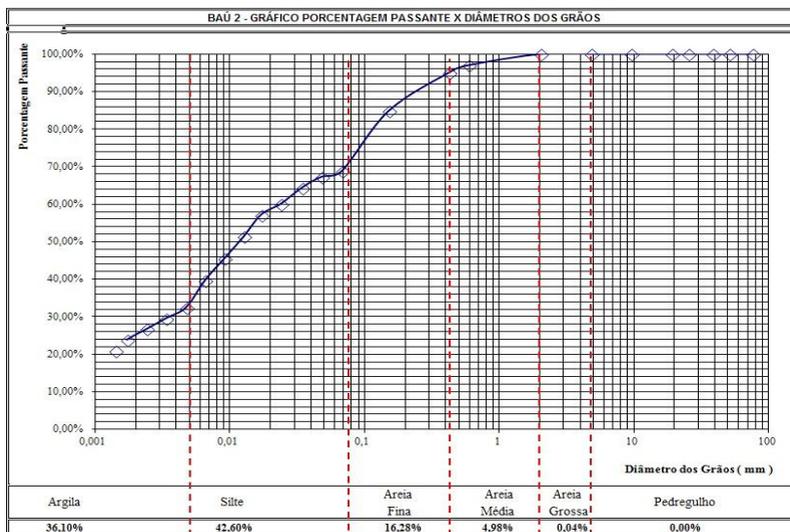


Fig.111 – Gráfico do ensaio granulométrico do ponto BAÚ 03.

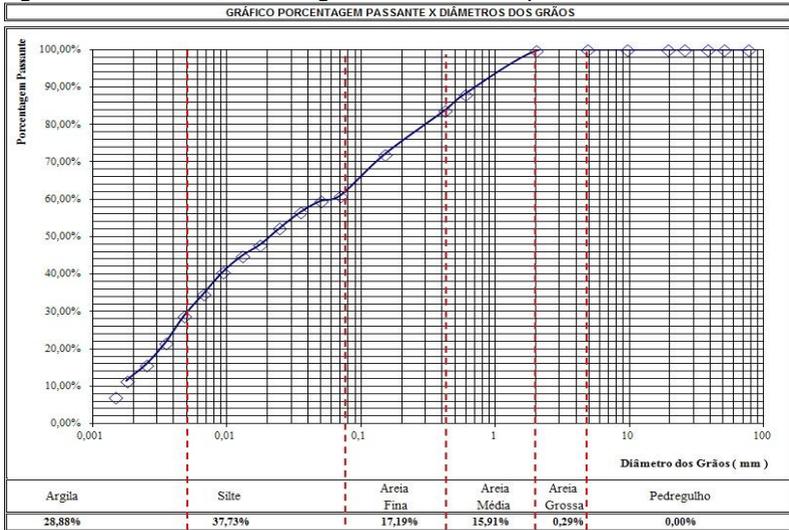


Tabela 13 - Percentual de cada fração granulométrica das amostras de solo em relação à amostra total.

ID	LITOTIPO ASSOCIADO	ESTRUTURA DO SOLO	PROF. DA COLETA	% PEDREGULHO	% AREIA	% SILTE	% ARGILA
BAÚ 01A	Gnaiss	Elúvio	< 3m	2,51	48,03	39,68	9,77
BAÚ 01B	Gnaiss	Elúvio	≈ 3m	0,83	21,36	57,31	20,50
BAÚ 02	Gnaiss	Elúvio	≈ 3m	0,00	21,30	42,60	36,10
BAÚ 03	Gnaiss	Elúvio	> 3m	0,00	33,39	37,73	28,88
	Porcentagem Agrupadas			0,84	31,02	44,33	23,81

Tabela 14 - Percentual de cada subdivisão da fração areia em relação à amostra total.

ID	LITOTIPO ASSOCIADO	ESTRUTURA DO SOLO	PROF. DA COLETA	% AREIA FINA	% AREIA MÉDIA	% AREIA GROSSA
BAÚ 01A	Gnaisse	Elúvio	< 3m	8,27	22,20	17,56
BAÚ 01B	Gnaisse	Elúvio	≈ 3m	11,82	7,35	2,19
BAÚ 02	Gnaisse	Elúvio	≈ 3m	16,28	4,98	0,04
BAÚ 03	Gnaisse	Elúvio	> 3m	17,19	15,91	0,29

Os maiores valores para a argila (até 36,10%) e principalmente do silte (até 57,31%) indicam uma composição mais fina para o solo mais superficial dos pontos amostrados, o que pode indicar uma maior resistência dos solos do horizonte C aos processos erosivos. Por outro lado os processos expansivos das argilas podem contribuir para uma maior ocorrência de fissuramentos e um aumento da suscetibilidade a deslizamentos ocasionados pela infiltração da água em significativos episódios de chuva.

5.5.1.2 – Resistência ao cisalhamento

Os ensaios de resistência ao cisalhamento apresentaram os resultados esperados para esse tipo de solo, confirmando a significativa diminuição da coesão das amostras inundadas em relação aos resultados das amostras em umidade natural (Figuras 112a até 114b).

No ponto BAÚ 01, apenas o solo amostrado na segunda coleta (BAÚ 01B), foi ensaiado, desprezando-se a primeira coleta (BAÚ 01A), uma vez que a análise visual e granulométrica das duas amostras confirmou a maior coerência dessa segunda amostra em relação às outras obtidas nos pontos BAÚ 02 e BAÚ 03. O mesmo procedimento foi adotado para os demais ensaios.

Fig.112a – Cisalhamento Direto Natural do ponto BAÚ 01B.

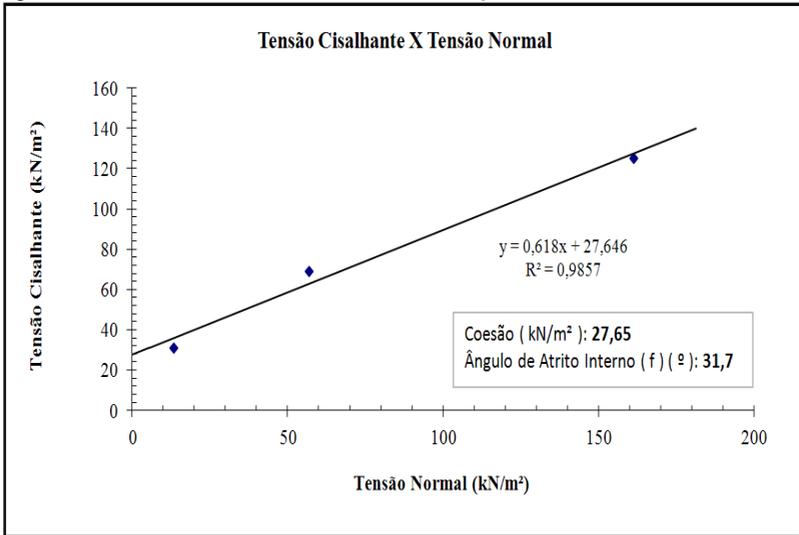


Fig.112b – Cisalhamento Direto Inundado do ponto BAÚ 01B.

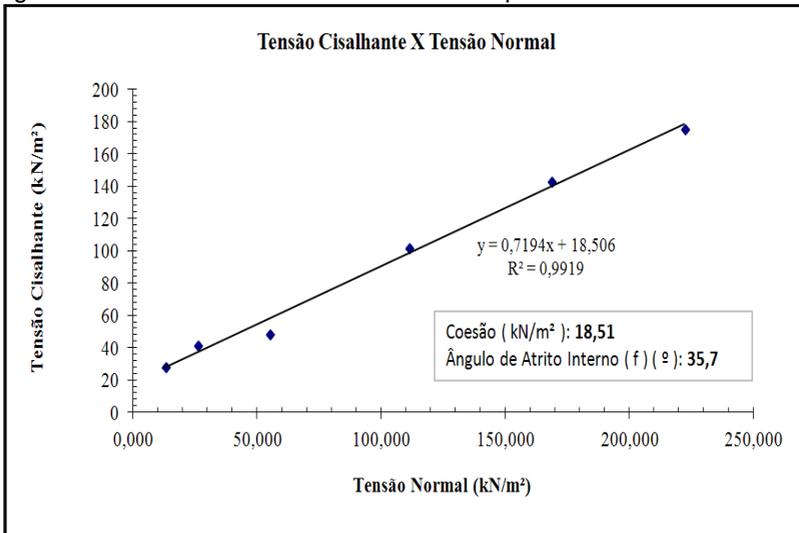


Fig.113a – Cisalhamento Direto Natural do ponto BAÚ 02.

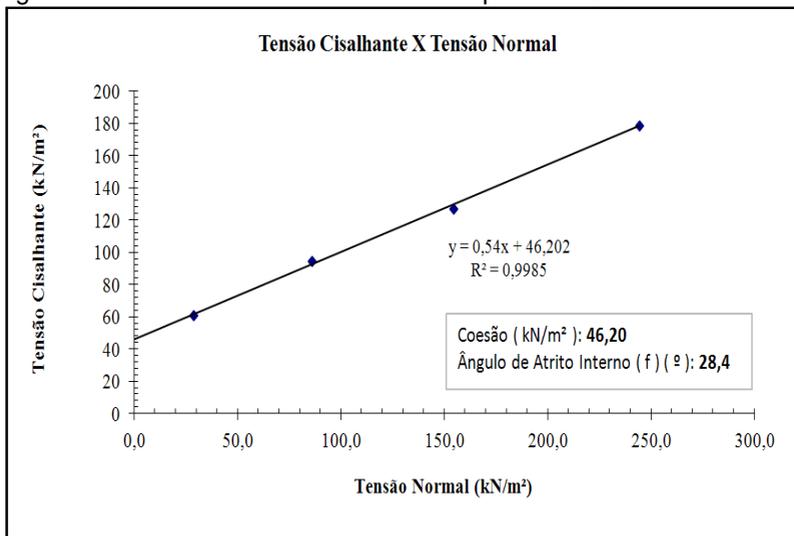


Fig.113b – Cisalhamento Direto Inundado do ponto BAÚ 02.

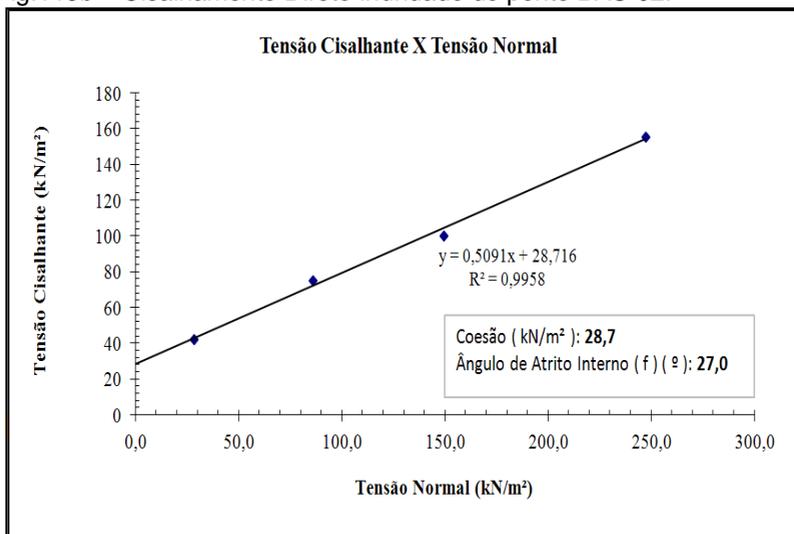


Fig.114a – Cisalhamento Direto Natural do ponto BAÚ 03.

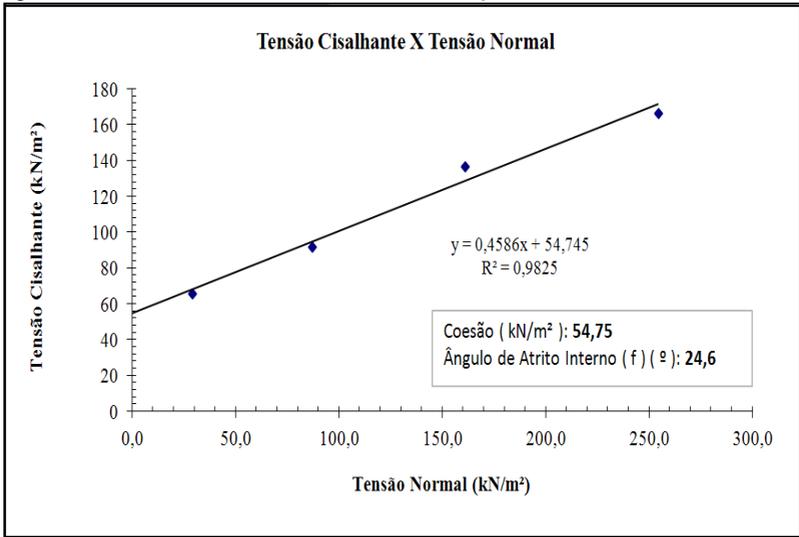
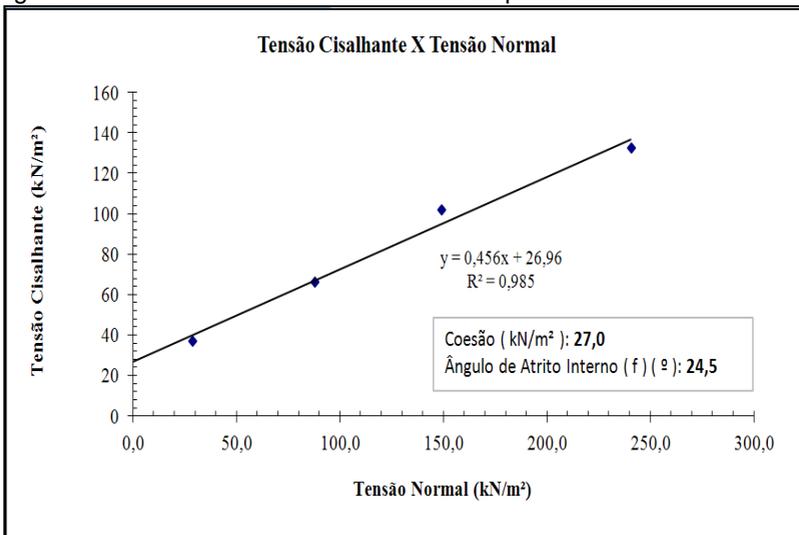


Fig.114b – Cisalhamento Direto Inundado do ponto BAÚ 03.



A coesão interna dos grãos na amostra BAÚ 01B sofre uma redução de $27,65\text{KN/m}^2$ para $18,51\text{KN/m}^2$ entre as situações de um solo em estado de umidade natural e um solo saturado. Esse mecanismo é um fator condicionante importante para compor o quadro que busca compreender os acontecimentos de novembro de 2008, haja visto o papel das intensas chuvas e a decorrente saturação do solo como fator desencadeante dos deslizamentos.

Os resultados dos pontos BAÚ 02 e BAÚ 03 expuseram resultados semelhantes, com queda no índice de coesão da ordem de $46,40\text{KN/m}^2$ para $28,70\text{KN/m}^2$ e $54,75\text{KN/m}^2$ para $27,0\text{KN/m}^2$ respectivamente.

Apesar da inerente deficiência desse tipo de ensaio, pois a própria mecânica do cisalhamento direto impossibilita o controle da drenagem no corpo de prova, uma vez que as caixas onde são fixadas as partes não possuem um sistema de vedação, o que leva justamente a necessidade das duas formas de ensaio: natural e inundado.

5.5.1.3 – Adensamento, Compactação, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

A tabela 15 reúne os dados de Densidade Natural Seca (DNS), que é o material global amostrado conforme retirado do campo e seco em estufa; de Densidade do Grão (DG), que é a densidade apenas dos minerais que compõe a amostra; o Teor de Umidade (TU %) presente na amostra no momento da coleta; os dois tipos de classificação de tipos de solos utilizados na geotecnia; os valores máximos das curvas de compactação e os limites de liquidez, os limites de plasticidade e o índice de plasticidade das amostras.

A densidade real dos grãos apresentou, de modo geral, valores elevados. Sabe-se que o quartzo apresenta densidade 2,65 e que a presença de matéria orgânica compoendo a amostra diminui o valor da densidade. Os resultados entre 2,806 e 2,944 caracterizam que (além do indicador de que minerais já passaram pelo processo de argilização, aumentando a

densidade média dos grãos pela oxidação) existe a presença dos processos de lixiviação, típicos dos solos tropicais.

Tabela 15 – Valores de densidade, umidade, compactação e limites de liquidez, limites de plasticidade e índice de plasticidade.

ID	DNS	DG	TU (%)	CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		LL (%)	LP (%)	IP
				HRB	MCT	D MÁX.	U O (%)			
BAÚ 01A	1,16	2,878	43,1	A-7-6	NS`-NG`	1,514	25,5	55	38	17
BAÚ 01B	1,11	2,944	52,9	A-7-5	NS'-NA	1,514	25,5	54	42	12
BAÚ 02	1,02	2,836	38,3	A-7-6	NA-NS`	1,592	20,3	56	30	24
BAÚ 03	1,18	2,806	38,2	A-7-6	NA-NS`	1,698	20,5	47	27	20

*O valor de densidade do grão e densidade natural seca da amostra foram tomados no ensaio de adensamento natural.

O limite de liquidez (LL) representa o teor de umidade que separa os estados de plástico para líquido dos solos. A diferença entre os limites de liquidez (LL) e plasticidade (LP) geram o índice de plasticidade (IP) que expressa a porcentagem máxima de água que pode ser adicionada ao solo sem que esse perca sua consistência e adquira uma consistência fluida.

O teor de umidade natural da amostra BAÚ 01B está próximo ao limite de liquidez, LL 54% para uma umidade real de 52,9%, uma vez que a amostra foi coletada em um período bastante chuvoso. É justamente esse processo de aproximação do valor de umidade que deve ser observado, pois a perda de plasticidade e liquefação do solo é um dos fatores condicionantes dos deslizamentos.

Os valores de compactação expressam as correlações máximas entre os teores de umidade e os pesos específicos das amostras de solo quando submetidas a uma carga vertical. Esses dados são informações complementares aos trabalhos de caracterização de solos, uma vez que somente serviriam em análises de qualidade de materiais para preenchimento de

trincas/fissuras e material para utilização em intervenções mitigatórias.

A classificação HRB foi desenvolvida nos EUA para estradas e apresenta limitações para os solos brasileiros. A MCT, desenvolvida no Brasil demonstra melhor as características dos solos tropicais. Independente desse fato os resultados de ambas indicaram que as amostras foram classificadas como solos de comportamento não laterítico, típico de solos do horizonte C residuais, sensíveis aos deslizamentos. Na classificação MCT, A7 são os solos argilosos e os subtipos 6 e 5 que estão relacionados a plasticidade das amostras. Na classificação HRB, o indicador NA representa a areia, o NS o silte e o NG a argila.

Os valores de adensamento foram tomados de amostras do bloco indeformado, com solos naturais e saturados por 24 horas e medidos em uma sequência temporal. Os valores de adensamento (σ'_c) representam uma pressão crítica que separa duas zonas de compressibilidade (Tabela 16).

Tabela 16 – Resultados dos ensaios de adensamento.

ID	ΣP (KPA) PACHECO		Cr		Cc	
	NATURAL (KN/m ²)	IMUNDA- DO (KN/m ²)	NATURAL (KN/m ²)	IMUNDA- DO (KN/m ²)	NATURAL (KN/m ²)	IMUNDA- DO (KN/m ²)
BAÚ 01A		300		0,0121		0,104
BAÚ 01B	220	190	0,00674	0,01467	0,096	0,10186
BAÚ 02	380	370	0,040	0,0500	0,420	0,420
BAÚ 03	230	370	0,030	0,050	0,340	0,310

5.5.2 – A Carta Geotécnica

O mapeamento geotécnico apresentou 9 unidades distintas. As unidades geotécnicas levantadas são apresentadas e descritas individualmente logo na sequência da Carta Geotécnica (Figura 115), na tabela 17.

Tabela 17 – Unidades Geotécnicas da área do trabalho.

UNIDADES LITOLÓGICAS	SIGLAS	UNIDADES GEOLÓGICAS
PODZOLICO VERMELHO-AMARELO	PVgl,gn	Granulito, Gnaisse, Gnaisse Granulítico
PODZOLICO VERMELHO-AMARELO	PVarc	Arcóseo, Conglomerado
SOLOS LITOLICOS	Rgn	Gnaisse, Gnaisse Granulítico
SOLOS LITOLICOS	Rarc	Arcóseo, Conglomerado
SOLOS LITOLICOS	Rcgl	Conglomerado
GLEI POUCO HUMICO	GHgn	Gnaisse, Gnaisse Granulítico
GLEI POUCO HUMICO	GHarc	Arcóseo, Conglomerado
GLEI POUCO HUMICO	GHcgl	Conglomerado
GLEI POUCO HUMICO	GHar	Areia, Cascalho

Podzólico Vermelho-Amarelo com substrato de granulito e gnaisse (PVgl,gn)

Este perfil apresenta um gradiente textural entre os horizontes A e B, onde o A é mais arenoso e o B mais argiloso, sendo que ambos em geral apresentam uma boa drenagem e são, em época de pluviosidade normal, parcialmente saturados.

As profundidades destes horizontes são variáveis, desde 1.0m até 3.0m – e geralmente não são muito espessos.

