

SOLANGE RICHARTZ WILVERT

**ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO RELACIONADAS À DINÂMICA DO
MEIO FÍSICO NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS - SC**

FLORIANÓPOLIS

2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA- UFSC
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS – CFH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG**

SOLANGE RICHARTZ WILVERT

**ANÁLISE DAS ÁREAS DE RISCO RELACIONADAS À DINÂMICA DO
MEIO FÍSICO NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS - SC**

**Orientador: Joel Robert Georges Marcel Pellerin
Co-orientador: Juan Antonio Altamirano Flores**

Dissertação de Mestrado

Área de Concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais

FLORIANÓPOLIS – SC

2010

**Análise das áreas de risco relacionadas à dinâmica do meio físico na cidade de
Antônio Carlos - SC**

Solange Richartz Wilvert

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Geografia, área de concentração Utilização e Conservação dos Recursos Naturais, do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

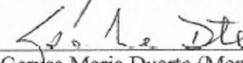


Prof. Dra. Magaly Mendonça
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia

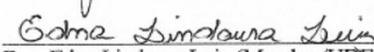
APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM: 23/08/2010



Dr. Joel Robert Georges Marcel Pellerin (Presidente e Orientador – GCN/UFSC)



Dra. Gerusa Maria Duarte (Membro – GCN/UFSC)



Dra. Edna Lindaura Luiz (Membro/UFSC)

Florianópolis - 2010

Dedico este trabalho a minha família e a os meus amigos, pela compreensão, paciência e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Porfírio e Helena, pelo apoio, carinho e paciência, ao meu irmão, Vilmar, pela torcida e confiança.

Meu agradecimento especial ao professor Joel Pellerin, por toda a ajuda prestada, pelos inúmeros ensinamentos e lições aprendidas.

Agradeço também especialmente à professora Edna Lindaura Luiz, por sua ajuda sempre disponível, pelos conselhos e conhecimento prestado, e à professora Gersa Maria Duarte por sua válida contribuição na qualificação deste trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa, a qual foi imprescindível para o desenvolvimento e conclusão dessa pesquisa.

À prefeitura de Antônio Carlos e aos seus funcionários, e à Defesa Civil do Estado de Santa Catarina pela disponibilização das informações para a elaboração desta pesquisa.

Ao Guilherme C. Wosny e a Grazieli Testa pela ajuda nos momentos de dúvida com o programa *ArcGis* e, novamente, a Grazi pela ajuda na confecção, na edição final dos mapas e na leitura desta pesquisa.

Aos amigos do Mestrado Francielle da S. Cardozo, Graziela M. P. Bini, Renata Duzzioni, Michelle Damásio, Tássia Castelli, Joice Konrad, Ary P. leite, Anderson Vietro, vulgo Araponga, pelos bons momentos, pela torcida, pela amizade, por me ouvirem. Novamente a Francielle da S. Cardozo e Graziela M. P. Bini, pelas dicas, pelas gargalhadas, por me incentivarem em todos os momentos e a Tássia Castelli pelo apoio emocional nos momentos difíceis e por compartilhar minhas alegrias e conquistas.

À minha madrinha Evanir da Cunha Wilvert, pela torcida, pela confiança e pelas suas palavras de incentivo.

À Joice C. Guesser, Cleiton Araújo, Roseni R. da Silva, Adriana da S. Bunn, Grazieli Testa, Claudir Didomenico, Marcos A. da Silva, Leila C. Eckert, William M. Pauli, Cris Moraes, Elisa B. Cabral, Heloisa de C. Lalane pela eterna torcida, pelo carinho e atenção.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação, o meu muito obrigada!

RESUMO

Este trabalho possui como objetivo analisar os processos da dinâmica do meio físico - processos pluviais (alagamentos), fluviais (inundação e erosão marginal) e movimentos de massa (deslizamentos) – que produzem perigo à população da cidade de Antônio Carlos, a fim de contribuir para o conhecimento das áreas de risco. A área de estudo encontra-se no médio vale do rio Biguaçu sobre uma planície alveolar, formada por feições terraceadas e meandros abandonados, e por encostas com espessos mantos de alteração, que apresentam cicatrizes de processos erosivos. Para entender os processos que ali ocorrem foram analisados o clima, os aspectos geológicos, geomorfológicos, as características do solo, da cobertura vegetal e os aspectos gerais da ocupação da área, apoiados na interpretação de fotos aéreas, imagens de satélite e trabalhos de campo. Ainda foram analisados 23 eventos adversos que ocorreram entre 1980 e 2010, através dos totais diários de precipitação e dos sistemas atmosféricos atuantes no momento. Desses 23 eventos, 17 foram desencadeados por precipitações acima de 100 mm em 24 h. Durante o desenvolvimento da pesquisa ocorreram três eventos adversos, que evidenciaram cada um dos fenômenos estudados e auxiliaram no mapeamento das áreas de risco. Estes eventos também demonstraram como a população e o poder público são vulnerável a eles, devido à falta de conhecimento sobre a dinâmica do meio físico e a ausência de políticas públicas de uso e ocupação da terra, que implicam em modificações no meio que intensificam a ocorrência dos fenômenos. O risco a alagamento é recente na área de estudo e ocorre sobre o antigo curso do rio Biguaçu, ao longo da Rua Adão Reitz e parte da Rua São Paulo, sendo que este fenômeno pode ser intensificado pela sobreposição do fenômeno da inundação. A inundação por sua vez, foi classificada como alta nas áreas que são primeiramente inundadas, levando em consideração as formas de terraço e os meandros abandonados; médio nas áreas que são inundadas em um segundo momento, pois a inundação não ocorre de maneira uniforme ao longo da planície e; baixa nas áreas não inundadas no evento de janeiro de 2008, o que não significa que estas áreas não possam ser atingidas por eventos de maior magnitude. As margens côncavas dos rios foram classificadas como de risco a erosão marginal. Já os riscos aos deslizamentos foram classificados como baixo nas áreas que possuem a forma natural da encosta; médio nas áreas que possuem corte nas encostas, independente da profundidade e da declividade deste, pois os cortes modificam a forma, aumentam o ângulo de inclinação da encosta e alteram a geometria das forças que atuam no seu equilíbrio e; alto, nas áreas que possuem algum deslizamento ou cicatriz de processos erosivos, ou sinais que evidenciam a movimentação da encosta. Espera-se que esta pesquisa possa fornecer subsídios aos órgãos públicos em relação ao gerenciamento das áreas de risco e a fiscalização do uso e ocupação da terra, para evitar que novas áreas suscetíveis a esses fenômenos sejam ocupadas ou criadas, diminuindo assim, a probabilidade de perdas e danos.

PALAVRAS-CHAVE: Dinâmica do meio físico. Áreas de risco. Cidade de Antônio Carlos. Alagamentos. Inundações. Erosão Marginal. Deslizamentos.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the processes of the physical environment dynamics - rain processes (flooding), water (flooding and bank erosion) and mass movements (landslides) - which produce danger to the population of the Antonio Carlos City, in order to contribute to the knowledge of risk areas. The study area is located in the middle valley of the Biguaçu river on a alveolar plain, formed by terraces features and abandoned meanders, and hillsides with thick mantles of alteration, showing the scars of erosive processes. To understand the processes that occur there were analyzed the climate, geology, geomorphology, soil characteristics, vegetation cover and the general aspects of the occupation of the area, supported by the interpretation of aerial photographs, satellite images and field work. Also were analyzed 23 adverse events that occurred between 1980 and 2010 years, through the daily totals of precipitation and the atmospheric system operating in the time of the event. Of these 23 events, 17 were triggered by rainfall exceeding 100 mm in 24 h. During the development of the research occurred three adverse events, which showed each one of the phenomena studied and assisted in the mapping of the risk areas. These events also demonstrate how the population is vulnerable to them due to lack of knowledge about the dynamics of the physical environment and lack of public policies on land use and occupation, which imply changes in the environment that exacerbate the occurrence of the phenomena. The flooding risks are recent in the study area and occur on the old course of Biguaçu river, along the Adão Reitz Street and part of St. Paul Street, and this problem can be intensified by the overlap of the phenomenon of flooding. The flooding was classified as high in areas that are flooded first, taking into account the forms of the terrace and abandoned meanders; medium in the areas that were flooded in a second time, because the flooding did not occur uniformly along the plain; and low occurs in areas not flooded in the event of January 2008, however does not mean that these areas are not affected by events of greater magnitude. Areas with convex margin were classified as at risk to bank erosion. The risks to landslides were classified as low in areas that have the natural shape of the slope, because they are not occupied; average in areas that have cut slopes, regardless of the depth and the declivity, because the sections change the shape, increase the angle of the inclination of the slope and change the geometry of the forces acting on your balance; and high in areas that have some landslide or scars of erosion processes, or signals that evidence the movement of the slope. It is expected that this research provide subsidies to public agencies regarding to the management of risk areas and the fiscalization of the land use and land occupation, to prevent new susceptible areas to these phenomenon are occupied or created, minimizing the likelihood of losses and damage.