O horizonte C de granulito e gnaisse é bastante heterogêneo. Apresenta diferentes graus de desenvolvimento, dependendo do tipo de granulito e gnaisse, isto é, das proporções e tamanho dos minerais que cada um contém, como quartzo, feldspato (alcalino ou plagiocásio), mica (biotita ou muscovita); da estrutura (se facilita ou não a entrada da água), da drenagem da rocha, entre outros. Em períodos de muita chuva este horizonte tende a apresentar uma queda de resistência ao cisalhamento em decorrência da perda pressão de sucção ou proressão.

O horizonte B do PVgl,gn pode apresentar um comportamento tipo laterítico. O horizonte C apresenta um comportamento de solo residual saprolítico. Outra característica dessas unidades é que o horizonte B é pouco suscetível a erosões e deslizamentos, enquanto o horizonte C é muito mais

suscetível o que faz com que se recomende que o horizonte B não deve ser removido quando a questão tratar de proteger o solo das erosões e deslizamentos.

Podzólico Vermelho-Amarelo com substrato arcóseo e conglomerado (PVarc)

O arcóseo é uma rocha sedimentar composta por grão de quartzo e feldspato, fragmentos líticos e cimento menor de 15%). O conglomerado, também sedimentar, é formado por grão superiores a 2mm, unidos por um cimento. Apresenta um gradiente textural entre os horizontes A e B, sendo o B mais argiloso.

Nessa unidade, o horizonte C está mais próximo da superfície mesmo assim apresenta uma maior manutenção das estruturas. A camada R tanto dos arenitos feldspáticos (arcóseos), quanto do conglomerado, estão fortemente cimentadas por sílica, conferindo grande resistência dessas rochas à erosão diferencial. Nessa unidade houve um predomínio dos deslizamentos translacionais e translacionais rasos, gerando longos fluxos de detritos.

Solos Litólicos com substrato de gnaiss e gnaiss granulito (Rgn); Solos Litólicos com substrato de arenitos arcoseanos e conglomerados (Rarc) e Solos Litólicos com substrato de conglomerados (Rcgl).

Essas três unidades, onde a característica mais importante está ligada a litologia (R), já que se trata quase sempre da rocha não alterada, ora aflorada, ora não, são encontradas nos topos dos morros, ou áreas de alta declividade, onde normalmente deveriam estar as áreas de preservação permanente – as APP, ou pelo menos áreas de uso restrito. Quando coberta, a rocha, o horizonte R, está diretamente abaixo do horizonte A, normalmente a menos de 1,0m.

Solos Gleis, pouco húmicos, com substrato de granulito e gnaiss (GHgn); Solos Gleis, pouco húmicos, com substrato

de arenitos arcoseanos e conglomerados (GHarc); Solos Glei, pouco húmicos, com substrato de conglomerados (CHcgl) e Solos Glei, pouco húmicos, com substrato de areias e cascalho (GHar).

São unidades típicas de relevo plano ou em regiões abaciaadas, formadas por processos aluviais. Investigações em campo identificaram uma singularidade entre essas unidades quanto às características pedológicas e pouca diferenciação determinada pelos vários tipos de substrato, uma vez que estão em locais propícios a acumulação e em constante formação (cobertura), recebendo o material proveniente no movimentado relevo adjacente.

Essa unidade caracteriza-se por apresentar perfis formados por argilas de baixa capacidade de carga, eventualmente com silte e areias, cinzentas ou pretas, apresentando material rochoso em profundidade, somente detectado com sondagens. O lençol freático está próximo da superfície e tende a sofrer recalque por adensamento (deformação ao longo do tempo por aterros, construções).

5.5.3 – A determinação dos limites de segurança das encostas

Para a análise realizada através do software MACSTAR 2000 estabeleceu-se os seguintes critérios:

- A homogeneidade do material. Os blocos indeformados utilizados nas análises laboratoriais foram coletados no horizonte C, em profundidades próximas aos 3 metros e em sedimentos originados de rocha gnáissica. Assim, somente esse material é representado na construção do desenho da encosta virtual. Entende-se que nesse evento extremo de chuvas os horizontes B e A, mesmo presentes tiveram pouca ou nenhuma influência na ruptura da encosta.
- A saturação total do solo. O nível do lençol freático pode variar e determinar os valores do Fator de Segurança, todavia, em virtude da situação alcançada no evento de novembro de 2008 e para produzir resultados que se aproximassem do pior cenário esperado, considerou-se a saturação total do solo posicionando

o lençol freático virtual na superfície da encosta. Os valores de coesão e atrito interno utilizados foram os obtidos pela amostra inundada (saturada).

- A natureza da encosta. Como as encostas do estudo são naturais e não construídas, não é possível influir no tipo do material componente, assim esse parâmetro não pode ser modificado para conferir maior estabilidade, como ocorre na ocasião da escolha do material em casos de encostas construídas.

Considerando então o caráter fixo desses critérios, buscou-se aplicar variações no ângulo da declividade da encosta como elemento de alteração do Fator de Segurança. Os valores elegidos para os ângulos obedeceram a metodologia empregada para a confecção do mapa de declividade (próximo capítulo). Das seis classes sugeridas, três foram modeladas com seus valores máximos: 23°, 33° e 45°.

Os ângulos determinaram a inclinação da superfície e foram alterados com o aumento ou diminuição da distância entre o topo e a base da encosta virtual. Os cálculos para a determinação das declividades foram realizados nas páginas eletrônicas de WEBCALC (2014) e CALCULADORA ONLINE (2014) para obter os ângulos a partir do comprimento e da altura da encosta e para a transformação dos valores de graus para porcentagem. O quadro 7 apresenta referências de alguns desses valores.

Quadro 7 – Relação entre exemplos de valores de declividade (inclinação) expressos em ângulo (°) e porcentagem (%). Org.: PARIZOTO, D.G.V..

°	%	°	%	°	%
1,0	1,7	18,15	33,00	30,57	60
1,7	3	19,17	35	33,10	65
5,7	10	20,0	36,4	34,59	70
8,6	15	21,48	40	36,52	75
10,0	17,6	24,13	45	38,39	80
11,3	20	25,0	46,6	40	83,9
15,0	26,8	26,34	50	41,59	90
16,48	30	30	57,7	45	100

O Fator de Segurança - FS aceito foi 1,5 (MACAFERRI, 2004). Esse valor foi apresentado pelo software como o correspondente ao critério alto grau de FS, conforme orienta a NBR 11682¹⁶. Os valores próximos a 1,3 e 1,0 são respectivamente de médio e baixo grau de FS. Os valores de entrada para o software, coesão, ângulo de atrito e peso específico inundado, são apresentados na tabela 18.

Tabela 18 – Tabela dos resultados dos cálculos para determinação da densidade inundada.

ID	UNIDADE GEOTÉCNICA	COESÃO (C' – KN/m ²)	ÂNGULO DE ATRITO (φ' – °)	PESO ESPECÍFICO DA AMOSTRA	
				NATURAL (γ _{NAT} – KN/m ³)	INUNDADO (γ _{SAT} – KN/m ³)
BAÚ 01B	PV gn,gl	18,5	35,7	19,12	20,35
BAÚ 02	PV gn,gl	28,7	27,0	17,00	18,22
BAÚ 03	Rgn	27,0	24,5	16,30	17,97

Em seguida são apresentados os Fatores de Segurança obtidos para cada ângulo modelado no perfil virtual e o perfil real de elevação de cada um dos três pontos de solos amostrados (Figuras 116 a 130).

¹⁶ Alto grau de segurança é exigido pela NBR 11682 em no case de proximidade imediata de edificações habitacionais, instalações industriais, obras de arte (viadutos, elevados, pontes, tuneis de importância arquitetônica, história etc.); condutos (gasodutos, oleodutos, adutoras); linhas de transmissão; fio de energia; torres de sistemas de comunicação; obras hidráulicas de grande porte (corpo de barragens, canais ou tubulações de sistemas de produção hidroelétrica); estações de tratamento de água de abastecimento urbano ou esgoto sanitário; rodovias e ferrovias dentro do perímetro urbano de cidades de grande porte; vias urbanas; rios e canalizações pluviais em áreas urbanas densamente ocupadas e situações similares.

Fig. 116 – Ponto de coleta da amostra (bloco indeformado) BAÚ 01B. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig.117 – BAÚ 01B – Encosta com ângulo de 23 graus (≈ 43%). FS = 1,928.

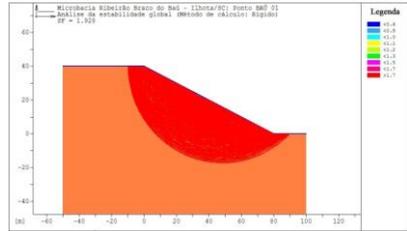


Fig.118 – BAÚ 01B – Encosta com ângulo de 33 graus (≈ 65%). FS = 1,536.

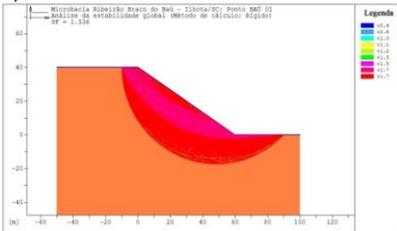


Fig.119 – BAÚ 01B – Encosta com ângulo de 45 graus (100%). FS = 1,148.

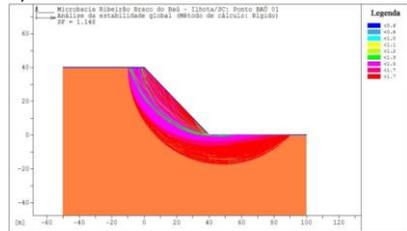


Fig. 120 – Perfil de elevação real - BAÚ 01B.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

Fig. 121 – Ponto de coleta da amostra (bloco indeformado) BAÚ 02. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig.122 – BAÚ 02 – Encosta com ângulo de 23 graus ($\approx 43\%$). FS = 1,637.

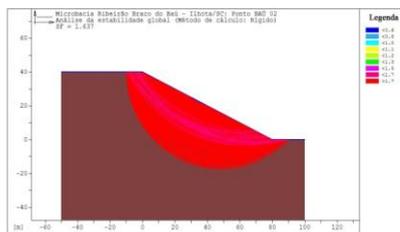


Fig.123 – BAÚ 02 – Encosta com ângulo de 33 graus ($\approx 65\%$). FS = 1,342.

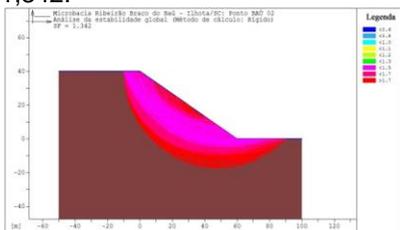


Fig.124 – BAÚ 02 – Encosta com ângulo de 45 graus (100%). FS = 1,072.

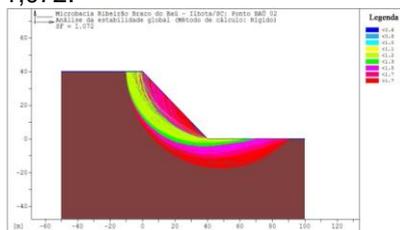


Fig. 125 – Perfil de elevação real - BAÚ 02.



Fig. 126 – Ponto de coleta da amostra (bloco indeformado) BAÚ 03. Foto: PARIZOTO, D. G. V. (2011).



Fig.127 – BAÚ 03 – Encosta com ângulo de 23 graus (≈ 43%). FS = 1,484.

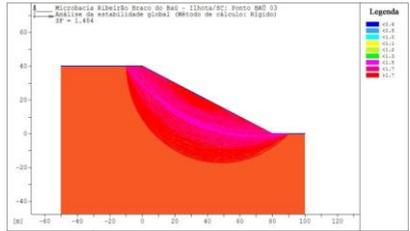


Fig.128 – BAÚ 03 – Encosta com ângulo de 33 graus (≈ 65%). FS = 1,218.

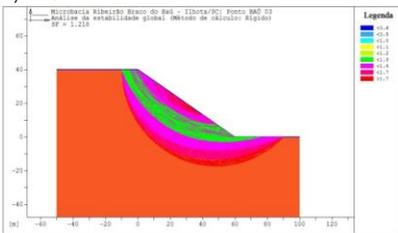


Fig.129 – BAÚ 03 – Encosta com ângulo de 45 graus (100%). FS = 0,979.

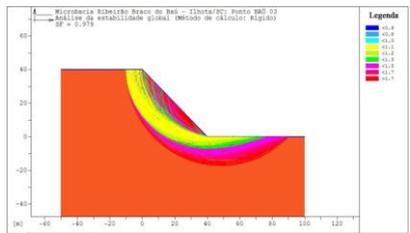


Fig. 130 – Perfil de elevação real - BAÚ 03.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

A média de inclinação da encosta do ponto BAÚ 01B é 56,9% (30,5°), entretanto, como apresentado na figura 108, na porção da alta e média encosta a declividade apresenta valores como 46,5% (24,4°) e 50,8% (30,3°), isto é, maiores que o utilizado para a geração do primeiro modelo com 43% (23°) e que apresentou resultado de FS = 1,928, sendo considerado “seguro” pela NBR 11682 e de “condição estável” (apresentado no quadro 8) pelo método Bishop. No modelo seguinte com 65% (33°) de declividade o FS foi de 1,536 ficando no limite do estabelecido como necessário pela norma, mas ainda assim considerada estável. No terceiro modelo gerado com 100% (45°) de declividade o FS foi de 1,148, valor menor que o recomendado pela norma (baixo grau de FS) e apresentando alta possibilidade de ruptura.

O ponto BAÚ 02 possui uma análise semelhante ao BAÚ 01B, com FS = 1,637 no primeiro modelo, FS = 1,342 no segundo e FS = 1,072 no terceiro modelo. O valor do primeiro modelo ainda considera a encosta como segura, no segundo a encosta já entra para a categoria de média segurança e terceiro novamente apresenta a encosta como de baixa segurança e no limite da estabilidade.

A estabilidade é ultrapassada, isto é, o modelo determina que a configuração modelada é instável e a ruptura aconteceria em uma situação real, quando o valor de FS é menor que 1. Esse cenário ocorreu no terceiro modelo do BAÚ 03, ponto que não possuía o menor valor para a coesão, mas que por outro lado apresentou o menor valor para o ângulo de atrito entre os grãos e o menor valor para o peso específico da amostra.

Objetivamente o que esse tipo de modelagem apresenta é uma tentativa de estabelecer um cenário limite, baseado nos dados de entrada, para a ruptura da encosta. Como o critério adotado por esse trabalho determinou que o único fator de variação fosse o ângulo de declividade, em dado momento o modelo, abastecido com novos e sucessivos ângulos, indicou a ultrapassagem do FS. Isso ocorreu no ponto BAÚ 01B com uma declividade de 51% (27°), no ponto BAÚ 02 com declividade de 48% (25,4°) e no ponto BAÚ 03 com declividade de 42% (22,5°).

Os parâmetros obtidos com essa tarefa serviram como critérios auxiliares no momento de confirmar os intervalos das

classes de declividade na cartografia de suscetibilidade a deslizamentos.

5.5.4 – Considerações sobre os trabalhos geotécnicos

Um dos mais importantes desdobramentos da Lei 12.608, de abril de 2012, que estabelece a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC e cria o sistema de informações e monitoramento de desastres, foi a oficialização da necessidade de “identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre” e elaborar carta geotécnica em “municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos” (BRASIL, 2012).

Os trabalhos realizados nesta parte da tese, além de colaborar com esta determinação, também contribuiu com elementos no momento de atribuição de pesos (análise heurística) na construção das escalas de maior ou de menor suscetibilidade dos polígonos nos *shapes* dos tipos de Solo e da Geologia.

Os resultados granulométricos foram compatíveis com os obtidos durante os trabalhos no projeto “Análise e Mapeamento das Áreas de Risco a Movimentos de Massa e Inundações”. As amostragens realizadas nessa etapa ocorreram em profundidades maiores, próximas dos locais onde se estimou ter acontecido o início dos deslizamentos, isto é, próximas ao ponto da ruptura das encostas.

Nas análises granulométricas essa escolha fez com que as amostras apresentassem agora predomínio de silte ao invés da areia, exceção apenas para o ponto BAÚ 01A onde a amostra foi coleta em uma profundidade de cerca de 2 metros. Os valores para o silte variaram de 37,73% até 57,31%. Significativo também foram os valores para a argila, que quando excluído o ponto BAÚ 01A, apresenta valores entre 20,50% e 36,10%. O predomínio dessas partículas caracteriza uma redução do ângulo de atrito interno entre os grãos, o que por sua vez refletiu na significativa redução da resistência ao cisalhamento das

amostras quando inundadas. Os resultados dos ensaios inundados confirmaram a significativa perda da coesão na medida foi simulado o aumento a presença da água. Foram calculados a porcentagem de queda de coesão e os valores foram, 33,06% para BAÚ 01B, 37,88% para BAÚ 02 e 50,68% para BAÚ 03.

Outro ponto interessante foram apresentados nos ensaios de Limite de Liquidez que apresentaram valores que, na situação específica de novembro de 2008, com provável saturação generalizada do solo, colocou os resultados obtidos nesse tipo de ensaio muito próximos ao que ocorreu efetivamente nas encostas deslizadas.

Finalmente, com a modelagem da estabilidade das encostas verificou-se que as situações reais da área de estudo, quando analisadas matematicamente, refletem que o evento extremo de chuva de 2008, somado a determinados elementos condicionantes, provavelmente atingiu valores que justificam a ocorrência dos deslizamentos.

Ainda assim, mesmo importante e válida como exercício de investigação e proposição de linhas de trabalhos futuros, essa forma de análise não é definitiva. Primeiro, porque considerar as variáveis apresentadas como suficientes seria claramente contrário ao referencial filosófico desta tese. O pensamento complexo propõe justamente a abordagem múltipla e variada do problema. Apenas no âmbito da geologia e geotécnica pode-se considerar outros inúmeros elementos condicionantes: a geometria anterior das vertentes deslizadas, a presença de descontinuidades no material das vertentes, as alterações provocadas pelo uso e ocupação do solo (caminhos, cortes, aterros), o represamento de água etc. Segundo, porque ela está longe de ser esgotada. O software permite a construção de inúmeros horizontes, em diferentes geometrias e cada um com seus dados de entrada. Também permite a variação do lençol freático e o acréscimo de carga adicional de peso sobre a superfície do modelo, como por exemplo edificações ou uma massa vegetal.

O software ainda faz simulações sísmicas, o que seria interessante, uma vez que os relatos obtidos através dos trabalhos para o capítulo da TFD também estabeleceram o

tremor da terra como um Código Substantivo dentro da Categoria que tratou das contribuições naturais e antrópicas para os deslizamentos.

CAPÍTULO 6

METODOLOGIA PROBABILÍSTICA DE ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE



Grande deslizamento no local que ficou conhecido como PC 2, no Braço do Baú. Foto de Joel Pellerin (2008).

6 – METODOLOGIA PROBABILÍSTICA DE ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE

A realização desta etapa da tese aconteceu no âmbito do Programa de Doutorado Sanduiche no Exterior – PDSE da CAPES, processo 2150-13-1, que possibilitou com que as atividades fossem realizadas junto com o Grupo de Estudos de Geodinâmica Externa, do Departamento de Ciência da Terra, na Universidade da Cantábria, Espanha.

Os trabalhos seguiram a metodologia de *Identificación de la Favorabilidad e Analisis Probabilisticas de Riesgos*, de Cendrero (1982); Remondo (2001); Cendrero et al. (2006) e Bonachea (2006). Essa metodologia se fundamenta na corrente de pensamento geológico do Uniformitarismo¹⁷. Segundo esses autores, as análises da distribuição, frequência e magnitude dos movimentos de massa no passado permite prever o comportamento dos movimentos de massa no futuro. De forma semelhante, a análise dos danos produzidos no passado pelos deslizamentos pode identificar quais elementos foram atingidos e qual o valor de perdas ocorridas. A relação entre as perdas e o valor dos elementos expostos permite, por sua vez, realizar estimativas sobre a vulnerabilidade e suscetibilidade desses elementos (CENDRERO et al., 2006).

6.1 – MATERIAIS

¹⁷ Uniformitarismo foi a corrente de pensamento desenvolvida por James Hutton, considerado o pai da Geologia Moderna. É um dos princípios metodológicos básicos da Geologia e pressupõe uma uniformidade temporal dos processos geológicos, isto é, o presente pode ser a chave para o passado e o passado pode ser a chave para o futuro.

- ⇒ Cartas temáticas apresentadas na etapa anterior: solos e geológica;
- ⇒ Mosaico de fotografias aéreas Ortorretificadas cedido pela SDS, como indicado anteriormente;
- ⇒ Software ArcGis, versão 10.1, registrado para o Núcleo de Geotecnia da Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, para trabalhos com os *layers* produzidos para a etapa anterior e nessa etapa;
- ⇒ Software ILWIS, versão 3.3, registrado para a Universidade da Cantabria- UC, para integração, cruzamentos e análises dos dados;

6.2 – MÉTODOS E TÉCNICAS DA ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE

Cendrero (1982), Hansen (1984) e Carrara et al. (1995) classificam a existência de dois grupos de metodologias para a elaboração de modelos análise de suscetibilidade para movimentos de massa: as indiretas e as diretas. As metodologias diretas investigam a distribuição conhecida dos deslizamentos ocorridos no passado para estimar onde ocorrerão no futuro. As metodologias indiretas se preocupam com os elementos condicionantes, ou seja, elementos que individualmente ou em conjunto favorecem a ocorrência do processo, isto é, aumentam as chances de que um novo processo semelhante venha ocorrer.

Essas duas formas de estimativas são realizadas através de modelização estatística, gerando um Modelo Probabilístico de Perigosidade ou Risco. Em síntese o que o professor Antonio Cendrero e sua equipe de pesquisadores, entre eles Juan Remondo e Jaime Bonachea propõe é que, para conhecer o perigo (ameaças) é necessário: identificar a favorabilidade (suscetibilidade); e analisar probabilisticamente os riscos, isto é, saber qual a probabilidade de algo acontecer e qual serão os danos. Uma revisão detalhada sobre as metodologias utilizadas

nos processos de deslizamento pode ser encontrada em Remondo (2001).

Existem muitas metodologias dentro dos dois grupos principais, diretas e indiretas, para produzir uma cartografia de perigo para deslizamentos e a maioria delas representa, através de uma probabilidade espacial, a suscetibilidade do terreno (em que locais ou zonas do terreno analisado têm maior ou menor propensão para produzir um deslizamento) (BONACHEA, 2006).

No grupo das diretas a Metodologia Empírica de Inventário objetiva representação dos movimentos ocorridos no passado. Nela a experiência do investigador é necessária no momento de cartografar, tipificar e estabelecer o desenvolvimento (início, comportamento, extensão etc) do deslizamento. Esse tipo de tarefa é realizada por trabalhos de campo e de fotointerpretação que servem como base para o melhor detalhamento possível das características presentes no evento e para imediatamente identificar, mesmo antes dos trabalhos formais, as zonas de maior perigo. Exemplos da aplicação dessa metodologia são encontrados em Cendrero (1982), Hansen (1984), González-Díez et al. (1999) e Fabbri et al. (2003).

Já no grupo das metodologias indiretas destacam-se três sub grupos: os determinísticos, os heurísticos e os probabilísticos.

As metodologias determinísticas são as favoritas das ciências que tem relação com as engenharias, como a Geotecnia e também segmentos da Geologia. Utilizam experimentos que se traduzem em dados exatos que são empregados, como foi feito no capítulo 5, por exemplo, para determinar a estabilidade de uma encosta. Tem como característica a homogeneidade extrapolada dos dados obtidos para cada unidade semelhante e nelas se pode fazer uso das leis da física para aplicar modelos que resultam em informações precisas (VARNEZ, 1984; AUGUSTO FILHO, 1998; ALCÁNTARA-AYALA, 2002). Essas metodologias têm o inconveniente de serem financeiramente caras e demandar longos períodos de trabalho, tanto para a tomada de dados em campo, quanto para ensaios em laboratório o que as tornam muitas vezes inviáveis para grandes áreas. Entretanto, também como foi apresentado no capítulo 5, Davison

Dias (1995) e Davison Dias e Milititsky (1994), fazem propostas de aplicação daquele tipo de metodologia para escalas superiores a 1/10.000.

As metodologias heurísticas são semelhantes às empíricas por que dependem em grande parte do conhecimento do pesquisador, mas se diferenciam da primeira, pois nela, além dessa experiência ser utilizada para identificar e classificar o evento, o pesquisador atribui valores (ou pesos) para agrupar e produzir uma escala. São metodologias carregadas de subjetividades, mas se tornam mais precisas de acordo com volume e qualidade dos dados utilizados, e maior a experiência do investigador. A escala de trabalho pode ter desde maior detalhamento (1/5.000) até maiores áreas de abrangência (1/100.000). Autores como Cendrero et al. (1987), Augusto-Filho (1994), Carrara et al. (1995), Fernandes e Amaral (1996) e Marcelino e Formágio (2004) fazem referência a trabalhos desenvolvidos com essa metodologia.

As metodologias estatísticas ou também chamadas de probabilísticas permitem estabelecer relações matemáticas estatísticas a partir de um grupo de processos, um grupo de elementos condicionantes (que no caso de deslizamentos podem ser a geologia, o solo ou a declividade) e a distribuição desses processos no passado. As escalas de trabalho devem ocorrer entre 1/10.000 e 1/5.000 (CARRARA et al, 1995; REMONDO, 2001; REMONDO et al, 2003a).

Uma observação deve ser feita no tocante as metodologias apresentadas, pois compartilham de uma estrutura comum: todas tratam o resultado final como um mapa de perigosidade, mas como lembra Cendrero et al., (2006) e Bonachea (2006), esse nível só pode ser alcançado quando se insere uma variável temporal. Senão, o que se tem é um mapa de suscetibilidade que indicará quais zonas do terreno analisado terá maior ou menor probabilidade de gerar um deslizamento quando o evento desencadeante, na intensidade necessária ocorrer, mas não informa qual a probabilidade temporal da ocorrência desse evento. Esta variante pode ser adicionada a tarefa de análise probabilística quando se tem informações semelhantes às apresentadas no capítulo 2 por Cordeiro et al.

(2009), Medeiros e Barros (2012) e Medeiros (2013) sobre tempo de retorno das chuvas intensas no vale do Itajaí.

Assim, essa etapa da tese como é apresentado na sequência, se utilizou da Metodologia de Análise Probabilística (indireta) pela aplicação de Funções de Favorabilidade – FF, juntamente com a integração da densidade espacial dos pontos (metodologia direta) para análise do inventário de deslizamentos. As equações utilizadas para a obtenção das FF foram o Teorema de Bayes e o Fator de Certeza e serão discutidos no item 6.2.3.2

6.2.1 – O inventário dos deslizamentos

A elaboração da Carta de cicatrizes foi descrita no item 5.2.2 e sua apresentação aconteceu no item 5.3.1. Agora, para essa etapa, os polígonos representados pelas cicatrizes receberam a marcação de um ponto com latitude, longitude e altitude, cartografado no extremo superior (cabecera) da cicatriz deixada pelo deslizamento. Esse ponto, apesar de não representar o local correto da ruptura, tem a função de situar o limite superior do deslizamento dentro de uma área côncava ou convexa da vertente, o que não é mais possível após o evento, uma vez que a geometria convexa no pixel, onde o ponto é marcado, com raras exceções, é alterado para um novo formato côncavo.

6.2.2 – A seleção dos elementos condicionantes

Faz parte do processo de deslizamento um grande número de elementos condicionantes. Esse fato é justamente o que demanda uma abordagem complexa sobre o tema. Todavia, em determinados procedimentos, a escolha arbitrária de um grupo específico de elementos é necessária para a realização da tarefa. Isso acontece pelas limitações metodológicas dos cruzamentos possíveis, obrigando a escolha das variáveis que se supõe serem as mais adequadas, ou pelo fato de determinada

variável, que a princípio se apresentava como importante, não condicionar a variabilidade dos resultados.

Como exemplo, a chuva, principal agente deflagrador dos deslizamentos estudados, não faz parte do grupo de elementos condicionantes empregado na modelagem da suscetibilidade deste trabalho uma vez que não foi atribuído a ela fator de variabilidade dentro da área da microbacia. Isso acontece em diversos outros modelos de análise de suscetibilidade para deslizamento que classificam, de maneira apropriada, a chuva como elemento desencadeante.

A escolha das variáveis obedeceu alguns critérios e técnicas:

- Investigações bibliográficas e os trabalhos de campo que determinaram o Critério Empírico, obtidos através da experiência e vivência do pesquisador;

- Análise Fatorial de Componentes Principais que é uma técnica estatística destinada a representar um processo aleatório multivariado por meio da criação de novas variáveis, mas em menor número;

- e Análise da Curva de Validação, realizada no software Ilwis estabeleceu a divisão aleatória dos 268 pontos de deslizamento em 2 grupos mediante a técnica de atribuição automática (função *Random*), onde o primeiro grupo se tornou o grupo de análise usado na confecção do modelo e o segundo o grupo foi usado na validação.

As variáveis analisadas como elementos condicionantes são apresentados na tabela 19, conforme Bonachea (2006).

As variáveis temáticas são aquelas que mostram uma distribuição de classes qualitativas ou unidades, como ocorre em um mapa geológico. As variáveis contínuas são aquelas que podem compreender infinitos valores agrupados em intervalos, como acontece em um Modelo Digital de Terreno.

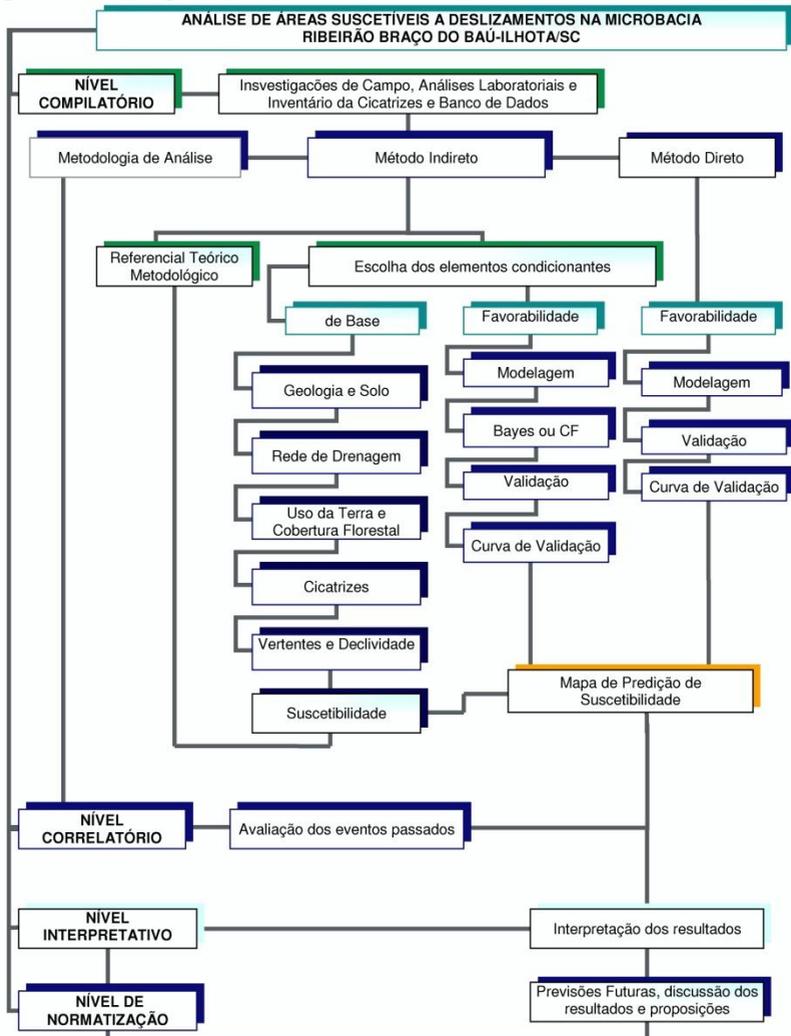
Tabela 19: Grupo inicial de elementos condicionantes.

TIPO DE VARIÁVEL	ELEMENTO CONDICIONANTE
Variáveis Temáticas	Pontos de Deslizamentos
	Carta de Geologia
	Carta de solos
	<i>Layer</i> de Altitude
	Carta de Uso do Solo
	Rede Hidrográfica
	Estradas e Caminhos
Variáveis Contínuas	Modelo Digital de Elevação
	Modelo Digital de Orientação (Carta de Orientação das Vertentes)
	Modelo Digital de Declividade (Carta de Declividade)
	Modelo Digital de Vertente (<i>Layer</i> de Forma das Vertentes)
	Modelo de Distância de Rios
	Modelo de Distância de Estradas
	Modelo de Distância de Caminhos

6.2.3 - A análise de suscetibilidade

A análise de suscetibilidade foi realizada utilizando o procedimento mostrado na figura 131.

Fig. 131 – Fluxograma conceitual de análises de suscetibilidade.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

Após as investigações de campo e laboratório e o inventário das cicatrizes, os dois métodos foram aplicados. Nos dois casos foram aplicadas as Funções de Favorabilidade (CHUNG e FABBRI, 1993; REMONDO, 2001).

6.2.3.1 - Modelagem da suscetibilidade mediante densidade espacial

A modelagem feita mediante densidade espacial baseia-se no raciocínio de que as áreas com a maior densidade de deslizamentos no passado recente é a mais suscetível para novos deslizamentos no futuro.

A aplicação do modelo no software Ilwis obedeceu as seguintes etapas:

1º. Estimação dos valores de FF por meio de análise das relações bivariáveis entre os deslizamentos inventariados e cada *layer* temático;

2º. – Criação de um *layer* de sub áreas através dos cruzamentos das áreas de valores específicos dos elementos condicionantes escolhidos;

3º. – Utilização da Ferramenta *Point Density* que calcula o número dos pontos que representam os deslizamentos em uma determinada área.

O *layer* resultante dessa operação foi utilizado na etapa seguinte para a estimação da FF.

6.2.3.2 - Modelagem da suscetibilidade mediante métodos estatísticos

A modelagem da suscetibilidade por métodos estatísticos busca correlações entre os deslizamentos ocorridos no passado recente e os fatores condicionantes que possam ter tido influência sobre esses processos. Os resultados são previsões do possível comportamento futuro do processo.

A atenção maior desta ferramenta é a normalização dos dados obtidos nas variáveis condicionantes, visto que esses dados podem apresentar grandes diferenças quantitativas e qualitativas. Quando aplicada a modelagem com o rigor necessário, o resultado especializado em uma carta expressará em cada pixel a probabilidade de que nesse pixel ocorra um novo

deslizamento. O processo usado na transformação das informações iniciais em probabilidades recebe o nome de Função de Favorabilidade (*Function Favorability* – FF).

A FF foi estimada em análises bivariáveis, estabelecendo-se relações entre os deslizamentos que já ocorreram e cada um dos elementos que condicionam sua ocorrência. As duas equações matemáticas empregadas foram o Fator de Certeza¹⁸ ou *Certainty Factor* – CF e o Teorema de Bayes ou *Bayes' Theorem*¹⁹. Na análise de CF os resultados do FF variam entre -1 e +1, onde a certeza absoluta que não ocorrerá um deslizamento é -1 e a certeza absoluta de que ocorrerá um deslizamento é +1. O zero representa a incerteza. Na análise de Bayes o resultado do FF varia entre 0 e 1, sendo 0 = não ocorrência de um deslizamento e 1 = sim (CHUNG e FABBRI, 1993; REMONDO, 2001; REMONDO et al. 2003a). Com isso se produziu um modelo de análise de suscetibilidade, com duas equações: o principal, fundamentado no CF que norteará todos os trabalhos de construção e outro com o Teorema de Bayes. A confecção de um modelo a partir de distintas equações também é mais uma forma de validação dos resultados obtidos. A construção do modelo no software Ilwis obedeceu as seguintes etapas:

¹⁸ O Fator de Certeza, desenvolvido para ser aplicado em um sistema de diagnóstico médico (MYCIN), é nome dado ao grau de fiabilidade entre a certeza ou a dúvida em uma determinada hipótese, mas obtido “do fim para o começo”. No caso, se um deslizamento aconteceu então o processo provavelmente ocorreu em um grupo determinado de elementos condicionantes.

¹⁹ O Teorema de Bayes (Thomas Bayes) mostra a relação entre uma probabilidade condicional e a sua inversa. No caso dos deslizamentos, mostra como é possível relacionar os elementos condicionantes (geologia, solo, declividade etc.) aos deslizamentos e relacionar os deslizamentos aos elementos condicionantes, isto é, calcular probabilidade de uma hipótese dada a observação de uma evidência e a probabilidade da evidência dada pela hipótese. O teorema também possibilita alterar as probabilidades iniciais (a priori) tendo em conta novas evidências, de modo a obter novas probabilidades (a posteriori).

- 1º. Estimação dos valores de FF por meio de análise das relações bivariáveis entre os deslizamentos inventariados e cada *layer* temático;
- 2º. Criação de um *layer* de sub áreas através do cruzamentos das áreas de valores específicos dos elementos condicionantes escolhidos;
- 3º. Integração dos valores de FF em cada sub área usando em um momento a funções de Bayes e em outro a CF;
- 4º. Reclassificação das variáveis em 200 classes de suscetibilidade, cada uma correspondendo a 0,5% da área total da microbacia.

Os produtos desta etapa serão apresentados no item 6.3.

6.2.4 – A técnica de validação

O modelo construído para análise de suscetibilidade é, como a grande maioria dos modelos, uma mera hipótese e necessita ser contrastada com situações que comprovem a sua validade. De modo prático, isso se dá quando um novo evento, semelhante ao que foi modelado ocorre e, de maneira bastante precisa, os processos se desenvolvem onde e como foram previstos pelo modelo. Todavia, essa não é uma realidade factível em uma escala temporal aceitável. Desta forma a validação matemática é uma etapa importante e necessária na construção de modelos preditivos, uma vez que permite determinar, dentro de um rigor, a precisão e confiabilidade do modelo (FABBRI et al., 2003; REMONDO et al., 2003a).

No modelo construído para os deslizamentos que ocorreram na microbacia do Ribeirão Braço do Baú a validação foi realizada com a amostragem de “pontos independentes”, ou seja, que não foram utilizados para a construção do modelo, na proporção de 50% do total de pontos validados pelo software Ilwis. As etapas da validação são:

- 1º. Com a função *Cross* do Ilwis é feita a sobreposição dos *layers* de deslizamentos ocorridos e de suscetibilidade, com o

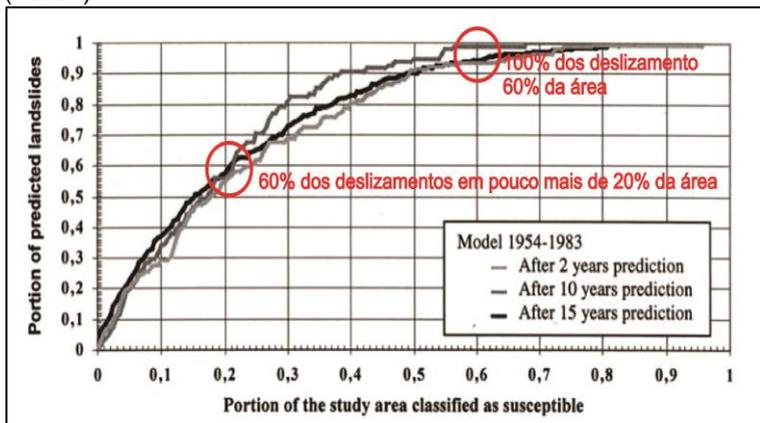
cruzamento do *layer* que contem a amostra independente de pontos;

2º. A tabela resultante deste cruzamento contém a combinação entre as diferentes classes de suscetibilidade e os pixels da amostra independente, que então devem ser separados em pixels deslizados e não deslizados. Na mesma tabela se calcula a proporção de pixels deslizados em cada classe;

3º. Finalmente se ordena as classes com maior e menor suscetibilidade e se calcula a proporção acumulada de pixels deslizados.

Tendo em conta que a cada uma das 200 classes, como citado anteriormente, tem 0,5% da superfície do território estudado, pode-se relacionar a proporção acumulada de pixels deslizados com a proporção acumulada da área estudada mediante a chamada Curva de Frequência Acumulada, ou Curva de Validação (*Prediction-Rate Curves - PRC*) (Figura 132).

Fig. 132 – Exemplo de curva de validação. Com 20% da área de estudo se explica quase 60% dos deslizamentos futuros. Fonte: REMONDO et al (2003b).



A Curva de Validação mostra no seu eixo das ordenadas a porcentagem acumulada de deslizamentos e no seu eixo das abscissas a porção da área estudada ordenada da maior para a menor classe de suscetibilidade. A curva de validação resultante

indica a proporção necessária de pixels de maior suscetibilidade para prever certa quantidade de pixels deslizados.

A figura extraída de Remondo et al. (2003b), mostra exatamente o que se espera de um bom modelo: quanto mais rapidamente a curva de validação se distanciar do eixo das abscissas e mais rapidamente alcance a proporção de 100% dos pixels deslizados, melhor será a confiabilidade do modelo construído.

6.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 – Resultados de tarefas pré-análises.

6.3.1.1 – Modelo Digital de Elevação

O Modelo Digital de Elevação – MDE, foi obtido das curvas de nível de 20 metros (relativas à escala de 1:50.000) do arquivo digital do IBGE, da Carta Gaspar. O tamanho do pixel extraído foi de 5,0 X 5,0 metros. No entanto a qualidade do resultado do processo de extração não pode ser comparada a criação de um MDE a partir do dado original da imagem orbital.

Buscando-se alcançar os requisitos de altimetria do Padrão de Exatidão Cartográfica (CONCAR, 1984), que determina que “90% dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica”, fez-se a interpolação com o MDE do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM/TOPODATA com resolução espacial de 30 metros. O resultado foi um MDT com pixel de 10,0 X 10,0 metros.