KEY - WORDS: Dynamics of the physical environment. Areas Risk. City of Antonio Carlos. Flooding. Flood. Bank Erosion. Landslides.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa de Localização da área de estudo	19
Figura 5.1- Distribuição da precipitação média mensal de 1977 a 2009.	50
Figura 5.2 – Precipitação anual de 1977 a 2009.....	51
Figura 5. 4 – Exploração de saibro na Cidade de Antônio Carlos. Observar a profundidade do manto de alteração (mais de 30 m.), sem a presença de matriz rochosa	67
Figura 5.5 – Manto de alteração conservado, sem a presença de núcleos de rocha sã. Foto ...	67
Figura 5.6 – Manto de alteração intensamente fraturado, em dois planos visíveis.....	67
Figura 5.7 – Vista da cidade de Antônio Carlos. Observar os morros do modelado de dissecção em montanhas, com forma de ombreira, que circunda a área de estudo.....	69
Figura 5.9 – Ao fundo na foto, reativação da cicatriz erosiva, após o evento de março de 2010, no qual precipitou 172 mm de chuva	70
Figura 5.8 – Pequenas rupturas a partir de terracetes em uma encosta que sofre pisoteio do gado.....	70
Figura 5.10 – Inundação da planície do rio Biguaçu, no evento de janeiro de 2008, quando choveu o acumulado de 170 mm em 24 h.....	72
Figura 5.11 – Vista da planície do rio Biguaçu. A área que margeia a rua no centro da figura (Rua Adão Reitz) fica inundada em períodos de precipitação excepcional ou continua. Observar ao fundo as colinas presentes no meio da planície.	73
Figura 6.1 – Precipitação diária do mês de outubro de 1981.	81
Figura 6.2 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1983.....	82
Figura 6.3 – Precipitação diária do mês de fevereiro de 1983.	82
Figura 6.4 – Precipitação diária do mês de julho de 1983.	83
Figura 6.5 – Precipitação diária do mês de novembro de 1983.....	83
Figura 6.6 – Precipitação diária do mês de dezembro de 1983.	84
Figura 6.7 – Precipitação diária do mês de agosto de 1984.	84
Figura 6.8 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1989.....	85
Figura 6.9 – Precipitação diária do mês de novembro de 1991.....	85
Figura 6.10 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1992.....	86
Figura 6.11 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1993.....	87

Figura 6.12 – Precipitação diária do mês de fevereiro de 1993.	87
Figura 6.13 – Precipitação diária do mês de fevereiro de 1994.	88
Figura 6.14 – Precipitação diária do mês de março de 1994.....	89
Figura 6.15 – Precipitação diária do mês de dezembro de 1995.	90
Figura 6.16 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1997.....	90
Figura 6.17 – Precipitação diária do mês outubro de 1997.....	91
Figura 6.18 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1998.....	92
Figura 6.19 – Precipitação diária do mês de dezembro de 1998.	92
Figura 6.20 – Precipitação diária do mês de janeiro de 2000.....	93
Figura 6.21 – Precipitação diária do mês de janeiro de 2008.....	93
Figura 6.22 – Rio Biguaçu com o extravasamento das margens, próximo à confluência do rio do Louro..	94
Figura 6.23 – Alagamento da Rua João Henrique Pauli, que ocasionou a interdição da mesma no centro da cidade	95
Figura 6.24 – Residência localizada sobre o antigo curso do rio Biguaçu. A residência encontra-se em um nível mais baixo (aterro) que as áreas vizinhas.	95
Figura 6.25 – Rua Adão Reitz inundada próxima ao canal principal do rio Biguaçu	95
Figura 6.26 – Rua Jardim Esperança inundada devido ao retorno da água pelo antigo curso do rio Biguaçu, que fica ao final da rua.....	95
Figura 6.27 - Rua João Henrique Pauli e residências inundadas por terem sido construídas sobre um curso de água canalizado.....	96
Figura 6.28 – Deslizamento próximo a uma residência na área urbana, que ocasionou a queda de uma árvore a menos de 2 m da residência	96
Figura 6.29 – Deslizamento (na área urbana) em um corte com degraus mal dimensionados, que danificou a estrutura da casa de cima e ocasionou o entulhamento da residência abaixo..	96
Figura 6.30 – Erosão fluvial da margem direita do Rio Biguaçu na Avenida João Frederico Martendal.....	97
Figura 6.31 – Plantação de alface totalmente destruída pela inundação e pela deposição dos sedimentos.	98
Figura 6.32 – Precipitação diária do mês de novembro de 2008.....	99
Figura 6.33 – Rio Biguaçu próximo à estrada para o bairro Rio Farias. À tarde neste mesmo local o nível do rio estava 3 m mais elevado, cobrindo toda a pastagem presente na planície em volta.....	100

Figura 6.34 — Destruição parcial de uma residência na Rua Vereador Osvaldino Hoffmann, na área urbana.	100
Figura 6.35 - Erosão fluvial na margem côncava e deposição de sedimentos na margem convexa..	100
Figura 6.36 – Deslizamento de terra e rocha em um corte mal dimensionado e não estabilizado na Rua João Henrique Pauli, em 22 de novembro de 2008. Esta área é uma antiga saibreira, que depois de desativada foi loteada.....	101
Figura 6.37 – Fendas de abatimento paralelas, no solo, evidenciando o movimento do material da encosta, no Morro da Cana, na área urbana de Antônio Carlos.....	101
Figura 6.38 – Precipitação diária do mês de março de 2010.....	102
Figura 6.39 – Trecho da Rua João Henrique Pauli, próximo ao terminal rodoviário, interditado pelo alagamento	103
Figura 6.40 – Alagamento da Secretaria da Agricultura e Meio Ambiente localizada no subsolo da Prefeitura.....	103
Figura 6.41 – Subsolo da Prefeitura Municipal alagado em mais de 1 m. de água.....	103
Figura 6.42 – Deslizamento na Rua Antônio José Zimmermann, que deixou o trânsito em meia pista. A encosta ao fundo na figura possui problemas de instabilidade provocados por deslizamentos no evento que ocorreu em novembro de 2008, que estão sendo retrabalhados a cada novo episódio pluviométrico e por conter surgência de água na sua base.....	104
Figura 6.43 – Vista da residência em relação ao corte na encosta. Observar a proximidade da casa em relação ao corte e a altura deste em relação à casa.	105
Figura 6.44 – Material deslizado que atingiu a residência. Observar a proximidade da casa em relação ao corte.....	105
Figura 6.45 – Sedimentos depositados nas ruas provenientes dos cortes das encostas da cidade trazidos pela chuva torrencial.....	106
Figura 6.46 – Rompimento da tubulação pluvial que abriu um buraco de 4 m. de diâmetro sob o muro de uma residência na Avenida João Antônio Besen	106
Figura 6.47 – Vista do corte na encosta da Rua Libório Francisco Goedert. A seta em vermelho indica um deslizamento ocorrido no evento de janeiro de 2008. As setas em preto, os deslizamentos ocorridos em novembro de 2008. Observar próximo às duas setas da parte esquerda da figura, os blocos de rocha imersos no manto de alteração	127

LISTA DE MAPAS

Mapa 5.1 – Mapa da Bacia do Rio Biaguaçu	61
Mapa 5.2 – Mapa Geomorfológico da Cidade de Antônio Carlos	68
Mapa 6.1 – Mapa de suscetibilidade aos fenômenos perigosos	108
Mapa 6.2 – Mapa de risco a alagamentos, inundações e erosão marginal fluvial.....	120
Mapa 6.3 – Mapa de risco a deslizamentos.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Total mensal de precipitação (1977- 2009)	52
Tabela 5.2 – População total residente e situação domiciliar.....	75
Tabela 6.1 – Registro dos eventos naturais adversos ocorridos no município de Antônio Carlos/ SC entre 1980 e 2010.....	78
Tabela 6.2 – Índice pluviométrico diário relacionados aos meses em que ocorreram eventos adversos na área de estudo (1980 – 2009).....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente
AVADAN – Relatórios de Avaliação de Danos
Bi – Horizonte B incipiente
Bt – Horizonte B textural
BNDO – Banco Nacional de Dados Oceanográficos
CEASA – Central de Abastecimento de Alimentos de Santa Catarina
CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina
CEI – Centro de Educação Infantil
CP - Calamidade Pública
CHN - Centro de Hidrografia e Navegação
CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CODESC – Companhia de Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina
DEDC – Departamento Estadual da Defesa Civil de Santa Catarina
DENIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
EIRD - Estratégia Internacional para a Redução dos Desastres nas Américas
ENGEMAP – Engenharia e Mapeamento Ltda
EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
FPA - Frente Polar Atlântica
IDNRD - Década Internacional para a Redução de Desastres Naturais
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
ISDR – Estratégia Internacional para a Redução dos Desastres
MDE – Modelo Digital de Elevação
mEc – massa equatorial continental
mPa – massa polar atlântica
mTa – massa tropical atlântica
mTc – massa tropical continental
ONU – Organização das Nações Unidas

SE – Situação de Emergência

UNDRO – Escritório das Nações Unidas para Auxílio aos Desastres

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

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVO GERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3 REVISÃO TEÓRICA	25
3.1 EVENTOS, ACIDENTES E DESASTRES NATURAIS	25
3.2 PERIGO.....	27
3.3 SUSCETIBILIDADE.....	28
3.4 VULNERABILIDADE	29
3.5 RISCO	30
3.6 FENÔMENOS PERIGOSOS DA DINÂMICA DO MEIO FÍSICO PASSÍVEIS DE OCORRER NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS	32
3.6.1 Alagamentos	32
3.6.2 Inundação.....	33
3.6.3 Erosão fluvial marginal ou lateral	37
3.6.4 Movimentos de Massa.....	39
4. MATERIAS E MÉTODOS	44
4.1 LEVANTAMENTO E SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS E MATERIAIS CARTOGRÁFICOS	44
4.2 TRABALHOS DE CAMPO.....	45
4.3 ATIVIDADES DE GABINETE	45
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	50
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS	50
5.1.1 Clima	50
5.1.2 Geologia.....	55
5.1.3 Geomorfologia	56
5.1.4 Solos	58
5.1.5 Hidrografia.....	60
5.1.6 Cobertura Vegetal	62

5.1.7 Aspectos Gerais da Ocupação.....	63
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS.....	65
5.2.1 Caracterização do Meio Físico.....	65
5.2.2 Evolução da Cidade de Antônio Carlos.....	74
6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	77
6.1 ANÁLISE DOS EVENTOS NATURAIS ADVERSOS CORRIDOS NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS ENTRE 1980 E 2010.....	77
6.1.1 Eventos Adversos Ocorridos no Município de Antônio Carlos	77
6.1.2 Análise da Precipitação Diária Relacionada aos Meses em que Ocorreram Eventos Adversos na Cidade de Antônio Carlos	79
6.2 ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE AOS FENÔMENOS PERIGOSOS NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS.....	107
6.2.1 Suscetibilidade aos Alagamentos.....	107
6.2.2 Suscetibilidade à Inundação.....	109
6.2.3 Suscetibilidade à Erosão Marginal.....	116
6.2.4 Suscetibilidade a Deslizamentos	117
6.3 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE E DOS RISCOS RELACIONADOS À DINÂMICA DO MEIO FÍSICO NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS.....	118
6.3.1 Áreas de risco a alagamentos.....	119
6.3.2 Áreas de risco a inundações.....	120
6.3.3 Áreas de risco a erosão marginal	123
6.3.4 Áreas de risco a deslizamentos	124
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
REFERÊNCIAS.....	134

1 INTRODUÇÃO

Grande parte dos fenômenos que desencadeiam os riscos para a população fazem parte da dinâmica natural da superfície terrestre e são responsáveis pela configuração do relevo. Os fenômenos naturais, como escorregamentos, terremotos, inundações, sempre existiram, mas passaram a se configurar em desastres naturais, a partir do momento em que o homem passou a interagir com o meio, como aponta Alcântara-Ayala (2002).