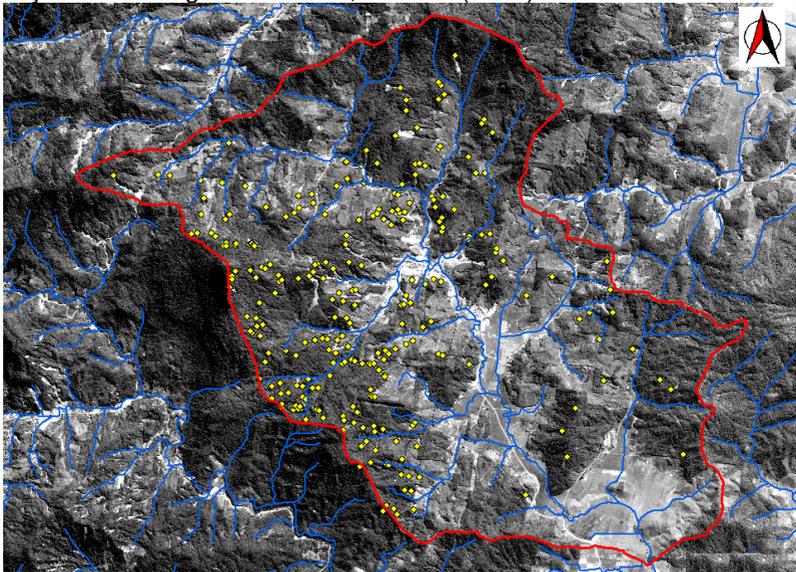
A partir da resolução do MDE todas as cartas adicionadas ao Ilwis foram ajustadas para esse tamanho de pixels. Ainda assim os 24 pontos testados a partir de comparações com os pontos colhidos por GPS durante os

trabalhos de campo apresentaram erro médio (μ) de cerca de 11,72 metros e desvio padrão (σ) de 5,34 m, gerando um erro maior que o permitido para cartas de Classe A.

6.3.1.2 – A Carta de Cicatrizes

Resultado do inventário, a Carta de Cicatrizes, como já apontado, foi apresentada no item 5.3.1 e a inserção dos pontos nas cabeceiras dos deslizamentos, que teve sua importância tratada no item 6.2.1, permitem uma visualização da densidade dos deslizamentos e sua distribuição espacial pela área da microbacia (Figura 133).

Fig. 133 – Distribuição e densidade dos pontos marcados nas cabeceiras dos deslizamentos ocorridos na microbacia do Ribeirão Braço do Baú. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2011)



Contudo esse por ser o primeiro trabalho do tipo realizado na área do Complexo do Baú, cumpre outra importante

função do inventário, que é a de se somar a um banco de dados históricos desse tipo de processo.

É de fundamental importância que esse seja o início de uma sequência de registros para a área, e assim se poderá, no futuro, utilizar esses dados para análises temporais de perigosidade. A distribuição e densidade serão discutidas no item 6.3.2.

6.3.1.3 – A Carta de Uso do Solo

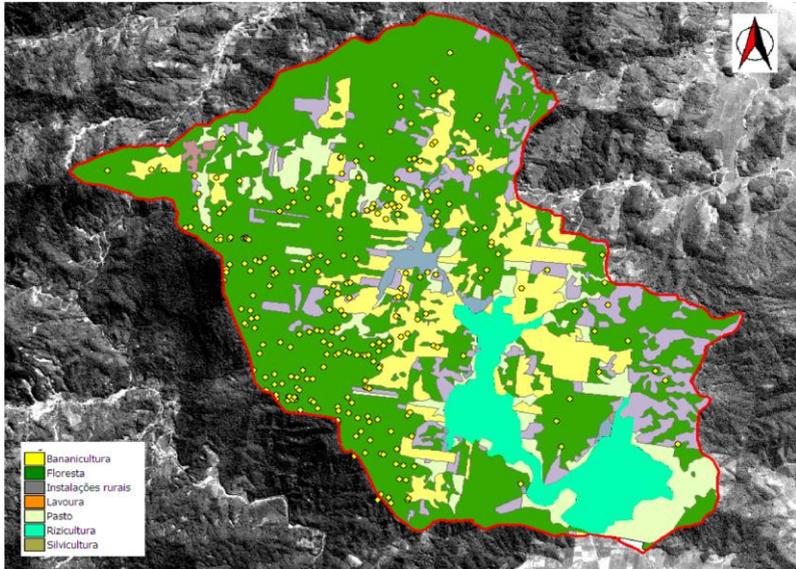
A carta de Uso do Solo foi confeccionada por Matos (2012) por vetorização manual em duas imagens, uma LISS-3 com 23,5 metros de resolução (04/11/2009) e outra CBERS com 2,5 metros de resolução (19/04/2009), resultando da organização de 7 classes de ocupação: floresta, silvicultura, pastagem, bananicultura, outras lavouras e instalações rurais.

A separação da área coberta pelo cultivo da banana formou um polígono distinto e se justifica por ser essa a 2ª mais extensa classe e um cultivo de grande importância econômica na microbacia. Além disso, existe a ideia de que a capacidade de armazenamento hídrico desse tipo de cultivo possa influenciar no desencadeamento dos processos de deslizamento.

A figura 134 apresenta distribuição dos pontos nas classes de uso na área de estudo e a figura 135, o gráfico com a porcentagem de cada classe em relação à área total.

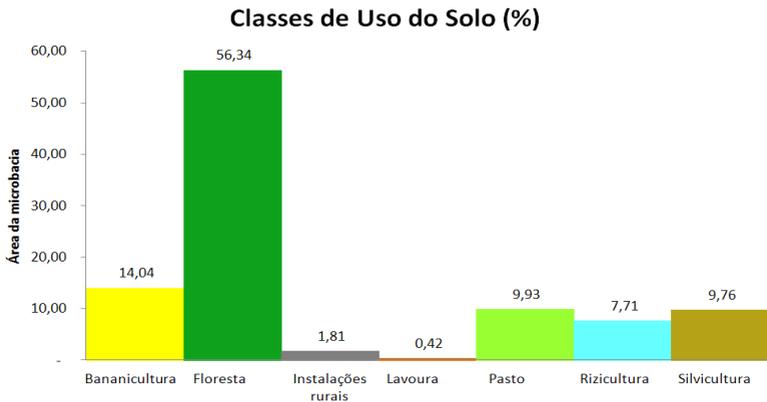
Com relação à distribuição dos pontos, 80,9% deles foram marcados na classe floresta que representa 56,34% da área da bacia; 13,5% dos pontos estão na classe bananicultura que representa 14,04% da área; 2,6% dos pontos estão nos 9,935 de pasto; 2,2% estão nos 9,76% da silvicultura; 0,8% dos pontos estão na área das instalações rurais e nenhum deles foi demarcado na área de rizicultura.

Fig. 134 – Uso do Solo e distribuição e densidade dos pontos marcados dos deslizamentos ocorridos na microbacia do Ribeirão Braço do Baú.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

Fig. 135 – Relação da porcentagem das classes de uso do solo em relação à área total da microbacia. do Ribeirão Braço do Baú.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

Com exceção da classe que representa o cultivo de bananas e a da formação florestal, as demais apresentaram

pouca ou nenhuma significância como elemento condicionante. O cultivo de banana está fortemente ligado à ocupação da base e da meia encosta, mesmo porque as áreas de planície são destinadas em maior parte para ocupação humana, as pastagens e principalmente a rizicultura. A formação florestal, no caso da microbacia, englobou tanto a mata natural e em seus diversos estágios de regeneração, uma vez que, como já se apontou no item 3.3, a mata nativa se esgotou no início dos anos 80, como também as formações de reflorestamento de pinus e eucalipto, que apesar representarem uma pequena parcela, ainda se fazem presentes. Devido a essa baixa variabilidade, o solo não fez parte dos elementos condicionantes escolhidos para o modelo.

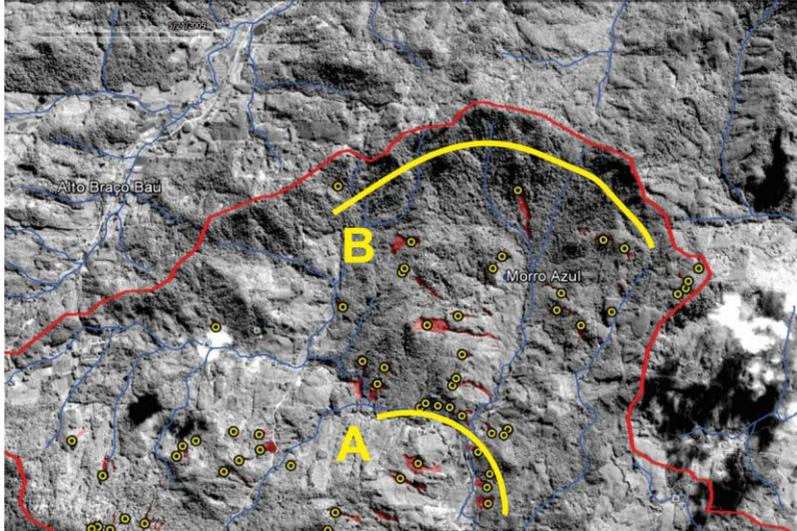
6.3.2 – Análise visual da distribuição espacial e densidade dos pontos

O cruzamento dos pontos com as cartas temáticas permitem, ainda por inspeção visual, apoiar a escolha de quais elementos condicionantes serão admitidos na elaboração dos modelos. Com a análise direta obteve-se os seguintes resultados:

- Existe uma densidade maior de pontos em partes da área de estudo, isto é, não ocorre uma espacialização homogênea e a distribuição dos deslizamentos ocorreu com uma orientação NE-SO, sendo que a maior parte ocorreu na porção Centro-Sudoeste da microbacia;
- Os pontos apresentam relação direta com a movimentação do relevo, fato esperado já que o processo estudado são os deslizamentos e
- Apesar de ser observados pontos em áreas de pouca elevação, a maior ocorrência de pontos aconteceram em áreas mais elevadas;
- Na porção centro-nordeste, onde ainda há uma concentração significativa dos deslizamentos é possível observar a existência de dois “arcos” formados pelo movimento do relevo. O primeiro (A) abrange altitudes entre 100-150 metros e apresenta um considerável número de pontos. O segundo (B) abrange altitudes

entre 400-500 metros, mas poucos deslizamentos ocorreram neste “arco” (Figura 136);

Fig. 136 – O arco A, localizado em uma menor altitude apresenta mais pontos em relação ao arco B, situado em maiores altitudes.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

- Tanto a Carta de Geologia quanto a Carta de Solos apresentaram pontos em todas as unidades que possuem sua origem relacionada ou condicionada aos relevos mais elevados;
- A Carta de Uso do Solo demonstrou que se estabelece uma relação entre os pontos e as formações florestais, naturais ou plantadas e também em certa parte com as áreas de cultivo da banana;
- A declividade é essencial para o condicionamento da distribuição dos pontos;
- Existe uma relação entre os pontos, o traçado dos rios e as estradas uma vez que se observa uma distribuição paralela entre esses três elementos. No entanto não é visualmente possível

determinar em que proporção esse paralelismo não é condicionado pela configuração do próprio relevo da microbacia.

Cada um dos tópicos apresentados teve como finalidade orientar a escolha dos mais adequados elementos condicionantes admitidos na elaboração do modelo. Entretanto o quarto tópico chama a atenção, pois levanta um questionamento que só pode ser entendido dentro do conceito empírico. O arco denominado B indica uma área com poucos deslizamentos, mas com uma pedologia e geologia semelhantes às outras áreas onde ocorreu uma densidade maior de processos. A unidade pedológica é o Podzólico Vermelho-Amarelo e a unidade geológica é o Gnaisse do Complexo Luiz Alves, mas com grande presença de piroxenitos. A pedologia que também parece indicar essa área como uma unidade distinta na área da bacia, só a distingue por ser um Podzólico formado em relevo montanhoso, o que representa elevações mais acentuadas e analiticamente mais propensas à ocorrência de deslizamento.

A experiência de campo indica que essa área, conhecida como região do Morro Azul, é um local onde aconteceram deslizamentos de grande porte, mais em número reduzido. É uma área de fortes declives, vegetação florestal densa e difícil acesso, até mesmo para os trabalhos de mapeamento. Seu uso é restrito a poucos locais, mesmo porque tem baixa densidade ocupacional. Assim, a presença de pouco processos pode estar relacionada a menor interferência antrópica na área.

6.3.3 – A relação dos deslizamentos com os elementos condicionantes

O processo de decisão sobre quais elementos devem fazer parte da análise é uma tarefa de erros e acertos. Algumas variáveis acabam contribuindo com melhoras que não são significativas e por consequência acabam contaminando a metodologia com um grande número de informações que por sua vez restringe a aplicação prática do modelo ou mesmo sua repetição/extrapolação para outras áreas.

A forma utilizada para a redução dos elementos foi um estudo sistemático das variáveis mediante equações bivariáveis que determinam a distribuição de frequência normalizada de cada um dos elementos condicionantes da presença ou ausência de deslizamentos, ou zonas deslizadas e zonas não deslizadas. Nas figuras a esquerda, são apresentados exemplos de elementos com variáveis originais e a direita os resultados das variáveis já transformadas em valores de favorabilidade (Figuras 137 a 144).

A função de favorabilidade empregada para a seleção dos elementos condicionantes foi a CF. Tal escolha se justifica, pois essa equação, como citado anteriormente, expressa como resultados três níveis de classes de previsão (+1, 0 e -1). Esse fato torna o modelo mais “refinado” no momento de gerar as 200 classes de pixels, que agrupados, farão a composição de 5 categorias: Muito baixa suscetibilidade (grande certeza de que não ocorrerá o processo); Baixa suscetibilidade (certeza que não ocorrerá) Média suscetibilidade (dúvida ou incerteza); Alta suscetibilidade (certeza da ocorrência) e Muito alta suscetibilidade (grande certeza que ocorrerá o processo).

Os detalhes e argumentos para a manutenção de cada elemento é feita na sequência das figuras.

Fig. 137 – Altitude com classes originais

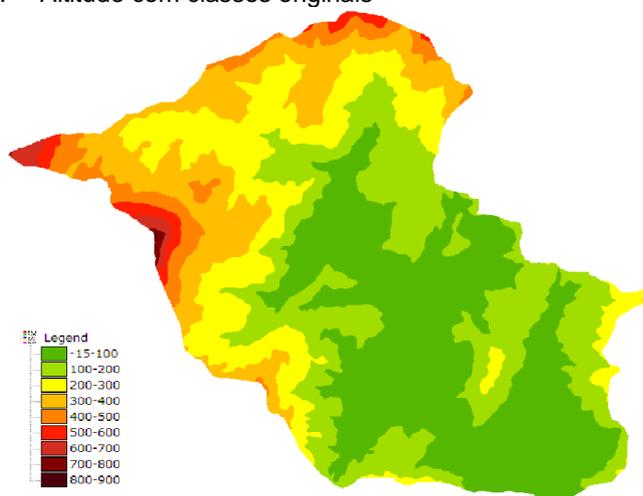


Fig. 138 – Altitude reclassificada em CF

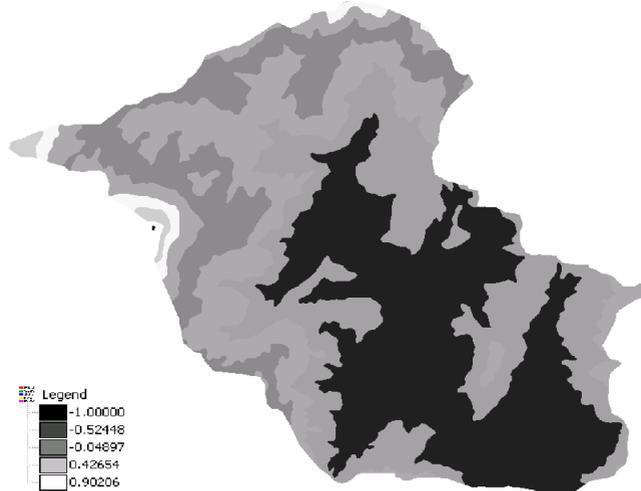


Fig. 139 – Rede de drenagem organizada em classes de distâncias

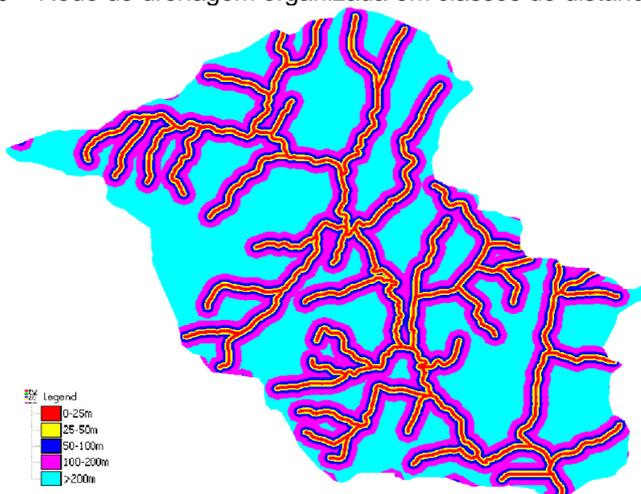


Fig. 140 – Distâncias reclassificada em CF

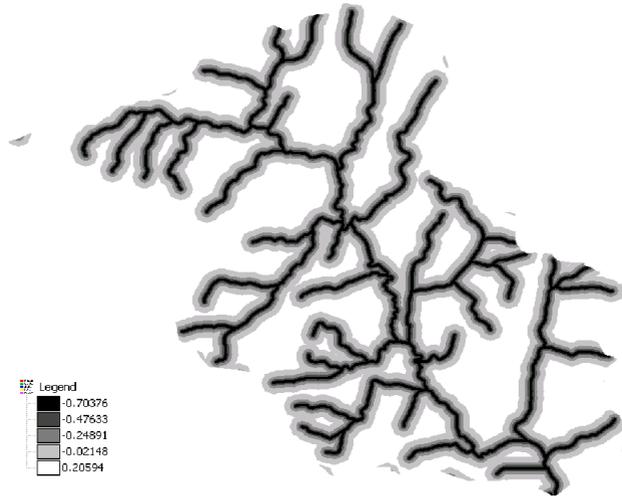


Fig. 141 – Geologia com classes originais

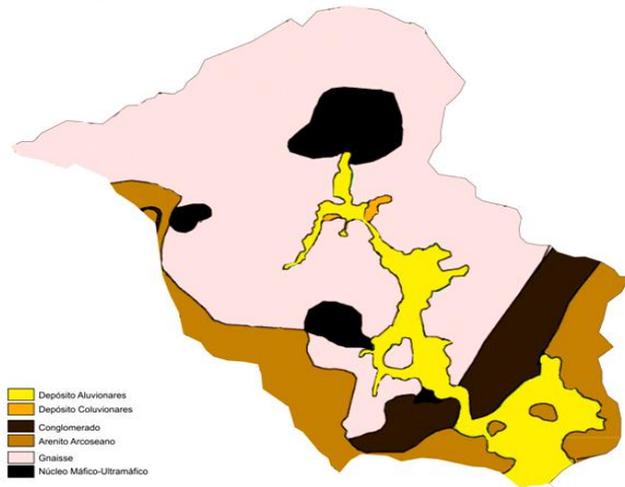


Fig. 142 – Geologia reclassificada em CF

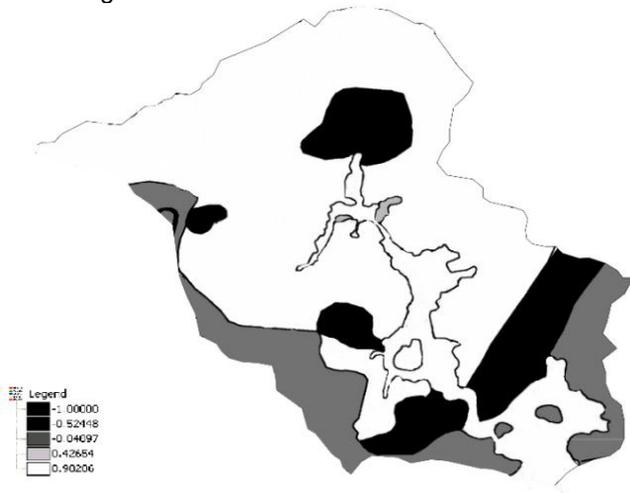


Fig. 143 – Solos com classes originais

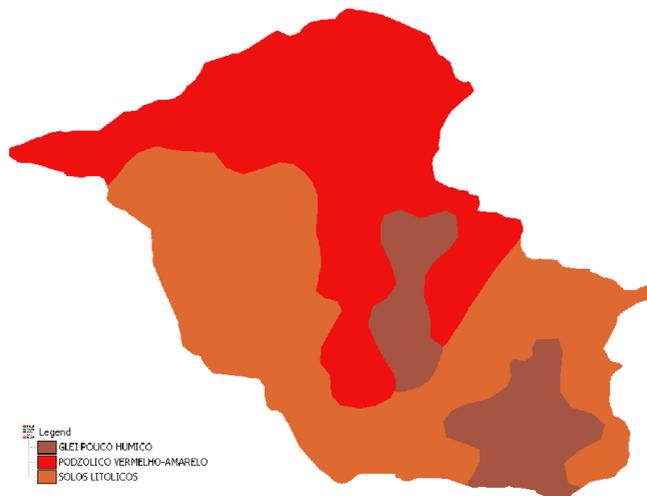
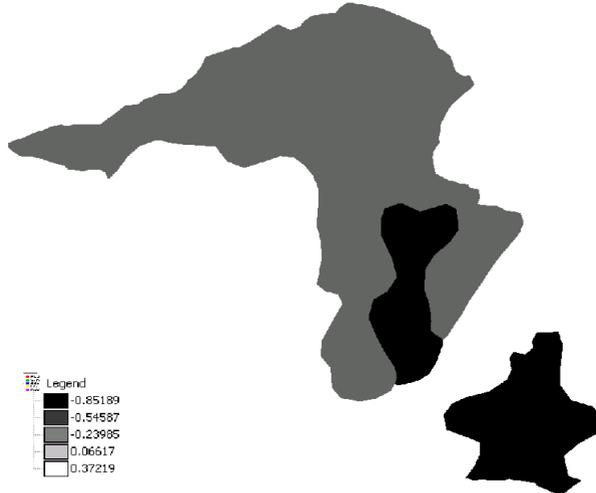


Fig. 144 – Solos reclassificados em CF



6.3.3.1 – Geologia e solos

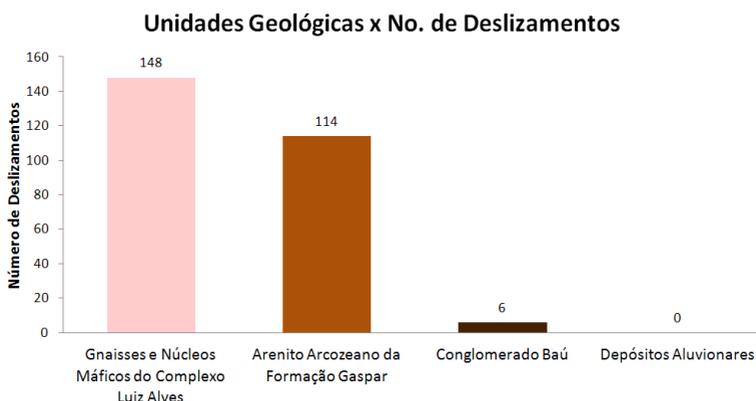
A caracterização e apresentação dos resultados dos elementos Geologia e Solos aconteceu no capítulo 5, itens 5.3 e 5.5. Esses dois *layers* foram considerados de grande importância, apresentam uma característica peculiar na construção do modelo. Por serem *layers* temáticos passíveis de sofrerem alterações, como por exemplo, a melhoria dos detalhes, compõe uma parte da equação que determina a gerência das informações por parte do pesquisador.