Os desastres naturais estão vinculados diretamente à história do homem e da sua apropriação do meio, desde a formação das primeiras comunidades até o desenvolvimento das cidades modernas (MARCELINO, 2008), como por exemplo, a erupção do Vesúvio que atingiu as cidades de Pompéia e Herculano, na Itália, no ano 79 dC, além de outros desastres que fazem parte da história da sociedade. Porém, hoje, está ocorrendo uma mudança na forma de vê-los e interpretá-los.

Segundo Veyret (2007), esses eventos eram vistos no passado como catástrofes de origem natural, onde a natureza era o problema e o homem, através da ciência, deveria possuir o conhecimento para combater esses fenômenos perigosos. Hoje, a sociedade entende a natureza como benevolente, protetora, mesmo existindo alguns fenômenos perigosos, e que o risco pressupõe uma ação humana, voluntária ou não.

Os desastres naturais já eram objetos de estudo na década de 20 na Itália e na França em um campo denominado de Geografia das Calamidades. Na Itália destacavam-se os estudos de Giovanni Ciruolo e na França de Raoul Montandon, que deram início ao debate do tema, com a criação de encontros científicos, periódicos e atlas sobre os desastres naturais (VALDATI, 2000).

No mesmo período, nos Estados Unidos, desenvolvia-se uma nova linha de pesquisa denominada de *Natural Hazard* baseada nos trabalhos de Gilbert White. As primeiras pesquisas tratavam sobre os fenômenos de inundação, expandindo-se depois para outros tipos de fenômenos naturais (VALDATI, 2000).

Com o crescimento das cidades e a falta de políticas públicas de planejamento, o espaço urbano passou a ser ocupado de maneira desordenada. A população passou a ocupar áreas suscetíveis a fenômenos perigosos, como as encostas com alto grau de inclinação e as planícies de inundação dos rios. Este crescimento desordenado das cidades é considerado um dos condicionantes dos desastres, pois significa que cada vez mais pessoas estão ocupando áreas de risco, tornando-se mais vulneráveis às conseqüências dos fenômenos perigosos (CRISTO, 2002).

Para Chardon (1999), o processo urbano não só cria como também amplifica os riscos, pois a expansão urbana aumenta o número de elementos expostos a ele, o que aumenta o número de perdas e danos na infra-estrutura das cidades e dos bens da própria população.

Devido ao aumento do número de pessoas e de bens atingidos pelos desastres naturais que ocorrem em quase todos os lugares do mundo, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou a década de 90 como a Década Internacional para a Redução de Desastres Naturais (IDNRD). Neste contexto, a Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) e o Escritório das Nações Unidas para Auxílio aos Desastres (UNDRO), organismos ligados à ONU, criaram comitês técnicos em diferentes países para a realização de debates e investigações sistemáticas sobre os fenômenos naturais que causam perdas e danos à população (CRISTO, 2002).

Essas pesquisas tiveram como base o estudo dos fenômenos naturais que causam os desastres, as condições socioeconômicas que fazem com que as comunidades sejam mais ou menos vulneráveis a eles e a relação existente entre os fenômenos naturais e as condições socioeconômicas (VILAGRAN DE LEON, s/d).

Ao final da década de 90, pouco de concreto se realizou para minimizar os impactos dos desastres, pois os fenômenos continuam os mesmos, mas os elementos expostos aumentaram, tornando os desastres cada vez maiores. Mas, segundo Cristo (2002), todas essas pesquisas evidenciaram a problemática dos desastres naturais para o mundo, pois ele atinge tanto países ditos desenvolvidos como os subdesenvolvidos, sendo que a diferença se encontra na capacidade de prevenção aos fenômenos perigosos e na recuperação dessas áreas.

Por isso, em 1999, a UNDRO e outros órgãos de assistência criaram a Estratégia Internacional para a Redução dos Desastres (ISDR), com o objetivo de dar continuidade ao programa de redução dos desastres (LIEBER; ROMANO-LIEBER, 2005). A partir desta iniciativa criaram-se organismos regionais, dentre eles a Estratégia Internacional para a Redução dos Desastres nas Américas (EIRD).

No Brasil, os principais desastres ou acidentes ocorrem devido às características naturais (geológicas, geomorfológicas e climáticas) e a sua grande extensão territorial, associada às diferentes formas de urbanização em áreas suscetíveis (BINI, 2007), como por exemplo, a cidade de São Paulo que se desenvolveu sobre uma planície de inundação ou a cidade de Petrópolis, sobre encostas com alta declividade. Isto significa que a falta de conhecimento sobre o ambiente da área a ser ocupada e o adensamento populacional intensificam cada vez mais os riscos.

A Defesa Civil é o organismo responsável por gerir os efeitos dos desastres no Brasil, mas sua atuação ocorre, principalmente, durante ou após o evento, sem trabalhar efetivamente as medidas de previsão e prevenção desses desastres.

Santa Catarina é um dos estados da Federação mais atingidos por desastres naturais, tais como inundações, escorregamentos, quedas de blocos, estiagens, vendavais, precipitações de granizo, tornados e marés de tempestade (HERRMANN, 2007).

Alguns desses desastres são de evolução lenta, como as estiagens e a erosão do solo, mas outros são de ocorrência rápida e difíceis de serem previstos com antecedência, o que evidencia a necessidade de maior preparo da comunidade para lidar com eles, como é o caso das precipitações excepcionais que desencadeiam fluxos torrenciais, escorregamentos e inundações.

Verifica-se que devido à diversidade de desastres que ocorrem no estado, há uma variada gama de trabalhos que se dedicam a estudar esses fenômenos. Dentre eles pode-se citar: Dias (2000) analisou a suscetibilidade a escorregamentos no bairro Saco Grande em Florianópolis; Cristo (2002) estudou a suscetibilidade a enchentes e escorregamentos no setor leste da bacia do rio Itacorubi em Florianópolis; Vieira (2004) analisou a percepção frente ao risco de deslizamentos na sub-bacia do Ribeirão Araranguá no município de Blumenau; Saito (2004) estudou a suscetibilidade a escorregamentos e queda de blocos no maciço central do Morro da Cruz em Florianópolis; Testa (2006) analisou a suscetibilidade a inundações na área urbana do município de Biguaçu (SC); Souza (2006) estudou os perigos geoambientais (enchentes, inundações, alagamentos, enxurradas e escorregamentos) nos bairros Forquilha, Flor de Nápoles e Picadas do Sul no município de São José (SC); Bini (2007) analisou os fenômenos da dinâmica natural do meio físico que representam perigo à comunidade da bacia do Rio Cachoeira, localizada no bairro Caieira do Saco dos Limões, em Florianópolis, procurando identificar os mecanismos e os prováveis locais de atuação de tais fenômenos; Cardozo (2009) analisou a suscetibilidade a inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilha em São José (SC).

Dentro deste contexto, observa-se que o município de Antônio Carlos, que pertence à região da Grande Florianópolis, não possui estudos voltados para essa temática. O município está localizado na porção centro leste do Estado de Santa Catarina, entre as latitudes 27°23'47" norte e 27°34'29" sul e, entre os meridianos 48°41'51" e 48°55'25" (Figura 1.1) possui uma população de 7.087 habitantes, com a economia baseada na produção de hortigranjeiros.