Outra observação é que podem geralmente apresentar unidades com FF dotado de elevado grau de incerteza quando analisados individualmente, mas que ao serem cruzados com outros elementos condicionantes invertem essa característica e apresentam valores de alta fiabilidade. Isto é, um determinado tipo de solo pode não colaborar muito, isoladamente, na análise da suscetibilidade (apesar de empiricamente sabemos que suas origens também têm relação com o relevo), mas quando

cruzados com a topografia do terreno, dão indicações com alto grau de certeza, seja para uma certeza de que nele ocorrerá o processo ou a certeza de que nele não ocorrerá o processo.

A figura 145 e a tabela 20 relacionam a distribuição espacial dos deslizamentos dentro de cada unidade geológica. A figura 146 e a tabela 21 contém o mesmo tipo de informação para as unidades de solo.

Fig. 145 – Total de deslizamentos separados por unidades geológicas.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

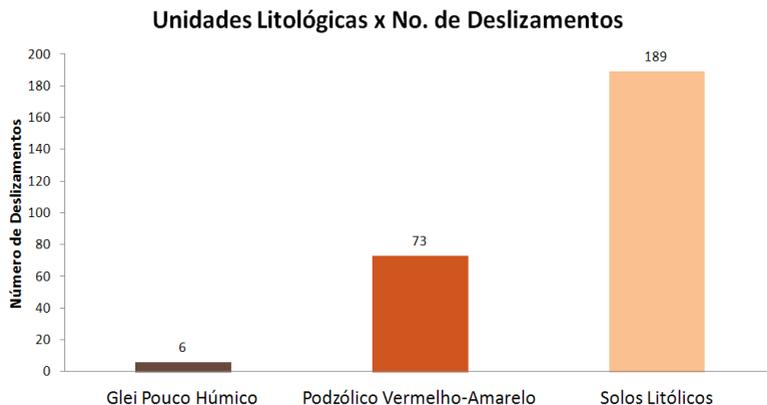
Tabela 20: Geologia: caracterização e favorabilidade.

UNIDADE GEOLÓGICA	No. DES.	DES. (%)	ÁREA/CLASSE (Km ²)	ÁREA (%)	DES. X KM ²	CF
* UN. 01	148	55,22	28,59	59,40	5,18	-0,07
* UN. 02	114	42,54	15,46	32,13	7,37	-0,48
* UN. 03	6	2,22	2,79	5,80	2,86	0,229
* UN. 04	0	0,00	1,28	2,67	0,00	-1
TOTAIS	268	100	48,14	100		

* UN. 01 - Gnaisses e Núcleos Máficos do Complexo Luiz Alves; UN. 02 - Arenito Arcozeano da Formação Gaspar; UN. 03 - Conglomerado Baú; UN. 04 - Depósitos Aluvionares.

Nos Gnaisses e Núcleos Máficos do Complexo Luiz Alves e no Arenito Arcoseano ocorreram 97,76% dos deslizamentos. Essas unidades coincidem com as porções mais elevadas da microbacia. O arenito, que inclusive compõe a região do entorno do Morro do Baú, onde estão as maiores altitudes e declividades, apresentou uma densidade de 7,31 deslizamentos por Km².

Fig. 146 – Total de deslizamentos separados por unidades de solo.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

Tabela 21: Solos: caracterização e favorabilidade.

UNIDADE PEDOLÓGICA	No. DES.	DES. (%)	ÁREA/CLASSE (Km2)	ÁREA (%)	RAZÃO DES. X Km2	CF
* UN. 01	6	2,24	6,80	14,13	0,88	-0.85
* UN. 02	73	27,24	19,72	40,97	3,70	-0.37
* UN. 03	189	70,52	21,61	44,90	8,74	0.372
TOTAIS	268	100	48,14	100		

* UN. 01 - Gleí Pouco Húmico; UN. 02 - Podzólico Vermelho-Amarelo; UN. 03 - Solos Litólicos.

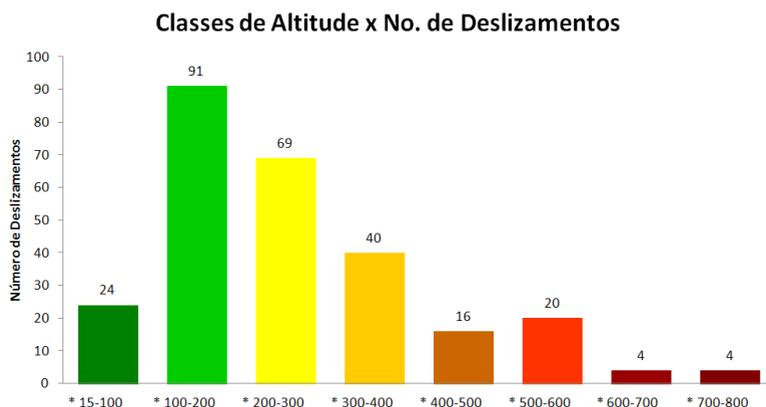
Os solos litólicos são 44,9% da área de estudo e estão presentes na zona mais movimentada no relevo. Somente nessa unidade foram apontados 70,5% dos deslizamentos. Esses solos

na região do complexo são caracterizados por horizonte C profundo. Esse extenso manto de intemperismo gerou vários deslizamentos que ultrapassaram 500 metros de fluxo.

6.3.3.2 – A Altitude

A altitude, em caso de relevo movimentado apresenta grande variabilidade entre suas classes. A separação em 9 classes por simples critério altimétrico. Os deslizamentos ocorreram em todas as classes até os 800 metros de altitude (Figura 147).

Fig. 147 – Total de deslizamentos separados por classes de altitude.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

A maior frequência dos deslizamentos ocorreu entre 100 e 400 metros. Nesse grupo de classes ocorreram 74,63% dos deslizamentos em uma área correspondente a 58,36% da microbacia (Tabela 21).

Tabela 22: Altitude: caracterização e favorabilidade.

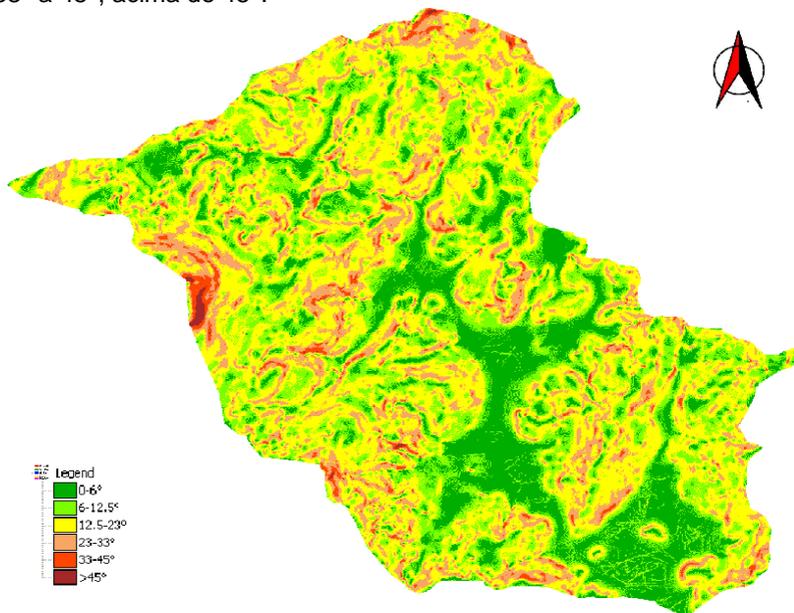
CLASSE DE ALTITUDE	No. DES.	DES. (%)	ÁREA/CLASSE (Km ²)	ÁREA (%)	RAZÃO DES. X Km ²	CF
* 15-100	24	8,96	16,7	34,80	1,43	-0,74
* 100-200	91	33,96	12,1	25,28	7,48	0,229
* 200-300	69	25,75	8,8	18,43	7,78	0,250
* 300-400	40	14,93	7,1	14,66	5,67	0,036
* 400-500	16	5,97	2,2	4,53	7,35	0,270
* 500-600	20	7,46	0,7	1,45	28,62	0,811
* 600-700	4	1,49	0,3	0,71	11,77	0,543
* 700-800	4	1,49	0,07	0,15	55,10	0,902
* 800-900	0	0,00	0,0	0,01	0,00	-1
TOTAIS	268		48,14			

O ponto mais alto cotado na área é o Morro do Baú com 819 metros, entretanto o valor médio das altitudes mais elevadas pouco ultrapassam os 500 metros. Os deslizamentos ocorrem onde há material para deslizar e declividade suficiente para a ruptura. Assim é correto esperar uma redução no número de deslizamentos nas áreas acima dos 500 metros primeiro porque correspondem a uma parcela pequena e em segundo lugar porque são zonas onde o manto de intemperismo, quando presente, tem pouca espessura. No entanto as classes acima dos 500 metros apresentaram a maior densidade de deslizamentos por Km². Por outro lado a classe entre 15-100 metros que tem uma área de 34,80%, a maior classe da bacia possui a menor densidade entre as classes, 1,43 deslizamentos por km². Justamente por essa razão a análise gerada de CF indicou um valor negativo de -0,74, isto é, essa classe tem pouca probabilidade de gerar um novo processo de deslizamento.

6.3.3.3 – Declividade

A declividade da área da microbacia foi gerada a partir no MDE e 6 classes foram estabelecidas: classe de 0° a 6°; classe de 12,5° a 23°; classe de 23° a 33°; classe de 33° a 45°; classe acima de 45° (Figura 148).

Fig. 148 – Imagem da declividade gerada para a microbacia do Ribeirão Braço do Baú, organizada em 6 classes: 0° a 6°; 12,5° a 23°; 23° a 33°; 33° a 45°; acima de 45°.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

No relatório “Análise e Mapeamento das Áreas de Risco a Movimentos de Massa e Inundações nos Municípios de Gaspar, Ilhota e Luiz Alves (Complexo do Morro Baú), SC – FAPESC” (TOMAZZOLI, 2013), onde foram cartografadas 1.536 cicatrizes de deslizamentos em uma área de 288,66 km² optou-se por 4 classes de declividade, número adequado para o estabelecimento empírico de valores e pesos. No relatório as classes receberam valores 4, 7, 9 e 10, que correspondiam a intervalos que apontavam de pouco a muita suscetibilidade a deslizamentos (Figura 149).

Fig. 149 – Tabela sobre informações dos deslizamentos cartografados no âmbito do projeto FAPESC/UFSC N°16319/2010-8. Nota-se um elevado número de deslizamentos na segunda e na primeira classe de declividade.

Classe declividade	Area de cada classe (Km ²)	Número de cabeceiras	Cabeceiras/K m 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

Fonte: (Tomazzoli, 2013)

Nessa tese a divisão da topografia da microbacia em 6 classes seguiu a metodologia de Remondo (2001). Desta forma pode-se isolar a classe inicial de declividade que de modo geral apresenta pouca suscetibilidade a deslizamentos. Ainda assim, como apresenta a tabela 23, ocorreram 8 processos em declividades inferiores a 6°.

Tabela 23: Declividade: caracterização e favorabilidade.

CLASSE DE DECLIVIDADE	No. DES.	DES. (%)	ÁREA/CLASSE (Km2)	ÁREA (%)	RAZÃO DES. X Km2	CF
0-6°	8	2,99	8,46	17,58	0,95	-0,81
6-12,5°	40	14,93	12,02	24,97	3,33	-0,41
12,5-23°	131	48,88	19,60	40,71	6,68	0,156
23-33°	81	30,22	6,93	14,40	11,69	0,518
33-45°	8	2,99	1,02	2,13	7,81	0,308
TOTAIS	268		48,14			

A classe que apresentou a maior quantidade é a que tem ângulos entre 12,5 e 23 graus, com 48,88% dos deslizamentos. Essa é também a classe com a maior área na microbacia, com 19,6km², ou seja, mais de 40% de toda a área. A segunda maior incidência de processos acontece na classe com ângulos entre 23 e 33 graus, com 30,22% dos deslizamentos em uma área correspondente a 6,93 km² sendo 14,40% da microbacia. Essas duas classes juntas representam 55,11% da área e receberam 70,1% dos processos. Esses números demonstram a importância do mapeamento de suscetibilidade, do ordenamento ocupacional do solo e do estabelecimento de ações de monitoramento, uma vez que, por sua própria extensão, possui grande importância como área de útil para a ocupação. A legislação vigente (Lei 6766/79) apresenta restrições, e não impedimento ao uso de zonas com valores acima de 30% ($\approx 15^\circ$) o que qualifica a preocupação com essas zonas que, estão abaixo desse valor, mas apresentam elevada suscetibilidade aos processos de deslizamentos.

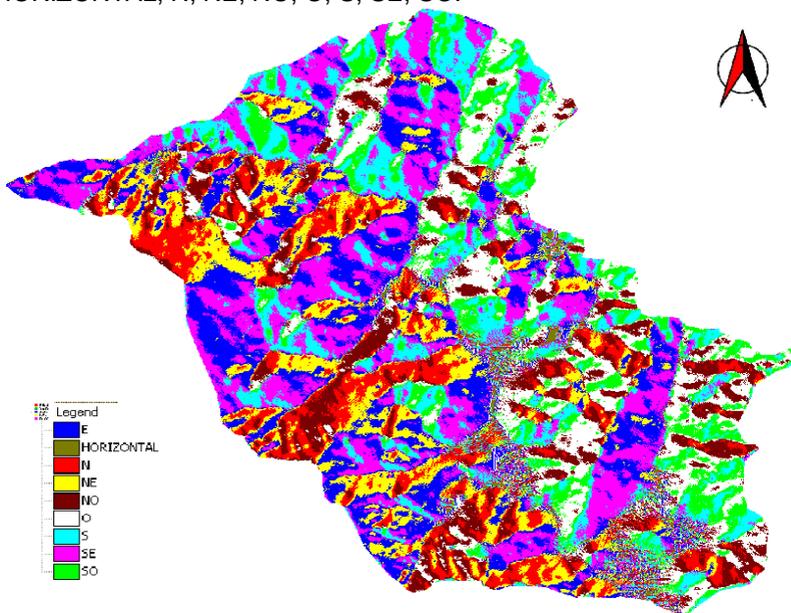
Valores maiores de declividade, apesar de fornecerem maior condição gravitacional, são áreas com pouca disponibilidade de material. Ainda assim, apesar de na área da microbacia, receberem apenas 8 ocorrências, apontou uma razão de 7,8 1 deslizamentos por km².

6.3.3.4 – Orientação de vertentes

A cartografia da orientação das vertentes representa a direção da vertente na maior relação entre seu topo e sua base e oferece uma visão tridimensional da bacia, definindo a formação e direção dos cursos d'água e de regra a direção os fluxos de deslizamento. A carta final foi elaborada a partir da rotina de manipulação do MDE com ferramenta própria do Ilwis. Os dados de entrada estavam no formato de grade de altimetria e como saída foi gerado um mapa de exposição com 9 classes: N: 337,7 - 22,5°, NE: 22,5° - 67,5°, L: 67,5° - 112,5°, SE: 112,5° - 157,5°, S: 157,5° - 202,5°, SO: 202,5° - 247,5°, O: 247,5° - 292,5°, NO: 292,5° - 337,5° e HORIZONTAL (Figura 150).

A direção das vertentes não parecia a princípio um elemento muito significativo, no entanto mostrou evidente a relação entre as direções N, NE, E, e SE e a quantidade de deslizamentos, como apresenta a tabela 23.

Fig. 150 – Imagem da orientação das vertentes gerada para a microbacia do Ribeirão Braço do Baú, organizada em 9 classes: E, HORIZONTAL, N, NE, NO, O, S, SE, SO.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

A relação entre o deslocamento das chuvas, entre os dias 21 e 23 já foi tratada no capítulo 2 e é retomada aqui com a apresentação dos expressivos valores relacionais entre a direção das vertentes orientadas para E, NE, SE e N, que somadas receberam 81,34% dos deslizamentos. A expressividade desse valor se dá na razão de que essas 4 classes corresponde a 54, 14% da área, e que esse valor total se encontra distribuído de modo bastante regular entre cada uma das 4 classes. O mesmo acontece com as outras 4 classes S, SO, O e NO, que apesar de representarem quase a outra metade da área, receberam menos que 20% dos deslizamentos (Tabela 24).

Tabela 24: Orientação das vertentes: caracterização e favorabilidade.

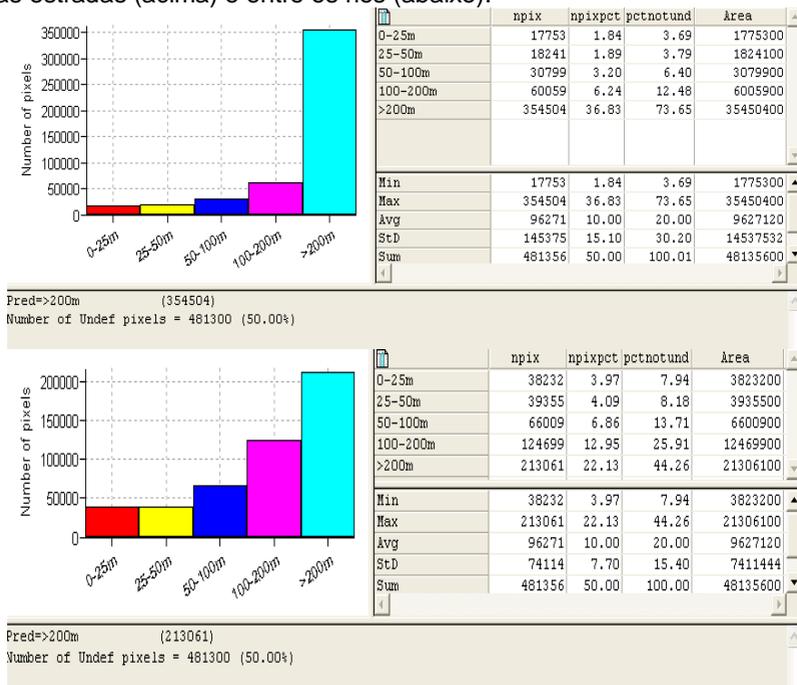
ORIENTAÇÃO DA VERTENTE	No. DES.	DES. (%)	ÁREA/CLASSE (Km2)	ÁREA (%)	RAZÃO DES. X Km2	CF
N	40	14,93	5,10	10,59	7,84	0.308
NE	63	23,51	5,02	10,44	12,54	0.535
E	63	23,51	7,49	15,57	8,41	0.308
SE	52	19,40	8,45	17,55	6,16	0.129
S	12	4,48	5,75	11,94	2,09	-0.63
SO	2	0,75	4,68	9,72	0,43	-0.93
O	16	5,97	6,12	12,71	2,62	-0.52
NO	20	7,46	5,14	10,68	3,89	-0.30
HORIZONTAL	0	0,00	0,39	0,01	0,00	-1
TOTAIS	268		48,14			

Pode-se argumentar que a própria dinâmica das chuvas anteriores aos dias do evento extremo, tenha seguido essa configuração, que se aponta, não é a mais comum, deixando o solo mais encharcado nessa configuração, ou ainda que são nessas direções que ao longo do tempo se formam as mais espessas camadas de sedimentos superficiais. Contudo a experiência de campo aponta para mantos de intemperismo espessos em todas as vertentes e os dados meteorológicos, como também já citado em capítulo anterior, demonstram condições próximas ao saturação, não só para a área do Complexo do Baú, mas para grande parte do médio e baixo Vale do Itajaí. Assim é possível estabelecer uma relação entre a direção da entrada das chuvas na área, que vieram no sentido Nordeste-Sudoeste (Capítulo 2, item 2.2) e a direção dos deslizamentos.

6.3.3.5 – Distância das estradas e dos rios

Ao contrário do que se esperava no início dos trabalhos desse capítulo, a distância entre os deslizamentos, as estradas e os rios não apresentaram relações que pudessem estabelecer uma dependência entre elas. A figura 151 apresenta dois *print screens* das composições de pixels arranjados no software Ilwis. O número de pixels deslizados só passa a ter significância quando as distâncias são maiores que 200 metros.

Fig. 151 – Proporções entre pixels deslizados e a distância entre eles e as estradas (acima) e entre os rios (abaixo).



Fonte: Software Ilwis 3.3

Mesmo apesar de representarem pouca possibilidade de condicionamento para o caso em estudo, esses dois elementos foram mantidos no script final do modelo de análise proposto, uma vez que: apresenta grande importância nas metodologias propostas pelos pesquisadores espanhóis, uma vez que, por exemplo, os processos em corte de traçados de estradas é um elemento bastante recorrente quando se trata de deslizamentos

no norte da Espanha e por que há a intenção de sequenciar os trabalhos de investigação na área da microbacia através da identificação dos caminhos e trilhas construídas/abertas para escoamento da lavoura, em zonas de alta declividade.

6.3.4 – A Suscetibilidade mediante métodos estatísticos (FF)

As Funções de Favorabilidade são aplicadas em qualquer área que demande a matemática da probabilidade. No caso das geociências, essa técnica transforma informação de caráter espacial em valores (de favorabilidade) que é a previsão de que algo esteja presente ou ocorra em cada ponto (pixel) da área analisada.

No software Ilwis as duas equações, CF e Bayes foram inseridas manualmente mediante a construção dos chamados *scripts*, que são comandos em forma de texto que fazem com que o software execute determinada tarefa.

As tarefas, no caso, cálculos matemáticos, já são “nativos” do software, mas são os *scripts* que informam o que será calculado, quais dados entrarão na equação e quais fórmulas serão utilizadas, ou ainda, quais outros comandos anteriormente escritos serão empregados em uma nova tarefa.. Assim, de modo geral, pode-se aqui demonstrar que para as análises probabilísticas de previsão de deslizamentos foram utilizados os seguintes raciocínios:

- Para a probabilidade de se encontrar um deslizamento na área de estudo:

Área deslizada no passado (inventário) \neq Área total da microbacia
--

- Para a probabilidade de se encontrar uma determinada unidade ou classe definida, dentro de um *layer* de elemento condicionante:

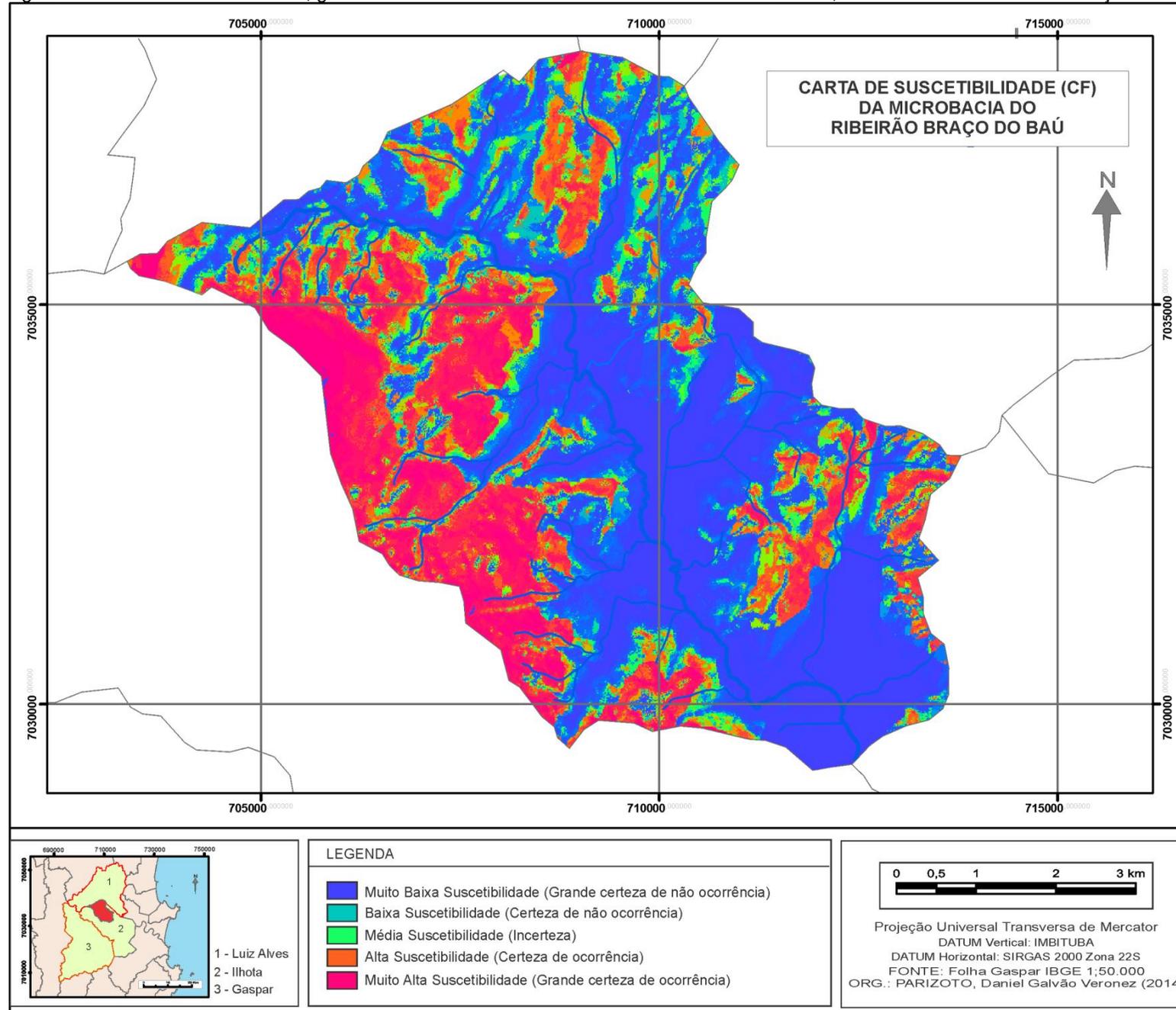
$$\text{Área da unidade ou classe} \neq \text{Área total da microbacia}$$

- Para a probabilidade de se encontrar um deslizamento em uma determinada classe de uma determinada variável:

$$1 - [1 - (1 \neq \text{Área da classe})] * \text{Área deslizada na classe}$$

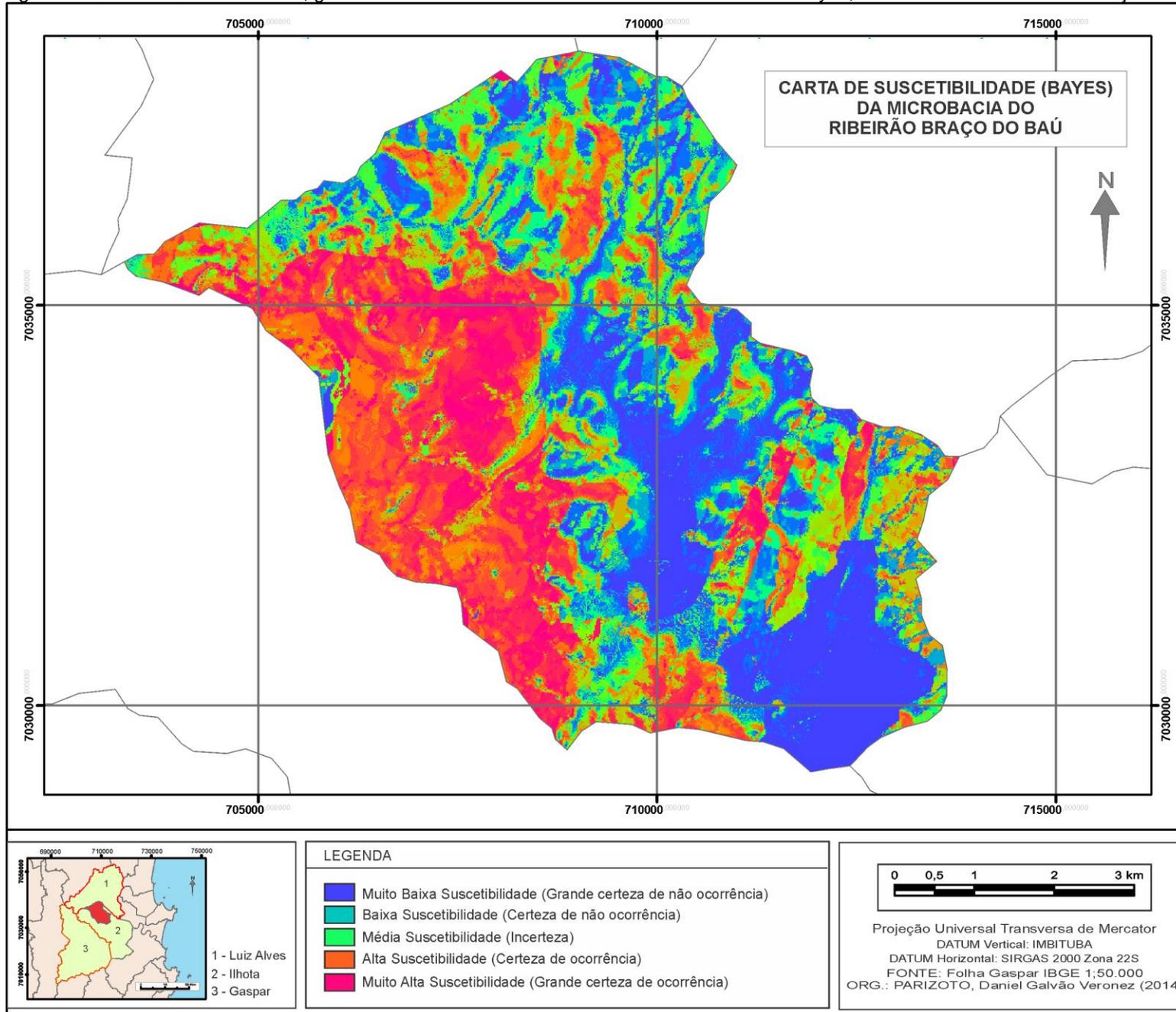
A partir desses raciocínios foram criados os *scripts* para as duas equações, CF e Bayes. O resultado foram duas cartas onde está representada a probabilidade, maior ou menor de se encontrar um pixel deslizado de 10,0 X 10,0 metros, ou 100m², dentro dos 48,14 km² da microbacia. As cartas são apresentadas nas figuras 152 e 153.

Fig. 152 – Carta de Suscetibilidade, gerada com base no Modelo Probabilístico Fator de Certeza, da Microbacia do Ribeirão Braço do Baú.



Fonte: Software Iliw 3.3. Elaboração: PARIZOTO, D. G. V. (2013).

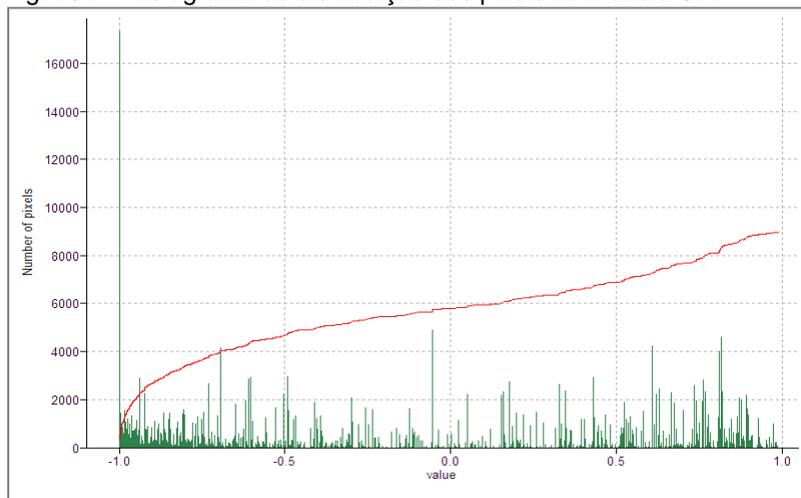
Fig. 153 – Carta de Suscetibilidade, gerada com base no Modelo Probabilístico Teorema de Bayes, da Microbacia do Ribeirão Braço do Baú.



Fonte: Software Ilwis 3.3. Elaboração: PARIZOTO, D. G. V. (2013)

A primeira carta, com a equação CF apresenta um resultado visual menos conservador se comparado à segunda, confeccionada com o Teorema de Bayes. Como comentado anteriormente, as cinco categorias dessa carta foram extraídas das três possibilidades probabilísticas oferecidas como resultados dessa equação: -1 para a certeza absoluta que não ocorrerá um deslizamento, +1 para a certeza absoluta de que ocorrerá um deslizamento, e 0 (zero) para a incerteza. Isso resulta em um maior refinamento do material cartográfico final, pois o acréscimo da variável 0 (zero = dúvida) faz na verdade com que os resultados gerados sob uma boa base de elementos condicionantes “afaste” os pixels desta categoria e os “encaminhe” visualmente para a certeza, seja ela do sim ou do não deslizado (Figura 154).

Fig. 154 – Histograma de distribuição dos pixels no modelo CF.



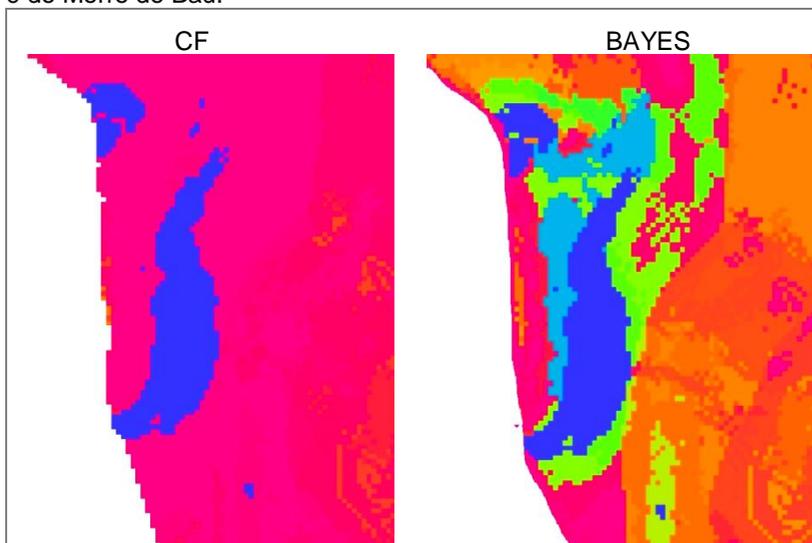
Fonte: Ilwis 3.3. Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013).

Por sua vez, como a matemática da equação de Bayes resulta em apenas duas possibilidades, deslizado = 1 e não deslizado = 0 (zero), suas cinco categorias são formadas então de uma possibilidade a menos, o que na prática faz com que as 200 categorias de *pixels*, presente igualmente nas duas cartas, se mostrem visualmente melhor distribuídas, inferindo uma

noção de um maior resultado provável para um determinado pixel do que o mesmo pixel na carta CF.

Em uma observação mais atenta, o que pode ser realizado melhor em um arquivo digital do que uma impressão gráfica (por melhor que se apresente), é que o que realmente se identifica é uma maior distribuição dos *pixels* apontados nas categorias médias (Figuras 155), conferindo a carta gerada um maior detalhamento.

Fig. 155 – Comparação visual entre as duas cartas. A área apresentada é do Morro do Baú.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013).

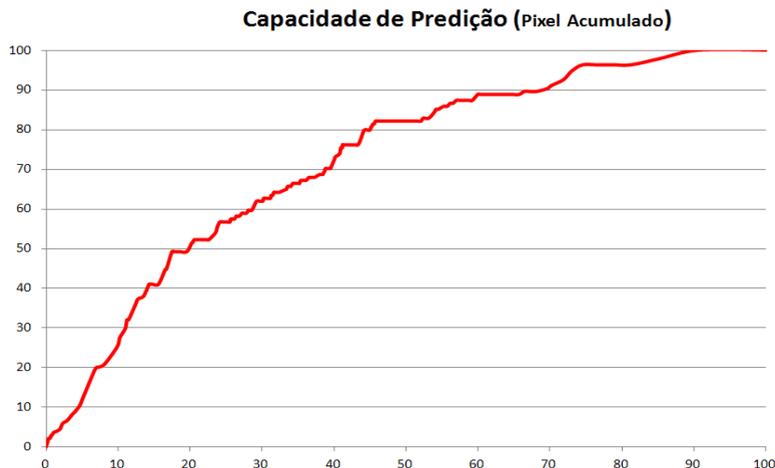
Assim não se pode classificar uma carta melhor que a outra, ou mais precisa, ou mais adequada a determinado interesse. Mesmo porque o objetivo dessa etapa do trabalho não foi apresentar uma Carta de Suscetibilidade, e sim propor a análise da suscetibilidade baseado em um método probabilístico consagrado, assim como adequar e validar uma ferramenta para uso prático no mapeamento da suscetibilidade.

Essa ferramenta, em forma de comandos e *scripts* (arquivos .isl e .isf), para que seja passível de uso e também para receber futuros aprimoramentos através da contribuição por outros pesquisadores interessados no assunto, está disponível como anexo digital (CD-ROM) na sessão específica desta tese.

6.3.5 – A validação dos dados

Depois de aplicados os modelos e gerado os produtos cartográficos a etapa final e fundamental é a comprovação da capacidade de previsão e de fiabilidade ou confiança do modelo construído. Na realidade essas tarefas são executadas ao longo de todo o processo, como foi descrito no item 6.2.4. A figura 156 apresenta a capacidade de predição do modelo construído.

Fig. 156 – Curva de Validação para o modelo de suscetibilidade a deslizamentos construídos a partir dos dados do evento de 2008.



Org.: PARIZOTO, D. G. V. (2013).

No gráfico de validação é possível confirmar a qualidade do modelo, que aplicando as Funções de Favorabilidade, tem a capacidade de prever cerca de 50% dos deslizamentos que

podem acontecer no futuro, com dados de 20% dos pixels (e suas respectivas informações sobre os valores condicionantes). Já com informações de 50% dos pixels, o modelo prevê mais de 80% dos deslizamentos futuros.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

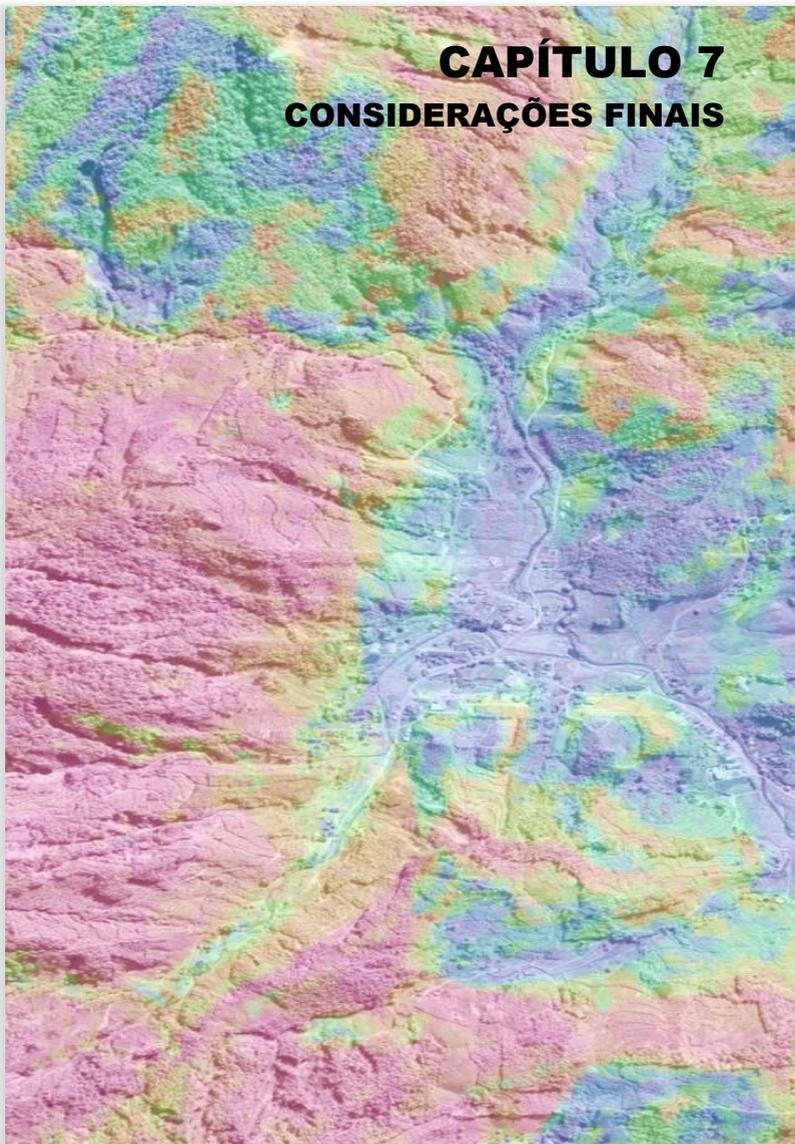


Imagem da Carta de Suscetibilidade aplicada na área da comunidade do Braço do Baú.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades desenvolvidas no âmbito dessa tese buscaram preencher uma pequena parte da lacuna que existia no momento do episódio extremo de chuvas na primavera de 2008, quando movimentos de massa de variados tipos causaram grandes prejuízos materiais e não materiais a uma parcela significativa de catarinenses moradores do vale do Itajaí, principalmente os próximos da região conhecida como Complexo do Baú. Sob o referencial filosófico do Pensamento Complexo, buscou-se abordar o problema dos movimentos de massa, mais especificamente os deslizamentos, que foram responsáveis por 97% das vítimas fatais.