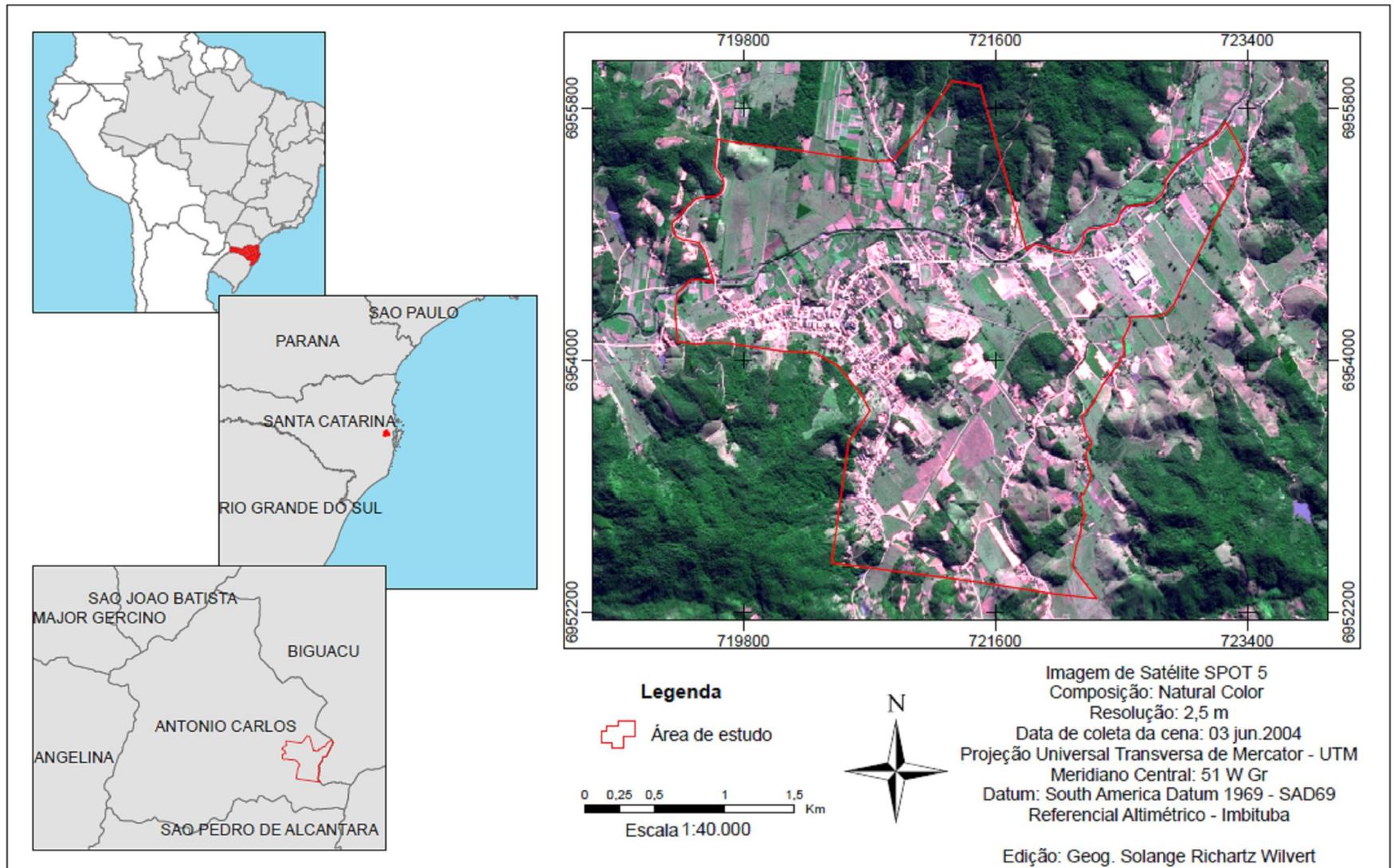


Figura 1.1 - Mapa de localização da área de estudo

Desde 1980, o município de Antônio Carlos registrou 26 eventos adversos, que provocaram perdas e danos à população, à infra-estrutura e à economia. Desses 26 eventos, 23 estão relacionados a precipitações excepcionais ou moderadas e contínuas, que provocaram alagamentos, inundações, erosões das margens dos rios e escorregamentos. Os demais eventos registrados foram vendavais, granizo e estiagem.

A cidade de Antônio Carlos está localizada no médio vale do rio Biguaçu e possui 2.072 habitantes. Seu espaço urbano ainda possui áreas destinadas ao cultivo de hortaliças, grama e áreas de pastagem, mas que estão sendo aos poucos substituídos por loteamentos.

Nos últimos dois anos, a cidade passou por três eventos: uma inundação brusca em janeiro de 2008, uma inundação gradual com grande incidência de deslizamentos em novembro do mesmo ano e outra inundação brusca em março de 2010.

Em 31 de janeiro de 2008, devido a uma precipitação concentrada de 170,8 mm, a cidade foi atingida por uma inundação brusca, que abrangeu toda a bacia do rio Biguaçu. Ruas, casas, áreas agrícolas e de pastagem ficaram inundadas, o que resultou em inúmeros danos e levou o município a decretar situação de emergência (SE). Além disso, outro fenômeno que ocorreu por causa deste evento foi o surgimento de áreas alagadas no centro da cidade.

No evento de novembro de 2008, a área inundada foi menor, mas os problemas com deslizamentos foram incomparáveis. Neste episódio, teve-se uma inundação gradual entre os dias 21 e 25 com um total pluviométrico de 364,2 mm, sendo que 140,8 mm precipitaram apenas no dia 22. Grande parte dos deslizamentos ocorreu nas encostas que tiveram sua forma modificada para a construção de residências e para a melhoria das estradas. Esses deslizamentos deixaram comunidades isoladas e algumas famílias precisaram ser desalojadas.

Outro fenômeno observado neste evento foi a erosão da margem dos rios, que destruiu duas residências e danificou outra, além das perdas de terras utilizadas para a agricultura e pastagens e a destruição de ruas. Por conta desses acontecimentos, o município novamente decretou situação de emergência.

O evento do dia 25 de março de 2010 foi desencadeado por uma precipitação de 172 mm concentrada em 6 horas, que atingiu o médio e o baixo vale do rio Biguaçu, deixando o centro da cidade de Antônio Carlos alagado com uma coluna de um metro de água, além da ocorrência de deslizamentos.

Se comparado com uma grande cidade, Antônio Carlos possui menos elementos em risco, o que não significa que os desastres que ali ocorrem sejam menos importantes e não

tragam conseqüências para a população.

A grande parte dos trabalhos existentes sobre riscos e desastres naturais se refere às grandes cidades, mas Cross (2001), afirma que dependendo do tipo do evento e das características do local, os danos podem ser maiores em pequenas cidades ou comunidades rurais.

O mesmo autor chama a atenção que certos fenômenos, como a inundação, podem atingir somente partes de uma megacidade, enquanto que uma cidade pequena ou uma comunidade rural seria totalmente atingida.

O autor ainda afirma que as megacidades estão mais bem preparadas para enfrentar o evento do que as pequenas cidades, ou seja, estas são mais vulneráveis, com relação à infra-estrutura, à economia, às políticas de preparação, mitigação e de recuperação de um evento perigoso.

Mas indiferente de ser uma grande cidade ou uma cidade pequena, todas elas possuem em comum o fato de serem espaços sociais, produzidos através da transformação da natureza pelo trabalho social, que possuem “objetos geográficos artificiais” (SOUZA, 2000). Estes por sua vez, acarretam uma valorização do solo construído, conseqüentemente perdas e danos para a sociedade, no caso da ocorrência de um fenômeno perigoso.

Na cidade de Antônio Carlos não há um estudo sobre a problemática do risco, na realidade, há poucos estudos sobre o meio físico da região, destacando-se o trabalho de Fortes (1996) que analisou a bacia do rio Biguaçu com o intuito de compreender a evolução da planície costeira; o trabalho de Wilvert (2006) que analisou as modificações realizadas pelo homem no relevo da área urbana de Antônio e; o trabalho de Silva (2007) que realizou um estudo socioeconômico da bacia do rio Biguaçu tendo como base a dinâmica natural dos compartimentos da bacia (serra, planície fluvial e planície costeira) e as transformações advindas das atividades humanas, com o objetivo de identificar e hierarquizar as unidades ambientais para o zoneamento ambiental.

Por isso, esta pesquisa se propõe a analisar as áreas de riscos relacionadas à dinâmica do meio físico na cidade de Antônio Carlos, dando ênfase aos fenômenos que possam causar perdas e danos à população, à infra-estrutura e a economia local.

Oliveira, Robaina e Reckziegel (2004, p. 251) denomina as “áreas sujeitas a desastres naturais associadas à ocorrência de processos da dinâmica superficial” como risco geomorfológicos, dividindo-os segundo o seu processo causador.

Luiz (2004) também parte desse princípio, e coloca que para se estudar o risco é necessário conhecer os processos do meio físico responsáveis pelos fenômenos perigosos que

ocorrem na área de estudo e que podem gerar riscos. Assim, baseada na literatura sobre o município, em trabalhos de campo, nos relatórios de Avaliação de Danos (AVADAN) da Defesa Civil, constatou-se que a cidade de Antônio Carlos possui riscos a alagamentos, inundações, erosão fluvial marginal e deslizamentos.

Esses processos fazem parte da dinâmica natural do planeta, ocorrendo independente da presença do homem. Mas, segundo Reckziegel *et al.* (2005), o homem pode acelerar, intensificar e induzir a ocorrência de muitos fenômenos devido as alterações ambientais provocadas pela ocupação. Por isso, para os autores os processos induzidos pelas atividades humanas também englobam a expressão de processos naturais.

Assim, para identificar os riscos relacionados à dinâmica do meio físico na cidade de Antônio Carlos é necessário avaliar os fenômenos perigosos que ali ocorrem (análise da suscetibilidade); como a população está preparada para enfrentá-los (análise da vulnerabilidade) e; qual o grau de perdas e danos caso um fenômeno adverso ocorra (análise do risco).

Com o intuito de compreender os riscos relacionados à dinâmica do meio físico na cidade de Antônio Carlos foram elaborados 6 capítulos. No próximo capítulo são apresentados os objetivos desta pesquisa. No terceiro capítulo são apresentados os aspectos conceituais utilizados (evento, desastre, acidente, perigo, suscetibilidade, vulnerabilidade e risco), bem como os fenômenos estudados e seus condicionantes. Os procedimentos operacionais, os materiais e a proposta metodológica utilizada para a elaboração deste trabalho são abordados no quarto capítulo.

Os condicionantes ambientais e da ocupação do município e da cidade de Antônio Carlos (clima, geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal aspectos gerais da ocupação) são apresentados no quinto capítulo. Por fim, no sexto capítulo é apresentada a análise dos eventos adversos que ocorreram na cidade de Antônio Carlos no período de 1980 a 2010 e a análise e discussão sobre as áreas de risco na área de estudo. E, por último, as considerações finais e as recomendações.

Alguns autores, como Villagrán de León (s/d), consideram a falta de conhecimento da população sobre a dinâmica do meio físico do local que ocupam como um dos principais fatores que influenciam na análise do risco. A falta de conhecimento permite que sejam realizadas modificações no meio que podem aumentar a suscetibilidade do local a um determinado fenômeno perigoso ou criar áreas de risco antes inexistentes, o que aumenta a probabilidade de perdas.

Esse também é o grande problema que ocorre com o poder público que tem o dever de gerir o espaço urbano e garantir a segurança da sua população. Grande parte dos gestores públicos não conhece a dinâmica do meio físico onde está localizada a unidade político-administrativa que governam, nem mesmo onde estão e quem são os moradores expostos aos riscos, agindo somente quando ocorre o desastre, com medidas emergenciais.