O primeiro passo foi reconhecer a excepcionalidade do fenômeno meteorológico que acometeu o estado entre os dias 21 e 23 de novembro e levou a vida de 135 pessoas. Apesar da carência de dados, pela pouca densidade da rede de estações meteorológicas, problema que ainda persiste, foi possível reunir informações de cinco estações localizadas a uma distância média de 10km da área de estudo. Os valores de tempo de retorno esperado para chuvas iguais as que ocorreram ficam em torno dos 100 anos. Todavia, os índices registrados no dia 24/11/2008 nas estações de Itoupava Central (193,6mm) e na estação Blumenau (250,9mm) apontam um tempo de retorno de 285 e 1200 anos, respectivamente. Tão excepcionais quanto as chuvas foram os danos econômicos. O setor privado contabilizou cerca de 1,8 bilhões de reais em perdas, mas nos números dos AVADANs os prejuízos chegaram a 22,7 bilhões de reais.

Apenas essa relação entre chuvas e danos já é suficiente para justificar a necessidade de melhoria em 3 aspectos fundamentais: os investimentos em pesquisa, educação e planejamentos para prevenção e enfrentamento dos desastres, o cuidado com o uso e a ocupação do solo e mecanismos de monitoramento e alerta de eventos extremos.

Assim, especificamente sobre esse capítulo aponta-se a necessidade de melhor monitorar, recolher e organizar os dados meteorológicos através da ampliação na rede de estações, o que pode ser feito sem grandes investimentos hoje em dia com

equipamentos pouco custosos e acesso remoto. Como exemplo, até mesmo duas empresas privadas, uma de Parapente e outra de Windsurfe mantém suas estações e disponibilizam seus dados através do portal “weatherunderground.com”.

Focado na estratégia de conhecer para melhorar agir, foi apresentado no capítulo 3 uma detalhada descrição da área escolhida para esse estudo. As informações ali contidas, além de representarem os conhecimentos que já existiam sobre a região do Baú, foram complementadas com informações de investigações de campo. Ficou evidente o caráter capitalista do uso da terra, com atividades extrativistas ou monoculturas comerciais como o eucalipto no passado recente e a banana, produto atual, assim como os problemas decorrentes do uso intensivo do solo, como desmatamentos e intervenções estruturais até mesmo em áreas de grande declividade. E de posse desses conhecimentos se deu o andamento das atividades mais formais da tese.

No capítulo 4, a aplicação Método da TFD resultou em três categorias de análise: a primeira, comprovando que os entrevistados entendem a excepcionalidade das chuvas que aconteceram entre os dias 21 e 24 de novembro de 2008; a segunda reconhecendo a contribuição, tanto da chuva quanto das ações humanas, sejam elas ações realizadas por eles próprios, moradores do Baú, quanto da empresa responsável pelo gasoduto avariado. A questão do gasoduto é intrigante e apesar de que, desde o ocorrido em 2008, teve uma explicação coerente e fundamentada por parte dos responsáveis, desperta curiosidade e insita novas investigações, mesmo que sejam para questionamentos do método. A terceira categoria de análise confrontou o pouco ou nenhum conhecimento sobre os perigos e as vulnerabilidades a que estavam expostos os moradores da área atingida pelo evento, com a magnitude dos danos por eles sofridos. O método deixou claro a ausência de qualquer tipo de planejamento na época do evento, seja para alerta, gestão ou mitigação por parte dos moradores do complexo.

Assim, devemos nos perguntar se hoje, a comunidade esta ou não melhor preparada para um evento igual ou maior ao que se passou em 2008? Voltar a aplicar o método na área de estudo é uma proposta válida e útil para identificar quais as

alterações na percepção ocorreu e qual o nível de preparação que aquela comunidade se encontra atualmente.

Referente ao capítulo seguinte, o mapeamento geológico e geotécnico esbarrou no início em dificuldades relacionadas a ausência desde cartas em escala adequada, inexistência de bancos de dados anterior sobre deslizamentos na região, e até falta de imagens aéreas ou de satélites que mostrassem a região afetada com a qualidade necessária para se iniciar os trabalhos de identificação de suscetibilidades e vulnerabilidades. Como exemplo, a entrega dos produtos (Cartas e MDEs) do imageamento aerofotográfico de alta resolução pretendido pelo Estado até o momento se encontra incompleto e os arquivos que puderam ser disponibilizados apresentam erros de ortorretificação e ausência de curvas de nível, fundamentais para a construção de um modelo digital de terreno, base para os trabalhos de geoprocessamento. Por outro lado, os dois projetos financiados pela FAPESC propiciaram, em cada um deles, a realização de cada uma das tarefas propostas.

O detalhamento da carta de geologia pelo projeto FAPESC/UFSC foi realizado em três municípios, Gaspar, Ilhota e Luis Alves, numa área com extensão total de 905,26 km², o que possibilitou a melhor qualidade das informações na escala 1:50.000, no entanto não foi possível o aumento da escala para os níveis de 1:10.000 ou até 1:2.000, o que seria ideal. Positivamente foi possível estabelecer seis fácies geológicas em três unidades na área da microbacia, ao contrário das quatro anteriormente delimitadas. Na unidade Complexo Luiz Alves, os gnaisses e os núcleos ultra-máficos; na unidade Grupo Itajaí, os conglomerados e os arenitos arcoseanos; e na unidade Depósitos Quaternários, as unidades aluvionares e coluvionares.

A produção da cartografia geotécnica baseada na metodologia de Davison Dias para grandes áreas foi realizada dentro das expectativas e possibilitou a apresentação de uma carta com nove unidades geotécnicas: a Podzólico Vermelho-Amarelo com substrato de granulito e gnaiss (PVgl,gn); a Podzólico Vermelho-Amarelo com substrato arcóseo e conglomerado (PVarc); os Solos Litólicos com substrato de gnaiss e gnaiss granulito (Rgn); os Solos Litólicos com substrato de arenitos arcoseanos e conglomerados (Rarc); os

Solos Litólicos com substrato de conglomerados (Rcgl); os Solos Glei, pouco húmicos, com substrato de granulito e gnaiss (GHgn); os Solos Glei, pouco húmicos, com substrato de arenitos arcoseanos e conglomerados (GHarc); os Solos Glei, pouco húmicos, com substrato de conglomerados (CHcgl) e finalmente os Solos Glei, pouco húmicos, com substrato de areias e cascalho (GHar).

Os ensaios de laboratório realizados no horizonte C, indicaram nos pontos de deslizamento, composição predominantemente arenosa, com textura arenosa siltosa, independentemente do tipo de rocha matriz.

Nos trabalhos geológicos foram analisados solos residuais desenvolvidos sobre gnaiss 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 estágio de maturidade pedogenética intermediário, nas maiores profundidades do 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 nos trabalhos geológicos é particularmente evidenciada pelos alteritos associados à litologia máfica e ultramáfica, com teores de areia superiores à 60% e baixa composição argilosa.

Nos trabalhos geotécnicos, as amostras tomadas em alterito de gnaiss apresentaram maiores valores para as argilas, de 9,77 a 36,10%, com sensível diminuição das areias mais grosseiras. Essas amostras foram tomadas em profundidades mais superficiais que as anteriores, cerca de 3m aproximadamente. A diferenciação entre um solo mais evoluído na faixa dos 3 metros, para um solo intermediário na faixa dos 10 metros, demonstra os altos níveis de intemperismo e de processos de lixiviação subsuperficial nas encostas, com a remoção de argilominerais. Consequentemente, a maior proporção de areia fina, muito fina e silte confere menor coesão e reduz a resistência de cisalhamento dos solos, como pode ser verificada através dos ensaios específicos, além de aumentar a

porosidade e permeabilidade, favorecendo a saturação e processos de ruptura nas encostas.

As modelagens realizadas com o software Macstars, comprovaram que em condição de saturamento, as encostas virtuais testadas apresentavam instabilidade e indicação de rompimentos já em inclinações de 33 graus. Assim, a provável saturação dos solos durante o episódio extremo de chuva, favorecida pelas características granulométricas identificadas, vem ao encontro do elevado número de ocorrências de deslizamentos na área dos três municípios, 1.576 cicatrizes mapeadas nos 905,26 km² do projeto e 268 cicatrizes nos 48,14 km² de área deste trabalho. O modelo aplicado é um entre muitos outros que são passíveis de utilização frente a grande massa de dados organizada por essa etapa realizada de mapeamento geológico e geotécnico.

O inventário das cicatrizes deu como resultados a Carta de Cicatrizes que, juntamente com as Cartas de Geologia, de Solos e demais produtos obtidos do MDE, fizeram parte do grupo de elementos condicionantes nas tarefas realizadas e apresentadas no capítulo 6, sobre análise e mapeamento da suscetibilidade na da microbacia. Esse inventário não é um fim, mas apenas um começo. Como exemplo, o mapeamento do perigo só pode ser realizado dentro de uma realidade temporal. Então, o trabalho que teve início agora, deve prosseguir ao longo do tempo a fim de melhorar cada vez mais as fontes para as análises futuras.

Foi construído e validado um modelo probabilístico de suscetibilidade para a microbacia. O modelo foi baseado na metodologia da Identificação da Favorabilidade para cada suposto elemento condicionante previamente selecionado. Ao contrário do que se esperava, a carta de uso do solo foi excluída por não apresentar significância de variabilidade. Os polígonos que representa o cultivo de banana apresentou redundância com a declividade. Sua influência não pode ser testada em um modelo estatístico. Um modelo de atribuição de pesos, como o heurístico é mais adequado para esse tipo de análise. O mesmo aconteceu com a carta geotécnica que apresentava redundância com as cartas de geologia e solos.

Finalmente os elementos selecionados para a modelagem foram litologia, pedologia, altitude, declividade, orientação das vertentes e distância das estradas. No aspecto geológico, gnaisses e núcleos máficos do Complexo Luiz Alves e o arenito arcoseano receberam 97,76% dos deslizamentos. Nos solos, os litólicos detem 70,5%. Altitude e declividade tiveram o comportamento esperado para a área: os deslizamentos ocorreram nas maiores unidades. No caso da altitude e nas médias declividades, onde o manto de intemperismo é profundo e há inclinação suficiente, num episódio de chuvas intensas, é grande as chances de ocorrer a quebra do equilíbrio natural ocasionando o deslizamento. Quanto à orientação das vertentes, uma hipótese já levantada foi confirmada: houve predomínio de processos nas vertentes que coincidem com a direção de entrada do sistema atmosférico. Por último se manteve o elemento drenagem e estrada (distância) para que se possa prosseguir com o trabalho. A rede de caminhos, em uma abordagem heurística, apresenta fortes possibilidades de se mostrar um dos agentes determinantes. Todavia a densidade desse elemento não permite sua aplicação em um modelo de escala 1:50.000. O resultado seria uma variável em forma de manchas (polígonos) o que descaracterizaria esse elemento.

A aplicação de duas equações distintas resultou em duas Cartas de Suscetibilidade. Essas cartas, como já comentados não são o produto principal desta tese, mas sim a ferramenta que possibilitou as suas elaborações. A verificação da validade do modelo apontou a qualidade das análises de favorabilidade dos elementos condicionantes que fizeram parte da construção do modelo.

Finalmente duas tarefas são fundamentais após a apresentação dessa pesquisa:

- A primeira é seguir melhorando a qualidade dos dados de entrada, como a escala das cartas temáticas e um banco de dados temporal sobre os deslizamentos;
- A segunda é, mesmo ainda sem uma boa qualidade na vertente da perigosidade (fundamentada justamente na análise temporal), dar início, como prevê a metodologia desenvolvida na Universidade da Cantábria, as análises e mapeamentos do risco, que têm como princípio o estabelecimento da probabilidade de

dano. Essa tarefa se dá pela soma da análise de suscetibilidade com as análises de perigosidade e vulnerabilidade. O mapeamento de risco é uma meta ainda a ser alcançada pelo autor desta tese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALCÁNTARA-AYALA, Iracema, 2002. **Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries.** Geomorphology 47, 107-124. SciencDirect. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X02000831>>. Acesso em: 09 out 2012.

ASCE. **Tohoku, Japan, Earthquake and Tsunami of 2011.** Ed. American Society of Civil Engineers. ASCE-COPRI Port and Harbor Facilities Survey Team – Reston, 2014. 395p.

AUGUSTO FILHO, Oswaldo. **Cartas de risco de escorregamento: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP. 1994. 172 f.** Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

AUGUSTO FILHO, Oswaldo; VIRGILI, José Carlos. **Estabilidade de Taludes.** In OLIVEIRA, A.M.S. e BRITO, S.N.A. (editores) Geologia de Engenharia. ABGE: São Paulo, 1998. Pp. 243-269.

AUMOND, Juarês José et Al. **Condições naturais que tornam o Vale do Itajaí sujeito aos desastres** In:FRANK, B e SEVEGNANI, L. (org) Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: Água, gente e política. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. Pp.22–37.

BASTOS, Cezar Augusto B. **Caracterização geotécnica dos solos oriundos de rochas graníticas do Município de Porto Alegre.** Dissertação (Mestrado), CPGEC/UFRGS. Porto Alegre. 1991.

BAUER, Martin W; GASKELL, Georges; ALLUM, Nicholas C. **Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento: Evitando confusões.** In: BAUER, Martin W. e GASKELL, George. Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Um manual prático. 2ª ed. Petrópolis: Vozes, 2003. Pp. 17-36.

BELTRAME, Angela da Veiga. A colonização do vale do Itajaí - Mirim e os reflexos na degradação de seus recursos naturais renováveis. **Geosul**, Florianópolis, v. 6, n. 11. 1991.

BIGARELLA, João José. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** Vol 3. 02. ed. Florianopolis: Editora da UFSC, 2007. 561p.

BISHOP, A. W. The use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes. **Geotechnique**, Vol. 5, No. 1, Pp. 7-17.

BONACHEA, Jaime Pico **Desarrollo aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos.** Tesis Doctoral. Universidad de Cantábria, Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. Santander, España. 2006.

BORGATTI, Steve. **Introduction to Grounded Theory.** Disponível em:
<<http://www.analytictech.com/mb870/introtoGT.htm>>. Acesso em: 8 out. 2009.

BRASIL, Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S; OGURA, A. T. (orgs.), Brasília, 2007.

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**. CEPED: Florianópolis, 2009.

BRASIL. **Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. Disponível em: <<http://www.defesa.civil.gov.br/legislacao/index.asp>> Acesso 12 ago 2012.

BURTON, Mark L.; HICKS, Michael J. **Hurricane Katrina: Preliminary Estimates of Commercial and Public Sector Damages**. Marshall University: Center for Business and Economic Research. Huntington. 2005.

CALCULADORA ONLINE. Disponível em: <<http://www.calculadoraonline.com.br/calculadora-virtual-gratis>>. Acesso em: 04 mai. 2014.

CAMARGO, M.N.; KLANT, Egon.; KAUFMAN, J.N. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, 1987, v.12, n. 1, Pp.11-33.

CARRARA, A et. al. **GIS technology in mapping landslide hazard**. In: A. Carrara and F. Guzzetti (editores), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publisher. Netherlands, 1995. Pp. 135–175.

CASSIANI, S. de B. et al. A teoria fundamentada nos dados como abordagem da pesquisa interpretativa. **Rev.latino-am.enfermagem**, v. 4, n. 3, p. 75-88, dezembro 1996.

CASTRO, Susana Aneas. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. **Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. 2000. Barcelona, n. 60. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>>. Acesso em: 19 mai. 2009.

CASTRO, Iná Elias de. O problema da escala. In: CASTRO, Iná Elias de Castro; GOMES, Paulo Cezar da Costa; CORRÊA, Lobato. (Orgs.). **Geografia: Conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 352p.

CELESC. **Notícias Celesc**. 24 Nov. 2008. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/novoportal/index.php/noticias/318-comunicado-celesc-distribuicao>>. Acesso em: 02 out. 2012.

CENDRERO, Antonio U. **Técnicas e instrumentos de análisis para la evaluación, planificación y gestión del medio ambiente**. CIFCA, Séries Opiniones, Pol. y Plan. Ambiental, nº 6. 1982.

CENDRERO, Antonio U. et al. . Establecimiento de tipos de estabilidad de laderas en función de parámetros objetivos, aplicación a escala 1:5.000 a un área de Vizcaya. **Geología Ambiental y Ordenación del Territorio**. II Reunión Nacional: Valencia, 1987. Pp. 843-870.

CENDRERO, Antonio U. et al. **Metodología para la elaboración de mapas de riesgo**. Ver. Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Valencia, 1987. p. 1035-1051.

CENDRERO, Antonio U. **Riesgos naturales e impacto ambiental**. In: Novo, Maria Villaverde; Lara, Ramón Tebar. (coords.). La interpretación de la problemática ambiental: enfoques básicos (v.II). Fundación Universidad-Empresa, Madrid. 1997. p. 23-90.

CENDRERO, Antonio U. et al. Sensitivity of landscape evolution and geomorphic processes to direct and indirect human influence. **Geogr. Fis. Dinam. Quat.**, Italy, v.29, p. 125-137, 2006.

CEPED. **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, 2009. 46p.

CEPED UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012**: volume Brasil. 2. ed. rev. e ampl. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 27 v.

CHARMAZ, Kathy. A construção da teoria fundamentada: guia prático para análise qualitativa. Porto Alegre: Artmed; 2009. 272p.

CHEN, Yong; BOOTH, David C. **The Wenchuan earthquake of 2008**: anatomy of a disaster. Science Press. Beijing, 2011.276p.

CHRISTOPHERSON, Robert W. **Elemental Geosystems**. 5. ed. Upper Saddle River, New Jersey, EUA: Pearson Prentice Hall, 2007. 586p.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. 236p.

CHURCHMAN, Charles West. **Introdução à Teoria dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1972. 309p.

CHUNG, C.F., FABBRI, A. The representation of geoscience information for data integration. *Nonrenewable Resources* 2 (2), 1993. Pp. 122-139.

CLICKRBS. SOS Santa Catarina. **Moradores querem indenização por causa de explosão de gasoduto em SC.** 09 dez de 2008. Disponível em: <<http://www.clickrbs.com.br/especial/rs/sos-sc/19,0,2324565,Moradores-querem-indenizacao-por-cao-de-explosao-de-gasoduto-em-SC.html>>. Acesso em: 18 nov. 2010.

COMITÊ do Itajaí. **Plano de recursos hídricos.** Disponível em: <<http://www.comiteitajai.Org.:br/index.php/planorecursoshidricos.html>>. Acesso em: 20 set. 2011.

CONCAR. CONSELHO NACIONAL DE CARTOGRAFIA. **Normas Técnicas da Cartografia Nacional - Decreto Nº 89.817. (1984)** Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=8>>. Acesso em: 18 Jun. 2013.

CORDEIRO, Ademar et al. Estudo da precipitação máxima diária para Blumenau-sc e o evento de novembro de 2008. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2009. Pp. 1-8.

DANIELS, Ronald J.; KETTL, Donald F.; KUNREUTHER, Howard. **On Risk and Disaster: Lessons from Hurricane Katrina.** Universit of Pennsylvania. Philadelphia, 2006. 304p.

DAS, Baja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica.** Thomsom Learning. Tradução da 6ª edição. São Paulo, 2011. 561p.

DAVISON DIAS, Regina. **Aplicação de Pedologia e Geotecnia no Projeto de Fundações de Linhas de Transmissão**. Tese de Doutorado em Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, RJ, 1987, 309p.

DAVISON DIAS, Regina. Metodologia de estudo do comportamento geotécnico dos solos no Rio Grande do Sul, visando cartografia. In: COLÓQUIO DE SOLOS TROPICAIS E SUBTROPICAIS E SUAS APLICAÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL, 2. **Anais...** Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 1989. Pp. 228-247.

DAVISON DIAS, Regina. Proposta de Metodologia de Definição de Carta Geotécnica Básica em Regiões Tropicais e Subtropicais. In: **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, SP, 1995, Pp.51-55.

DAVISON DIAS, Regina. Proposta de uma Metodologia de Estudos Geotécnicos para Implantação de Rodovias, Estradas Rurais e Vicinais em Solos Brasileiros. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO **Anais...** Florianópolis, 2001.

DAVISON DIAS, Regina; MILITITSKY, Jarbas. Metodologia de classificação de perfis e unidades geotécnicas desenvolvida na UFRGS. **Revista Solos e Rochas**, v. 17, 1994.

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.

DIARIO CATARINENSE. **Sobe para 44 o número de municípios de SC em situação de emergência por conta da**

chuva. 22-11-2008. Disponível em :
<<http://diariocatarinense.clicrbs.com.br/sc/noticia/2008/11/sobe-para-44-o-numero-de-municipios-de-sc-em-situacao-de-emergencia-por-conta-da-chuva-2304443.html>>. Acesso em: 14 out. 2012.

EDGINGTON, David Willian. **Reconstructing Kobe: The Geography of Crisis and Opportunity.** Ed. UBC Press. The University Bristh Columbia, Vancouver. 2010. 287p.

EISLER, Ronald. **The Fukushima 2011 Disaster.** Ed. CRC Press. Boca Raton, Florida. 2012. 152p.

EM-DAT. Emergency Events Database. **The OFDA/CRED International Disaster Database.** Disponível em: <<http://www.emdat.be/criteria-and-definition>>. Acesso em: 11 set. 2011.

EM-DAT. Emergency Events Database. **The OFDA/CRED International Disaster Database.** Disponível em: <[http://www.emdat.be/Database/CountryProfile/Countryprofile.php?disgroup=natural&country=bra&period=2000\\$2009#summtable](http://www.emdat.be/Database/CountryProfile/Countryprofile.php?disgroup=natural&country=bra&period=2000$2009#summtable)>. Acesso em: 03 dez. 2013.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

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/11228220413438718406b42f2bcecf90b7b38c57c.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2012.

ESTADÃO. **ONU destaca tragédia em Santa Catarina.** AE - Agência Estado. 17 Dez. 2008. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,onu-destaca-tragedia-em-santa-catarina,295200,0.htm>>. Acesso em : 23 jul. 2010.

FABBRI, A., CHUNG, C-J., CENDRERO, A., REMONDO, J. Is prediction of future landslides possible with a GIS?. **Natural Hazards** **30** (3), 2003. Pp.487-499.

FERNANDES, Nelson Ferreira; AMARAL, CP do. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. **Geomorfologia e meio ambiente**, v. 5, 1996.

FERNANDES, Manuel de Matos. **Mecânica dos Solos: Introdução à Engenharia Geotécnica.** Vol.2. FEUP edições: Cidade do Porto, Portugal, 2011. 592p.

FELLENIOUS, W. Calculation of the stability of earth dams. Paper D-48, **Proc. 2nd Congress on Large Dams**, Washington D.C., 1936. Pp. 445-463.

FLICK, Uwe, **Desenho da Pesquisa Qualitativa.** Porto Alegre: Bookman, 2009. 169p.

FLICK, Uwe. **Uma introdução à Pesquisa Qualitativa.** Porto Alegre: Bookman, 2004. 312p.

FOLHA ON LINE. **Chuva em Santa Catarina.** 29 Dez. 2008. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2008/chuvaemsanta-catarina>>. Acesso em 23 jul. 2010.

FONSECA, Edltrand Zimmermann. **Localidade do Braço do Baú – sob a magia e os encantos do Parque Botânico do Morro do Baú.** Ed. Odorizzi: Blumenau, 1997. 152p.

GAZETA MERCANTIL (Brasil). **Caixa vai disponibilizar R\$ 1,5 bilhão para afetados pela chuva em SC.** 28 Nov. 2008. Disponível em: <http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2008/11/36608-caixa+vai+disponibilizar+r+1+5+bilhao+para+afetados+pela+chuva+em+sc.html>. Acesso em: 15 out. 2012.

GASKELL, George. **Entrevistas individuais e grupais.** In: BAUER, Martin W. e GASKELL, George. Pesquisa Qualitativa com Texto, Imagem e Som.: Um Manual Prático. 2ª edição. Petrópolis: Vozes, 2003. Pp. 64-89.

GLASER, Barney G.; STRAUSS, Anselm L. **The Discovery of Grounded Theory:** Strategies for Qualitative Research. New York: Aldine de Gruyter, 1967. 271p.

GIBBS, Graham. **Análise de dados qualitativos.** Porto Alegre: Artmed, 2009. 198p.

GODOY, Arilda Schmidt. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais.** Rev. Adm. Empres. (on line). vol.35, n.3, 1995. Pp. 20-29. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n3/a04v35n3.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2012.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar:** como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. Rio de Janeiro: Record. 1999. 112p.

GONZÁLEZ-DÍEZ, A., REMONDO, J., DÍAZ DE TERÁN, J.R., CENDRERO, A. A methodological approach for the analysis of the temporal occurrence and triggering factors of landslides. **Geomorphology** **30 (1- 2)**, 1999. Pp.95-113.

GOOGLE EARTH. **Software Google Earth**. Disponível em <<http://earth.google.com>>. Acesso em: 11 abr. 2014.

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.

HANSEN, A. **Landslide Hazard Analysis**. In: D. Brunsten y D.B. Prior (Editores.). Slope Instability. Wiley: Chichester, 1984. Pp. 523-602.

HERRMANN, Maria Lúcia de P. (Org.:). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2005. 146 p.

HIGASHI, Rafael Augusto Dos Reis. **Metodologia de Uso e Ocupação dos Solos de Cidades Costeiras Brasileiras Através de SIG com Base no Comportamento Geotécnico e Ambiental**. 2006. 486 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, Florianópolis, 2006.

IAEG. Clasification of rocks and Soils for Engineering Geological Mapping. Part I: Rock and Soil Materials. **Bulletin of International Association of Engineering Geology**. N.19 364-371 Krefeld, 1979.

IBGE CIDADES. Município de Ilhota. (2001) Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=420710>>. Acesso em: 21 ago. 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão de Geociências - DIGEO/SUL. **EPAGRI**: Carta topográfica. Folha Gaspar 1:50.000 (SG-22-Z-B-V-3), 1981.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geologia**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão de Geociências - DIGEO/SUL. **Projeto de gerenciamento costeiro**: Carta Reconhecimento dos Solos. Folha Itajaí 1:100.000 (SG-22-Z-B-V), 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão de Geociências - DIGEO/SUL. **Projeto de gerenciamento costeiro**: Carta Geologia. Folha Itajaí 1:100.000 (SG-22-Z-B-V), 2003b.

ILHOTA. Prefeitura Municipal de Ilhota. **História do Município**. Disponível em: <<http://www.ilhota.sc.gov.br/conteudo/?item=13452&fa=4332&cd=2286>>. Acesso em: 11 out. 2011a.

ILHOTA. Prefeitura Municipal de Ilhota. **Catástrofe de novembro de 2008**. Disponível em: <<http://www.ilhota.sc.gov.br/conteudo/?item=24633&fa=4347&cd=19167>>. Acesso em: 11 out. 2011b.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Manual de ocupação de encostas**, São Paulo: USP, 1991. 223p.

ISDR (INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION). **Living with Risk**. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. ONU, Inter-Agency Secretariat. ISDR Secretariat. Preliminary Version. Geneva, Switzerland, 2002. 384p.

JACOBS, Andrew; WONG, Edward. **China Reports Student Toll for Quake**. 07 mai. 2009. New York Times. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2009/05/08/world/asia/08china.html?_r=0>. Acesso em: 14 mai. 2013.

JANBU, N.; BJERRUM, L.; KJAERNSLI, B. Soil mechanics applied to some engineering problems. **Norwegian Geotechnical Institute. Publication**, v. 16, 1956.

JANBU, N. **Slope stability computations**. Embankment Dam - Engineering. In: HIRSCHFIEL, E. and POULOS, S. (Editors). Wiley: New York, 1973. Pp47– 86.

KIM, Victoria. Japan damage could reach \$235 billion, World Bank estimates. 21 mar. 2011. **Los Angeles Times**. Disponível em: <<http://www.latimes.com/business/la-fgw-japan-quake-world-bank-20110322,0,3799976.story#ixzz2zaSOqOr3>>. Acesso em: 18 out. 2013.

KRUMBEIN, William Christian. 1934. Size frequency distribution of sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, 4: 65-77.

LACOSTE, Yves. **A Geografia - Isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra**. Ed. Papirus, Campinas, 1988. 263p.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Rev. Métodos em Questão**, Instituto de Geografia – IGEOG-USP, n. 1: São Paulo, 1971. Pp. 1-14.

LÜDKE, Menga e ANDRÉ, Marli Elisa Dalmazo Afonso. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. EPU: São Paulo, 2008. 99p.

MACCAFERI. **MACSTARS 2000 – Reference Manual**. Disponível em: <
http://www.maccaferri.com.br/media/om_www/brazil/downloads/softwareMacstars/por/ManualReferenciaMacstars2000.pdf>.
Acesso em: 06 mai. 2014.

MARANDOLA JR, Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. **Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos**. Revista Ambiente & Sociedade [online]. jul./dez 2004, vol.7, n.2, ISSN 1809-4422. Pp. 95-110.

MARCELINO, Ewerton Vieira.; FORMAGGIO, A. R. Análise comparativa entre métodos heurísticos de mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 392-407. (CD-ROM).

MARTINS, Pedro. **Roteiro para Elaboração de Projeto de Pesquisa e Monografia**. Polígrafo – MPPT/UEDESC. Florianópolis, 2011. 09p.

MATOS, Claudio Henschel. **Delimitação das áreas de risco no entorno do Parque Botânico Morro Baú, Ilhota, SC: Proposta de Zona de Amortecimento**. Dissertação (Mestrado) Mestrado em Geografia, UFSC, Florianópolis, 2012. 116p. INEDITO

MEDEIROS, Vanesca Sartorelli. **Análise estatística de eventos críticos de precipitação relacionados a desastres naturais em diferentes regiões do Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-04102013-113054/>>. Acesso em: 30 Out. 2014.

MEDEIROS, Vanesca S; BARROS, Mario T. Leme. **Chuvas e Desastres Naturais ocorridos no Vale do Itajaí em 2008 e 2011**. In: I CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS. **Anais...** Rio Claro: IGCE/UNESP - IG, 2012. Pp. 1-10.

MELO, Osny. **Kobe: Terremoto da coragem e da vergonha**. 2010. Ed. 24hs. São Paulo. 189p.

MENEZES, José Geraldo R. **A tragédia do Morro do Baú**. Ed. Nova Letra: Blumenau, 2009. 438p.

MENEZES, Paulo Márcio L; COELHO NETO, Ana Luiza. **Escala: estudo de conceitos e aplicações**. Disponível em: <http://www.geocart.igeo.ufrj.br/pdf/trabalhos/Escala_Conceitos_Aplic.pdf > Acesso em: 21 de dez de 2012.

MENDONÇA, Magali; 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.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia Física: ciência humana?** Ed. Contexto. São Paulo. 1989. 72p.

METTE, Ana Luiza; SOUZA, Elaine Cristina de Soza. Ilhota: o encanto dos belgas no vale do grande rio. Blumenau: Nova Letra, 2009. 208p.

MINUZZI, Rosandro; RODRIGUES, Laura. **Novembro com recordes de chuva em SC: 1000mm em Blumenau**. Disponível em:

<http://ciram.epagri.sc.gov.br/areas_risco/Nota_Recordes_Nov.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2012.

MONTEIRO, Carlos Augusto Figueiredo. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991. 241p.

MORIN, Edgar. **O problema Epistemológico da Complexidade**. 3ª ed. Lisboa: Publicações Europa-América, 2002.134p.

MORIN. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2004a. 128p.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 9ª ed. São Paulo. Cortez; Brasília, DF: UNESCO. 2004b.118p.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina 2006. 120p.

MOSCARRELLI, F. C. et al. Análises de alternativas para qualificação de assentamentos precários em locais de fragilidade ambiental: aplicação da grounded theory. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 67-81, jan./mar. 2007.

MORGENSTERN, N. R.; PRICE, V. Eo. The analysis of the stability of general slip surfaces. **Geotechnique**, v. 15, n. 1, p. 79-93, 1965.

NERILO, Nerilton; MEDEIROS, Péricles A.; CORDEIRO, Ademar. **Chuvas intensas no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC/EDIFURB, 2002. 156p.

NOGUEIRA, João Baptista. **Mecânica dos solos: ensaios de laboratório**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1995. 248p.

OLIVEIRA, Paulo Salles. **Caminhos de construção da pesquisa em ciências humanas**. In: Metodologia das Ciências Humanas. São Paulo, Hucitec, Brasil, 2001. 219p.

OGURA, AgostinhoTadashi. Análise de riscos geológicos em planos preventivos de defesa civil. in: BITAR, Ornar Yazbek. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995. cap. 4.5, Pp.203-215.

PARIZOTO, Daniel Galvão V. **Mapeamento geotécnico como subsídio para análise dos movimentos de massa na microbacia Ribeirão Braço do Baú-Ilhota/SC**. TCC (Especialização) - Curso de Gestão de Desastres, UDESC, Florianópolis, 2013. 103p.

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

PEREIRA, Maristela. **Ilhota, 23 de novembro de 2008, Diário de uma Tragédia**. HB editora: Blumenau, 2009. 272p.

POPPER, Karl R. **A lógica da pesquisa científica**. Ed. Cultrix. São Paulo.1998. 567p.

RAHN, P.H. **Engineering Geology: an environmental approach**. New York: Elsevier Science Publishing Co. 1986. 589p.

REMONDO Juan T. **Elaboración y validación de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante técnicas de análisis espacial**. (2001) Tese (Doutorado) Universidad de Oviedo: Spain, 2001. 440p.

REMONDO, Juan, GONZÁLEZ, Alberto., DÍAZ DE TERÁN José Ramon., CENDRERO, Aantonio. Landslide susceptibility models utilising Spatial Data Analysis techniques. A case study from the Lower Deba Valley, Guipúzcoa (Spain). **Natural Hazards** 30 (3), 2003a. Pp. 267-279.

REMONDO, J., GONZÁLEZ, A., DÍAZ DE TERÁN J.R., CENDRERO, A., FABBRI, A., CHUNG, C.J., Validation of Landslide Susceptibility Maps; Examples and Applications from a Case Study in Northern Spain. **Natural Hazards** 30 (3), 2003b. Pp. 437-449.

RECKZIEGEL, Bernadete Weber; ROBAINA, Luis Eduardo S. Riscos geológico-geomorfológicos: revisão conceitual.**Ciência e Natura**, v. 27, n. 2, 2005 Pp. 65-83.

RODGER, Ellen. **Hurricane Katrina. Crabtree**. Ed. Publishing Company. New York. 2007. 32p.

ROSS, Jurandyr Luciano S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 84p.

RUSSELL, Jesse; COHN, Ronald. **2008 Sichuan Earthquake**. Ed. Book on Demand. 2012. 158p.

SALES, V. de C. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. 2004. **Revista GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo: n. 16. p. 125-141.

SANTA CATARINA. **Atlas de Santa Catarina**. Governo do Estado de Santa Catarina. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Rio de Janeiro, 1986. 137p.

SANTOS, Glaci Trevizan. **Integração de Informações Pedológicas, Geológicas e Geotécnicas Aplicadas ao Uso do Solo Urbano em Obras de Engenharia**. 1999. 208 f. Tese (Doutorado) – UFRGS, Porto Alegre, RS, 1997.

SENAUTH, Frank. **Earthquake?Tsunami?Disaster in Japan 2011**. Ed. Author House. Bloomington, Indiana. 2011. 143p.

SEVERO, Dirceu Luis. 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, 2011. Pp.70–77.

SCHIFF, Anshel J. **Hyogoken-Nanbu (Kobe) Earthquake of January 17, 1995: Lifeline Performance**. Ed. American Society of Civil Engineers. TCLEE Monographs TCLEE 14. 1999. 344p.

SCHROEDER, Guilherme Saut. Análise Tectônica da Bacia do Itajaí. 2006. 109 f. **Dissertação**. Universidade Federal do Rio

Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, 2006.

SCHULTZ, J.; ALBURQUERQUE, L. F. F. **Geologia da Quadrícula de Rio do Sul. 1. Distrito** – extremo Sul do DNPM. Porto Alegre; 1969. 109p.

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

SMAWFIELD, David. **Education and Natural Disasters**. Bloomsbury Publishing. New York, 2013. 203p.

STRAUSS, Anselm L; CORBIN, Juliet. Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Medellín : Universidad de Antioquia. 2002. Disponível em: <http://www.academia.edu/949983/Bases_de_la_investigacion_cualitativa._Tecnicas_y_procedimientos_para_desarrollar_la_Teoria_Fundamentada>. Acesso em: 11 abr de 2012.

STRAUSS, Anselm L; CORBIN, Juliet. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para desenvolvimento da teoria fundamentada**. 2ª ed. Porto Alegre : Artmed. 2008. 288p.

SNIRH. **Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. ANA. Disponível em: <<http://portalsnirh.ana.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

TERRA NOTÍCIAS. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/retrospectiva/2008/interna/0,,OI3363328-EI12492,00->

Pior+desastre+natural+de+SC+deixa+mais+de+mortos.html>.
Acesso em 23 jul. 2010.

TOMAZZOLI, Edison Ramos. **Fotografias Aéreas em Computador**: uma metodologia para visualização do relevo e orto-retificação. Florianópolis: 2006. v. 1. 96p.

TOMAZZOLI, Edison Ramos 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, Edison Ramos (Coord.). **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**. (Relatório de Projeto). 2012. Disponível em: <http://lablam.ufsc.br/files/2014/01/Relat%C3%B3rio_Proj_Morro-Ba%C3%BA.pdf>. Acesso: 24 ago. 2013.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Recursos naturais e meio ambiente, IBGE, FIBGE/SUPREN. Rio de Janeiro, 1977. 97p

TROPPEMAIR, Helmut. **Biogeografia e meio ambiente**. Ed. Divisa. Rio Claro: UNESP, 1987.

TROPPEMAIR, Helmut. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: UNESP, 2000. 105p.

TUCCI, Carlos Eduardo M. **Inundações em Santa Catarina**. Blog do Tucci. 29 nov. 2008. Disponível em: <<http://rhama.net/wordpress/?p=68>>. Acesso em: 14 de mai. 2011.

UNISDR. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives.** ONU, 2004. 429p. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/657>>. Acesso em: 10 out. 2012.

UNISDR. **Guidelines: National platforms for disaster risk reduction.** ONU, 2007. 17p. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/601>>. Acesso em: 15 mai. 2010.

UNISDR. **Global assessment report on disaster risk reduction.** ONU, 2009a. 209p. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/9413>>. Acesso em: 10 out. 2012.

UNISDR. **Terminology on Disaster Risk Reduction.** ONU, 2009b. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>>. Acesso em: 15 mai. 2010.

UNDP. **Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development.** UNDP, 2004. Disponível em: <<http://www.undp.org/bcpr>>. Acesso: 12 jun. 2009.

VALENTE, Antonio Luis Schifino. **Integração de dados por meio de geoprocessamento, para a elaboração de mapas geotécnicos, análise do meio físico e suas interações com a mancha urbana: o caso de Porto Alegre (RS).** 1999. 391 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

VARNES, David J.; THE INTERNATIONAL ASSOCIATION ENGINEERING GEOLOGY COMMISSION ON LANDSLIDES;

OTHER MASS MOVEMENTS ON SLOPES. **Landslide hazard zonation: a review of principles and practice.** 1984. 63p.

VEADO, Ricardo Wagner Ad-Vincula; TROPPEMAIR, Helmut. **Geossistemas do Estado de Santa Catarina.** In: GERARDI, Lúcia Helena de Oliveira.; MENDES, Landara Alves. (Orgs) Teoria, Técnica, Espaço e Atividades: Temas da Geografia Contemporânea. Programa de Pós Graduação em Geografia – UNESP: Rio Claro, 2001. 432p.

VEJA. **Estradas interditadas em SC.** Acervo Digital. 24 Nov. 2008. Disponível em <http://veja.abril.com.br/imagens_noticias/_swf/rodovias-sc.html>. Acesso em: 13 ago. 2012.

VEYRET, Yvete. (Org.:) **Os Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente.** Tradução: Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto. 2007. 320p.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada.** Ed. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1975. 245p.

WAGNER, Andressa. Custos da recuperação, contabilização de prejuízos e impactos na economia regional. 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. Pp.128–137.

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

WEBCALC. **Elementos do Triângulo.** Disponível em: <http://www.webcalc.com.br/frame.asp?pag=http://www.webcalc.com.br/matematica/rel_triang.html>. Acesso: 9 mai. 2014.

ZENATTI, Ana Paula de Assis; Souza, Soledad Yaconi U. (Org.): **Relatos de Uma Tragédia**: Narrativas Jornalísticas da Tragédia de 2008 em Santa Catarina. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2009. 132p.

ANEXOS

ANEXO 01 – QUESTIONÁRIO DA TFD

<p style="text-align: center;">TEORIA FUNDAMENTADA EM DADOS O EVENTO EXTREMO DE NOVEMBRO DE 2008</p>
--

PLANILHA DE QUESTÕES PARA EXTRAÇÃO DE CÓDIGOS

Data da coleta: ____ / ____ / ____.

Nome: _____

Local de moradia: _____ Idade: _____

Sobre dano material: sim não. Houve vítima da família: sim não.

1ª. Pergunta: O que ocorreu no Baú no final de semana entre os dias 21 e 24 de novembro?

2ª. Pergunta: Na sua opinião, o que foi que motivou os trágicos acontecimentos daquele final de semana?

3ª. Pergunta: Havia alguma preparação ou planejamento de emergência antes dos acontecimentos?

4ª. Pergunta: Existe agora algum planejamento para emergências ou a identificação das áreas de risco no Baú?

5ª. Pergunta: Na sua opinião, como reconstruir o que foi perdido na tragédia?