O correto seria agir na prevenção e no apoio à população para que esta seja orientada a conviver com os riscos, tornando-a menos vulnerável, ou propor formas mais adequadas de ocupação do meio, evitando assim a ocupação das áreas de risco.

O conhecimento resultante deste trabalho poderá subsidiar os órgãos municipais com informações ao planejamento urbano e a elaboração de planos de gestão de risco, diminuindo assim, a vulnerabilidade e, conseqüentemente, as perdas e danos da população e da infraestrutura da cidade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar como os processos da dinâmica do meio físico - processos pluviais (alagamentos), fluviais (inundação e erosão marginal) e de movimentos de massa (deslizamentos) - produzem perigo à população da cidade de Antônio Carlos a fim de contribuir para o conhecimento das áreas de risco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar a estrutura e a dinâmica dos ambientes naturais presentes no sítio urbano e identificar quais os fenômenos que representam perigo à comunidade.

2. Levantar os eventos passados, descrevendo sua localização, perdas e danos que possam ter gerado, especialmente, as conseqüências dos eventos recentes.

3. Descrever o processo de ocupação humana, as formas de uso da terra e as obras realizadas que alteraram a estrutura e a dinâmica do meio físico.

4. Identificar os elementos exposto (população, residências, infra-estrutura) nas áreas de ocorrência dos fenômenos perigosos.

5. Analisar as áreas de riscos relacionadas à dinâmica do meio físico.

3 REVISÃO TEÓRICA

A temática do risco é estudada por diversas áreas do conhecimento, como a Geografia, a Geologia, as Engenharias, a Sociologia entre outras, por isso, há uma grande divergência em relação aos conceitos associados (perigo, vulnerabilidade, suscetibilidade e desastres).

Valdati (2000) em sua dissertação discorre sobre a falta de clareza entre a conceituação dos termos riscos e desastres naturais. Kobiyama *et al.* (2006) ao apresentar os principais conceitos relacionados à temática do risco e desastres naturais também aborda a questão da falta de clareza entre eles, em especial entre risco e perigo. Souza (2004), Kobiyama *et al.* (2006) e Herrmann *et al.* (2007) abordam a falta de clareza entre os conceitos de inundação e enchente na língua portuguesa.

Cardona (2003), após uma revisão teórica da abordagem do risco nas ciências naturais, aplicadas e sociais, defende uma visão holística, interdisciplinar para a compreensão, análise e mensuração do risco. Para o autor, as interpretações dos cientistas são diferentes da noção das pessoas das comunidades expostas e das autoridades do governo encarregadas de tomar as decisões necessárias para reduzir e mitigar o risco, por isso, a necessidade de uma metodologia interdisciplinar, que aborde todas essas interpretações para que facilite a tomada de decisão pelos gestores públicos.

Essa questão de diferentes percepções sobre o risco e suas causas, que conseqüentemente refletirá nas medidas tomadas pelos gestores públicos e pela população, também são levantadas por Veyret (2007) e Burton e Kates (1972). Estes afirmam que essa percepção muda de uma comunidade para outra devido à cultura, por isso o mesmo risco será percebido e enfrentado de maneira diferente pelas comunidades.

Na realidade, a percepção do risco muda de pessoa para pessoa e de evento para evento. Uma mesma pessoa pode estar preparada para enfrentar uma inundação, ou seja, ser menos vulnerável a este fenômeno, mas não significa que terá a mesma capacidade de resposta para um deslizamento, pois os fenômenos envolvem processos e mecanismos diferentes.

3.1 EVENTOS, ACIDENTES E DESASTRES NATURAIS

A ocorrência de um fenômeno com características, dimensões e localização no tempo e no espaço é caracterizado como um evento. Cerri e Amaral (1998) definem o evento como um fato ocorrido que não tenha provocado danos e prejuízos relacionados diretamente a ele.

Os eventos como as inundações, os terremotos que ocorrem em um determinado local e não causam danos e prejuízos à população são chamados de eventos naturais. Mas, a partir do momento que ele atinge a sociedade e causa danos e prejuízos ele se caracteriza como um acidente, desastre ou ainda catástrofe.

Cross (2001) diferencia desastre de acidente. Para o autor um acidente ou emergência se caracteriza por um evento extremamente localizado e restrito, já o desastre estaria relacionado com o alto número de vítimas atingidas por um evento em relação à população total. Para Bini (2007) o acidente, geralmente, se caracteriza como algo mais fácil de ser solucionado, já o desastre se apresenta como um evento com grande impacto sobre a sociedade, cujas conseqüências seriam mais graves e, portanto, há maior demora no retorno à situação de normalidade.

Pfluck (2009), no seu estudo sobre riscos a enxurradas e desabamentos de fossas negras na cidade de Marechal Candido Rondon/PR, classifica os episódios de desabamentos e enxurradas, que provocam danos e prejuízos à população ou à infra-estrutura da cidade de acidentes, pois possuem proporções espacialmente reduzidas se comparadas com a área de abrangência de um terremoto ou tsunami.

Nesse sentido a autora utiliza o termo acidente para descrever eventos que provocaram perdas e danos em um local restrito, como uma casa, uma rua ou um bairro, e não em uma grande área, como um município ou uma bacia hidrográfica, onde os danos seriam maiores sobre a sociedade.

Assim, entende-se que a diferenciação entre acidente, desastre e/ou catástrofe está na proporção do impacto e na quantidade de recursos (humanos e financeiros) necessários para mitigação dos problemas gerados (DIAS; HERRMANN, 2002).

O desastre, por sua vez, é entendido por Cardona (2003) como a materialização do risco, ou melhor, a materialização das condições de risco preexistentes, que são definidas pelos fatores socioeconômicos. Por isso, para Uitto (1998) um evento ou a ocorrência de fenômeno natural perigoso só se torna um desastre quando afeta a população que está exposta e é vulnerável a ele, sendo que a sua ocorrência e a sua extensão dependem de três fatores: o perigo (o fenômeno natural), a exposição (as estruturas, construções e o homem) e a vulnerabilidade (disposição em sofrer danos).

Nesse mesmo contexto, Palácios, Chuquisengo, e Ferradas (2005) caracterizam desastre como a interrupção do funcionamento normal da sociedade ou de parte dela, quando

um fenômeno perigoso atua sobre as condições de vulnerabilidade e produz graves danos à vida, aos bens e à infra-estrutura do local. Quando os autores se referem aos desastres, eles não estão se referindo somente aos valores monetários dos danos, mas também ao valor social do impacto, a capacidade de absorção e de reconstrução e as desigualdades sociais existentes, que resultarão em formas diferenciadas de recuperar ou absorver o impacto.

Por isso, um fenômeno natural não é sinônimo de desastre, pois ele não pode ser compreendido somente como a ocorrência do fenômeno, mas sim como as conseqüências deste sobre a estrutura organizacional da sociedade (CARDONA, 2003), o que Mitchell (1999) chama de inadequado ajustamento entre o homem e ambiente.

Assim, o desastre é compreendido como um fenômeno social (HÉTU, 2003), que pode ter sua origem em um fenômeno natural ou não, que atinja uma comunidade e provoque a interrupção do funcionamento dela ou de parte dela.

3.2 PERIGO

Caso um fenômeno natural ocorra e possua o potencial de causar conseqüências ditas desagradáveis à comunidade atingida, ele então é denominado de perigo. O perigo pode ser definido como qualquer condição potencial ou real que possa causar morte, ferimentos às pessoas e danos às propriedades (CASTRO, 2008).

Outro termo, importante na discussão sobre risco é o estudo dos *hazards*, que recebe diferentes traduções, pois não há na língua portuguesa uma palavra que corresponda exatamente. Para Marandola e Hogan (2004) o significado do termo perigo advém da adoção da palavra inglesa *hazard*, que possui seus estudos direcionados para a relação sociedade/natureza (homem e meio), sobre os impactos advindos da ação humana sobre o meio.

White (1974, *apud* MARANDOLA JR; HOGAN, 2004) define *hazard* como um evento que ocorre na interface sociedade-natureza, ou seja, um evento que ocorre nas áreas ocupadas pelo homem, gerando perdas e danos, colocando em perigo a população. Assim, nem todo furacão ou um terremoto será um *hazard*, mas somente aquele que coloca em situação de perigo a população. Para este trabalho o termo *hazard* será traduzido como perigo.

O perigo não é considerado um evento natural ou um desastre natural, ele indica um potencial acidente ou desastre, pois ele consiste na interação entre os possíveis usos de uma determinada área e o provável fenômeno natural que pode ocorrer nela, como a ocupação de

uma planície de inundação, onde as pessoas e suas propriedades podem ser atingidas pelo transbordamento das águas do canal (ERICKSEN, 2004).

O perigo ou *hazard* envolve a probabilidade de um determinado fenômeno ocorrer, seja ele de origem, natural, tecnológica, social, etc. Ele não é o evento em si, mas a ameaça de ele ocorrer e o potencial que ele possui em provocar danos (THYWISSEN, 2006)

Palácios, Chuquisengo e Ferradas (2005) caracterizam o perigo como a probabilidade da ocorrência de um fenômeno natural ou induzido pelo homem, que pode ocasionar graves danos a um determinado local e, que pode ser classificado de acordo com sua origem em naturais, sócio-naturais e humanos. Kobiyama *et al.* (2006) define perigo como um fenômeno que ocorre em um determinado tempo e espaço e que pode causar danos nas áreas afetadas e, os perigos naturais como processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera, que podem ser modificados pela atividade humana, como a degradação do ambiente e a urbanização.

Assim, se entende que o perigo é a probabilidade da ocorrência de um fenômeno natural ou induzido pelo homem, em um determinado tempo e espaço que pode ocasionar danos e prejuízos nas áreas afetadas e pode ser classificado em (CASTRO, 2000):

- perigo natural: quando o fenômeno que pode produzir os danos tem sua origem na natureza;
- perigo antrópico: quando o fenômeno que pode produzir perdas e danos tem sua origem nas ações humanas e;
- perigo ambiental: quando o evento que pode causar prejuízo tem sua causa combinada, ou seja, um perigo natural agravado pela ação humana, um perigo antrópico agravado pela natureza ou ainda um perigo antrópico que afeta a natureza.

3.3 SUSCETIBILIDADE

O termo perigo pressupõe o termo suscetibilidade, que indica a potencialidade de ocorrência de um determinado fenômeno em um determinado local, levando em consideração a predisposição natural do ambiente para que o fenômeno ocorra, ou seja, a interação dos agentes condicionantes e desencadeadores.

Neste sentido, Saito (2004), em seu trabalho sobre suscetibilidade a deslizamentos e quedas de blocos no maciço central do Morro da Cruz, entende suscetibilidade como as características inerentes do meio que condicionam a ocorrência desses fenômenos no local.

Cerri e Amaral (1998) e Oliveira, Robaina e Reckziegel (2004) também caracterizam a suscetibilidade como as características do meio que determinam a probabilidade de um fenômeno natural atingir uma determinada área com uma determinada magnitude, sendo que para estes autores os danos advindos do fenômeno – se ele irá ou não afetar a população e a infra-estrutura do local - não são considerados.

A suscetibilidade indica a potencialidade de ocorrência do fenômeno perigoso, em um determinado local, bem como sua magnitude e frequência. A suscetibilidade aos fenômenos do meio físico faz parte da dinâmica natural de cada lugar. Entretanto, as modificações realizadas pelo homem ao meio podem acelerar tais processos, deixando o ambiente suscetível aos acidentes ou desastres.

3.4 VULNERABILIDADE

Os danos e prejuízos causados por um acidente ou por um desastre variam em função da magnitude do fenômeno perigoso e do grau de vulnerabilidade dos elementos expostos a ele.

A vulnerabilidade pode ser entendida como o conjunto de condições/fatores ambientais, sociais, econômicas, políticas, culturais e educacionais que determinam se uma comunidade está mais ou menos exposta a um fenômeno, seja pelas suas características naturais ou por sua capacidade de responder ou de recuperar-se de tal evento, isto é, “la vulnerabilidad esta determinada por causas estructurales, procesos sociales y condiciones inseguras que interactúan entre si”¹ (PALÁCIOS; CHUQUISENGO; FERRADAS, 2005, p. 13).

Para Cardona (2003), a vulnerabilidade é uma condição, circunstância ou predisposição para sofrer danos e não uma propriedade propensa a eles. Para o autor, a vulnerabilidade não deve ser relacionada somente à exposição dos elementos, como afirma Mitchel (1999), ou a suscetibilidade física dos elementos expostos, mas também com as fragilidades sociais, com a capacidade da sociedade atingida por um fenômeno perigoso de responder ou de absorver o seu impacto.

Por isso, o autor afirma que as conseqüências do evento não estão somente relacionadas ao seu impacto (impactos diretos), mas com a capacidade de resistir ao impacto e suas implicações na área/sociedade atingida (impactos indiretos).

Isto pressupõe que cada pessoa, cada comunidade ou cada instituição social possui diferentes tipos de vulnerabilidade, que não são somente resultado das ações, decisões e

¹ A vulnerabilidade é determinada por fatores estruturais, processos sociais e condicionantes de insegurança que interagem entre si. (tradução livre da autora).

escolhas humanas, mas o resultado da interação do sistema natural, econômico, social, cultural e político onde ela se encontra (ALCANTARA-AYALA, 2002).

Entende-se que a vulnerabilidade possui um caráter social (GÁRCIA-TORNEL, 1997), pois ela refere-se ao grau de preparo das pessoas, em relação à tomada de decisões e ações perante um determinado fenômeno perigoso e irá determinar o grau de danos e perdas de um elemento ou de um conjunto de elementos em risco.

Por isso, a vulnerabilidade pode ser considerada como uma característica intrínseca de cada comunidade, em relação a um determinado fenômeno e que ela é dinâmica, ou seja, muda no tempo e no espaço.

3.5 RISCO

A relação existente entre a probabilidade de ocorrência de um determinado fenômeno perigoso associada ao grau de preparo e ação (vulnerabilidade) da comunidade a ser atingida é entendida como risco.

Monteiro (1991) relaciona o termo risco ao homem, a algo negativo, desfavorável e prejudicial. Para Cardona (2003) o risco representa algo irreal, difícil de compreender, que não existe no presente, somente no futuro e que pressupõe a possibilidade de algo que poderá ocorrer. Nesse mesmo sentido, Brüseke (2001) entende o risco como um acontecimento futuro, mas que não existe sem que haja perdas. Já para Veyret e Richemond (2007), risco é a percepção de um perigo possível, que é mais ou menos previsível por um grupo social ou por um indivíduo que tenha sido exposto a ele.

Para Castro, Peixoto e Rios (2005, p.17) o risco “compreende a identificação de perigos e pressupõe uma quantificação e/ou qualificação dos seus efeitos para a coletividade em termos de prejuízos materiais e imateriais”, isto é, quais as perdas e danos que a sociedade terá em relação a determinado fenômeno perigoso.

Nesse sentido, Marcelino (2008) afirma que o risco é a probabilidade (mensurável) de ocorrer perdas e danos devido à interação entre um perigo natural e as condições de vulnerabilidade do local.

Para Chardon (1999), uma situação de risco envolve a combinação de quatro fatores: o perigo (*hazard*), a probabilidade (lugar, tempo, conseqüências do evento e fatores circunstanciais), a complexidade (ligada ao sistema) e as perdas possíveis, isto é, para se ter

uma situação de risco é necessário que dois componentes interajam entre si: o fenômeno perigoso (perigo) e a sociedade ameaçada a sofrer danos (vulnerabilidade).

Para se ter uma situação de risco é necessária a combinação do perigo (*hazard*) e da vulnerabilidade, pois “(...) *one cannot be vulnerable if one is not threatened, and one cannot be threatened if one is not exposed and vulnerable*”², ou seja, deve existir um perigo ou uma ameaça para que alguém ou algo seja vulnerável e é preciso que algo seja vulnerável para estar em perigo (CARDONA, 2003).

Para alguns autores, como Chardon (1999), é excessivo afirmar que o risco é um fenômeno social, porque existe a predisposição natural do local para a ocorrência de determinado fenômeno. Mas há riscos que podem ser provocados ou intensificados pelas intervenções humanas e, as conseqüências da ocorrência desses fenômenos são determinadas pelas condições de infra-estrutura, organização e medidas tomadas pela sociedade para confrontar a exposição ao risco.

Outro fator importante a ser destacado é que cada situação de exposição ao risco possui específicas características e particularidades que são percebidas diferentemente pelas pessoas, principalmente em função da sua cultura, que determinará a forma de enfrentá-lo (BURTON; KATES, 1972).

O risco ao longo do tempo pode aumentar ou diminuir em uma determinada área. Isto pode ocorrer devido à ação de medidas estruturais e não-estruturais, como obras de contenção, sistemas de alerta e medidas de prevenção e de educação (SAITO, 2004).

Há inúmeros critérios de classificar os riscos, eles podem ser classificados segundo a origem do fenômeno perigoso ou ter como base situações potenciais de perdas e danos aos homens. Dessa maneira pode-se classificar o risco em tecnológico através da contaminação industrial, risco geológicos por meio de terremotos e vulcões, risco associados à dinâmica climática, como as secas.

Cerri e Amaral (1998) apresentam uma classificação em que o risco ambiental foi classificado como a classe maior de risco, que por sua vez foi subdividido em riscos tecnológicos, naturais e sociais.

Os riscos tecnológicos se referem às contaminações por vazamento de produtos tóxicos, por radioatividade. Os riscos naturais são relacionados aos meios físicos e biológicos, como o risco a um tornado ou a uma doença, sendo que os riscos físicos podem ser divididos

² Um não pode ser vulnerável se não é ameaçado, e não pode ser ameaçado se não estiver exposto e vulnerável (tradução livre da autora).

naqueles que possuem a ação potencializadora do homem, como os deslizamentos, ou não. E, os riscos sociais que se referem à violência urbana, ao desemprego e a fome, entre outros.

Na cidade de Antônio Carlos foram escolhidos para análise os riscos ligados aos processos da dinâmica do meio físico, que estão relacionados aos processos pluviais (alagamentos), fluviais (inundação e erosão fluvial da margem) e de movimentos de massa (deslizamentos).

3.6 FENÔMENOS PERIGOSOS DA DINÂMICA DO MEIO FÍSICO PASSÍVEIS DE OCORRER NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS

Nesta seção serão apresentadas as definições e as discussões sobre os fenômenos perigosos que podem vir a ocorrer na cidade de Antônio Carlos e seus principais condicionantes de um modo geral. Os fenômenos em si, seus condicionantes e as características dos processos na área de estudo serão apresentados na seção 6.2.

3.6.1 Alagamentos

Os alagamentos são caracterizados por Lima, Melo e Corrêa (2008) como fenômenos antropicamente induzidos nas cidades devido à impermeabilização do solo através de construções e pavimentações que não permitem a infiltração da água das chuvas, fazendo com que esta esco para o sistema de drenagem em direção aos rios.

Para Castro (2003) os alagamentos ocorrem devido ao acúmulo de água no leito das ruas e nas áreas urbanas, por meio de precipitações intensas e de um sistema de drenagem deficiente. Para o autor, este fenômeno está relacionado à redução da infiltração natural do solo provocada pela compactação e impermeabilização do solo, por meio da pavimentação de ruas e construção de calçadas e de edificações, ao acúmulo de detritos em galerias pluviais, canais de drenagem e cursos de água e a uma deficiente rede de galerias pluviais.

Mas, o autor ainda ressalta que nesse tipo de fenômeno, os alagamentos dependem muito mais de uma drenagem deficiente, que dificulta a vazão das águas acumuladas, do que das precipitações locais.

Já para Souza (2004) os alagamentos ocorrem em áreas ocupadas pelo homem com baixo coeficiente de escoamento superficial e em locais distantes dos canais, ou seja, as áreas

alagadas não possuem ligação com o sistema de drenagem natural de uma determinada área.

Como observado nas definições dos autores acima, os alagamentos ocorrem em maior quantidade nas áreas urbanas devido à impermeabilização dos solos e ao sub-dimensionamento das galerias pluviais (sistema de drenagem deficiente). Mas é importante destacar que os alagamentos também ocorrem em áreas não urbanizadas, quando a precipitação é maior que a capacidade de infiltração do solo ou quando este se encontra saturado, fazendo com que grande parte da precipitação escoe e alague as áreas com topografias mais baixas, ou ainda, devido às características do próprio solo, como a presença do lençol freático próximo à superfície.

Assim, os alagamentos são condicionados pela própria dinâmica geomorfológica da área, pelas condições de uso e ocupação do solo e pelas características da precipitação (LIMA; MELO; CORRÊA, 2008). Os alagamentos ocorrem em áreas com topografia mais baixa que as áreas vizinhas, em locais de intensa ocupação humana, que ocasionam a impermeabilização do solo e devido a precipitações concentradas ou a excedentes pluviométricos. Isto ocasiona uma maior permanência da água das chuvas em superfícies impermeabilizadas e o aumento do volume do escoamento (FUJIMOTO, 2002).

3.6.2 Inundação

Para a International Strategy for Disaster Reduction – ISDR (2002, *apud* Souza, 2004), a inundação se caracteriza por um fenômeno de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, fenômenos de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica. Mas as inundações também são condicionadas pelas características geomorfológicas da bacia como o tamanho, a forma e a disposição do relevo (FORTES, 1996; TESTA, 2006; COLLISCHONN, 2009). Por isso, neste trabalho entende-se que a inundação é condicionada por fatores hidrogeomorfológicos e desencadeada por fenômenos atmosféricos (as precipitações pluviais).

As águas das chuvas ao alcançarem um curso de água aumentam a vazão por um determinado tempo. Este acréscimo na descarga da água é chamado de cheia ou enchente. Quando o acréscimo de água em um rio for superior a sua capacidade de vazão, extravasando para as áreas marginais (planície de inundação), que normalmente não são ocupadas pelas águas, ocorre o fenômeno da inundação (MACEDO *et al.*, 2004).

Para Collischonn (2009), que segue a mesma definição de Macedo *et al.* (2004), existe uma relação direta entre enchente e inundação, pois toda enchente envolve a crescida na

descarga da água e, pode haver o transbordamento para as áreas marginais, isto é, a inundação. Assim, toda inundação é considerada uma enchente, mas nem toda enchente resultará numa inundação.

Os termos inundação e enchente são muitas vezes empregados na literatura como sinônimos, como exemplo pode-se citar a definição de Tucci (2003).

Para este autor, a inundação ou enchente é a quantidade de água que chega a um canal, como resultado de uma precipitação intensa, que excede a sua capacidade de drenagem fazendo com que a áreas adjacentes sejam tomadas pela água. Este fenômeno pode ocorrer devido ao comportamento natural dos rios ou pode ser ampliado pelo homem, através da urbanização (impermeabilização do solo e canalização dos rios).

Já para Kobiyama *et al.* (2006) e Herrmann *et al.* (2007), o termo inundação não é sinônimo de enchente. Para esses autores a inundação ocorre quando a vazão ou débito supera a capacidade de descarga do canal, ocorrendo o transbordamento de suas águas para a planície de inundação. A enchente ou cheia de canal ocorre quando há o aumento da vazão do rio, por um determinado período de tempo, sem que ocorra o transbordamento para a planície adjacente.

Kobiyama *et al.* (2006) e Herrmann, Kobiyama e Marcelino (2007) seguem a mesma definição de Macedo *et al.* (2004), que é utilizada nos trabalhos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), que também será adotada neste trabalho, apenas substituindo o termo enchente por cheia de canal, pois o termo enchente é vinculado nos meios de comunicação de maneira errônea aos fenômenos de inundação e de alagamento.

As inundações podem ser classificadas para Castro (2003, 2008) de acordo com a sua magnitude em excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude, e, de acordo com seu padrão evolutivo em enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas. Percebe-se que ao classificar as inundações de acordo com o seu padrão evolutivo, o autor, também não faz distinção entre o uso dos termos inundações e enchentes. Esta classificação é utilizada nos relatórios de Avaliação de Danos da Defesa Civil no Brasil.

Para Herrmann, Kobiyama, e Marcelino (2007) as inundações fluviais podem ser de dois tipos: inundação brusca e inundação gradual. A primeira é caracterizada pela súbita e violenta elevação dos níveis das águas dos rios, que escoam de forma rápida e violenta e a inundação gradual é caracterizada pela elevação lenta e previsível das águas que se mantêm em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam gradualmente (CASTRO, 2003).

Entres os fatores que condicionam o aumento da vazão de um rio e, a conseqüente subida das águas no canal causando as cheias de canal e as inundações estão os fatores naturais e antrópicos (TESTA, 2006; COLLISCHONN, 2009).

O aumento da vazão de um canal é resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico, principalmente da água que infiltra ou não no solo, como da água pelo processo de escoamento superficial.

Segundo Collischonn (2009), o aumento da vazão de um canal ocorre, principalmente, devido à parcela da precipitação que não se infiltra no solo e que escoam superficialmente (escoamento superficial). De acordo com a autora, isto ocorre pela ação da gravidade, de modo não organizado, das áreas mais elevadas para as mais baixas, primeiro na forma de uma lâmina de água e depois em pequenos cursos de água e posteriormente nos rios. Sendo que o escoamento superficial ocorre como uma resposta rápida à precipitação e cessa pouco tempo depois dela e é responsável por gerar os picos de vazão nos cursos de água, como resposta aos episódios de chuva.

Percebe-se que a vazão de um rio depende de fatores relacionados diretamente à precipitação e ao escoamento, que são o relevo, a forma e o tamanho da bacia, a densidade e distribuição da rede de drenagem, o tipo e a profundidade do solo, o tipo de leito e canal fluvial, a duração e a intensidade da precipitação e a circulação costeira (marés de sizígia ou de tempestade), além dos fatores antrópicos, como as alterações no próprio canal e no uso do solo da bacia, que potencializam o aumento da vazão (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A velocidade do escoamento superficial é controlada pela declividade e pela quantidade de água que escoam dos terrenos da bacia, que determinará o tempo em que a água da chuva levará para concentrar-se nos rios. Este fator está diretamente ligado à intensidade dos picos da cheia do canal e da inundação. A forma da bacia está relacionada ao tempo de duração que uma gota de chuva leva para atingir o fluxo principal da rede de canais fluviais, já que ela define o tempo necessário para que toda a bacia passe a contribuir para a vazão do rio, além de exprimir a maior ou a menor tendência que a bacia possui para inundações (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O tamanho da bacia condiciona a contribuição das águas para o rio principal, assim, quanto maior a bacia, maior a captação de água para o rio, o que determinará o volume de água que o canal principal poderá comportar.

A rede de drenagem superficial é formada pelo conjunto de rios de uma determinada área (CHRISTOFOLETTI, 1980), isto é, o conjunto formado pelo rio principal e pelos seus

afluentes. Assim, quanto maior for a rede de canais fluviais, maior será a sua eficiência e a rapidez no aumento do fluxo ou vazão do rio principal.

O tipo de solo condiciona a capacidade de infiltração e de absorção das águas da chuva, além da suscetibilidade à erosão, o que permite compreender o transporte e deposição de sedimentos na bacia, a erosão das margens do rio, a forma do leito e o padrão de canais fluviais. Além disso, a forma do leito e a sua profundidade estão ligadas à constituição litológica (ao tipo de rocha) sobre a qual o rio se encontra (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os leitos fluviais correspondem aos locais utilizados para o escoamento das águas. Christofolletti (1980) distingue quatro tipos de leito principais: o leito de vazante, que é utilizado para o escoamento das águas mais baixas e faz parte do leito menor, que é caracterizado por ser bem delimitado e por possuir suas margens, geralmente, bem definidas; o leito maior periódico ou sazonal que é regularmente ocupado pelas cheias regulares; e o leito maior excepcional que é ocupado pelas inundações mais elevadas, com intervalos mais irregulares.

Os padrões de canais fluviais estão relacionados diretamente à velocidade do fluxo, a quantidade de sedimentos que o rio transporta. Os canais podem ser classificados como retilíneos, anastomosados, meandantes e entrelaçados, sendo que estes padrões são resultado do ajuste da seção transversal do canal como reflexo do equilíbrio entre a velocidade do fluxo, a descarga líquida, os sedimentos transportados, a declividade, a largura e a profundidade do canal (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O volume e a duração das chuvas, isto é, as características da precipitação, é o fator que desencadeia as inundações ou cheias de canal. Com relação à circulação costeira, as marés astronômicas e/ou meteorológicas são responsáveis pela elevação das águas do mar, momentânea e costeira, o que dificulta o lançamento das águas dos rios junto à foz, em função do represamento das águas fluviais (HERRMANN, 1999).

Com relação aos condicionantes antrópicos, o homem é responsável por mudanças nas condições hidrológicas da bacia, contribuindo para o aumento do escoamento superficial e da quantidade de carga sólida que chega aos canais, através do desmatamento, da agricultura e da urbanização; e, por mudanças diretas no canal, por meio de obras de engenharia, para a retificação, dragagem e canalização dos canais, que aumentam a velocidade do fluxo e a quantidade de sedimentos em suspensão, além da retomada dos processos erosivos.

3.6.3 Erosão fluvial marginal ou lateral

A erosão fluvial é resultado da mudança no fluxo e na carga de sedimentos do canal, provocando a erosão do fundo e das margens do canal. Christofolletti (1981) classifica a erosão fluvial como um importante fenômeno que atua em todo o leito do rio. Ela é responsável pela retirada de detritos do fundo e das margens do canal, fazendo com que passem a integrar a carga sedimentar transportada pelo fluxo.

A capacidade de erosão das águas de um rio depende da sua velocidade e turbulência, do volume e das partículas transportadas em suspensão, saltação e rolamento (CUNHA, 2007). Os processos erosivos podem ser classificados em corrosão, abrasão ou corrasão, cavitação, arranque.

A corrosão engloba os processos químicos que ocorrem como reação entre a água e as rochas, que constituem a carga de fundo, além de abranger as reações químicas entre a água e a carga detrítica transportada pelo leito em suspensão (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Para Lima (2009), a corrosão não é considerada um processo erosivo em si, mas um conjunto de processos ou ações que facilitam a erosão pela cavitação, arranque e corrasão, mas o autor ressalta que o intemperismo pode liberar soluções que reduzem a massa das rochas.

O processo erosivo da corrasão ou abrasão ocorre devido ao atrito entre as partículas em suspensão, nas margens e no fundo do canal, o que ocasiona a diminuição da rugosidade do leito. A corrasão é um processo lento, no qual a remoção dos grãos ocorre pelo efeito das correntes. O processo erosivo pode ser acelerado através do aumento da velocidade do fluxo em períodos de cheia no canal, quando o processo se torna mais intenso devido ao aumento da turbulência do fluxo (ROCHA; SOUZA FILHO, 1996).

A cavitação ocorre sob condições de velocidade elevada da água (corredeiras e quedas d'água), criando condições de fragmentação da rocha pelas variações de pressão (CHRISTOFOLETTI, 1981). Barnes (1956, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1981) explica que este processo ocorre devido à diminuição da pressão da água num canal, pelo aumento da velocidade do fluxo, o que possibilita a formação de bolhas. Estas ao estourarem junto ao leito e as margens do canal liberam uma grande energia de impacto, que promove a fragmentação das rochas.

A erosão por arranque hidráulico é ocasionada pela força do fluxo fluvial que age no sentido de destacar fragmentos do leito e das margens, sem a ação do fluxo de sedimentos. Esse processo requer a presença de blocos de rochas delimitados por descontinuidades estruturais, tais como fraturas e planos de acamamento, nas margens fluviais (LIMA, 2009).

Os rios podem erodir seus canais verticalmente, aprofundando o talvegue, ou lateralmente, alargando o canal. O processo de aprofundamento do canal é denominado de erosão vertical ou do fundo do leito e o de ampliação da largura do canal, erosão lateral ou marginal.

A erosão marginal desempenha um importante papel no controle da largura do canal, além de contribuir para o incremento da carga do canal (THORNE; TOVEY, 1981).

A erosão das margens também possui uma importância econômica devido à perda de terras cultiváveis, à perda da proteção de estruturas construídas próximas ou sobre os canais fluviais, como rodovias e pontes, e na perda de empreendimentos comerciais e residenciais construídos próximos ao leito (FERNANDEZ; FULFARO, 1993).

Segundo Thorne e Tovey (1981), os fatores que condicionam a erosão das margens são os mais variados, destacando-se o tamanho, a geometria e a estrutura da margem, as propriedades mecânicas do material, as características hidrodinâmicas do fluxo nas proximidades das margens e as condições climáticas.

As características hidrodinâmicas incluem a variação do nível da água, a turbulência e a variação da velocidade, sendo que a variação do nível do rio é considerado um dos fatores mais importantes na erosão marginal, pois controla a atuação das forças do canal sobre os materiais das margens (ROCHA; SOUZA FILHO, 1996). Por isso, a erosão das margens é mais intensa em condições pluviométricas adversas, quando há acentuadas variações na altura do nível das águas fluviais.

Park (1977, *apud* SANTOS; PINHEIRO, 2002) chama a atenção para a ação do homem na aceleração dos processos de erosão marginal. Segundo o autor, o homem pode atuar em locais específicos, interferindo diretamente no canal - extração de areia e obras de engenharia - ou em toda a bacia hidrográfica - modificações na cobertura vegetal e uso da terra.

A extração de areia altera as linhas de talvegue do canal, modifica as direções das principais linhas de fluxo e, conseqüentemente, a distribuição espacial dos processos de erosão e de deposição do rio (ROCHA; SOUZA FILHO, 1996).

As transformações ambientais na bacia ocorrem através do desmatamento, das mudanças no uso da terra e da urbanização, que alteram o equilíbrio das encostas, aumentando o volume do escoamento superficial e da carga detrítica que chega aos canais, comprometendo a estabilidade das margens (SANTOS; PINHEIRO, 2002).

O processo de erosão fluvial é uma resposta do canal às transformações ambientais sofridas buscando atingir um novo estado de equilíbrio (SANTOS; PINHEIRO, 2002; CUNHA; GUERRA, 2006).

Os processos erosivos marginais podem ser classificados em corrasão ou abrasão, escorregamento (deslizamento) rotacional, desmoronamento e solapamento (FERNANDEZ; FULFARO, 1993; ROCHA; SOUZA FILHO, 1996; ARAÚJO; ROCHA, 2008).

O processo de corrasão ou abrasão, como mencionado anteriormente, ocorre devido ao atrito entre as partículas em suspensão e as margens do canal. O escorregamento rotacional é definido como um movimento rápido, com massa de solo ou de sedimentos bem definida quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora da margem, ao longo de uma superfície de ruptura (GUIDICINE; NIEBLE, 1984)

O desmoronamento é caracterizado pela queda livre e rápida dos blocos de sedimentos por causa da força de gravidade a partir das faces dos barrancos, que podem ocorrer por basculamento, quando o bloco desmorona sem ocorrer prévio solapamento e por cisalhamento, quando o bloco de terra desmorona seguindo o plano vertical do barranco (FERNANDEZ; FULFARO, 1993).

O processo de solapamento se caracteriza pela remoção dos sedimentos na base das margens ou criação de pequenas cavidades localizadas aleatoriamente nas margens dependendo apenas do nível que o fluxo atinge, principalmente nas cheias (ARAÚJO; ROCHA, 2008).

3.6.4 Movimentos de Massa

Os movimentos de massa são considerados por Bigarella *et al.* (2003), como os mais importantes processos geomórficos modeladores da superfície terrestre. Selby (1993) o caracteriza como movimento de solo ou de material rochoso encosta abaixo sob a influência da gravidade, sem contribuição direta de outros fatores como água, ar ou gelo. Entretanto, água e gelo geralmente estão envolvidos em tais movimentos, reduzindo a resistência dos materiais e interferindo na plasticidade e fluidez dos solos.

Há uma gama de proposta para a classificação desses movimentos, devido à complexidade dos fenômenos, que envolve uma grande variedade de materiais e processos, juntamente com as rápidas transformações que ocorrem nas cicatrizes resultantes dos processos erosivos e nas transformações antrópica (FERNANDES *et al.*, 2001) ou pelo fato de muitas vezes ocorrerem combinações de dois ou mais processos (DIAS; HERRMANN, 2002)

Fernandes e Amaral (2006) apresentam alguns critérios para classificar os movimentos de massa, tais como o tipo de material, a velocidade e o mecanismo de movimento, o modo de deformação, a geometria da massa movimentada e o conteúdo de água. Estes autores classificam os movimentos de massa em corridas, deslizamentos ou escorregamentos e quedas de blocos. Guidicini e Nieble (1984) classificam os movimentos de massa em: escoamentos densos (rastejo e corrida de terra, de lama ou de detritos), escorregamentos (rotacionais e translacionais), queda de blocos e queda de detritos, subsidências, recalques e desabamentos, e por último as formas de transição e movimentos complexos. Já Cunha (1991) classifica como movimentos de massa os rastejos, corridas de massa, escorregamentos, quedas e tombamentos.

Neste trabalho optou-se por distinguir os tipos genéricos, utilizados por Vieira (2008) e citado por Dias e Herrmann (2002), que são os rastejos, as corridas, os deslizamentos (escorregamentos) e as quedas de blocos,

Os rastejos ou *creep* são definidos por Bigarella *et al.* (2003) como movimentos imperceptíveis ou muito lentos, de caráter mais ou menos contínuo, da camada superficial do solo, perceptível somente em observações de longa duração.

Já para Cunha (1991), esse movimento pode ocorrer tanto nos horizontes superficiais como nos mais profundos, sendo responsável pela abertura de fissuras no solo e possui uma superfície de ruptura bem definida.

Segundo Bigarella *et al.* (2003), as causas para que esse processo ocorra são as mais variadas, podendo ser ocasionado pelas variações sazonais de temperatura e umidade, pelo congelamento e degelo, pela alternância de períodos úmidos e secos, pisoteio de animais, pelo crescimento das raízes das plantas e ações humanas, mas ele também pode ocorrer em solos que se deformam pelo próprio peso, como os solos argilosos.

O início desse movimento está relacionado a mudanças no teor de água no solo, podendo cessar em épocas secas e para que ele ocorra é necessário que o material superficial apresente certa plasticidade (GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

As corridas (*flows*) ou fluxos são movimentos rápidos, associados à concentração dos fluxos de água superficial em certo local da vertente, constituídos por materiais com aparência altamente viscosa, que não possuem uma superfície de ruptura definida (FERNANDES e AMARAL, 2006).

Segundo Cunha (1991) e Bigarella *et al.* (2003), as corridas possuem um alto poder destrutivo e de transporte, além de um extenso raio de alcance, podendo afetar pequenas áreas

até extensões de vários hectares, ocasionados por elevados índices pluviométricos.

Esse fato pôde ser observado no evento ocorrido em dezembro de 1995 no sul do estado de Santa Catarina, estudado por Pellerin *et al.* (1997a), que deixou 29 vítimas fatais e centenas de desabrigados.

As corridas, normalmente, ocorrem em áreas escarpadas, com solos rasos e grandes descontinuidades hidrológicas que facilitam a infiltração da água no solo. Geralmente os materiais movimentados (solo, rocha, e restos vegetais) são transportados seguindo os canais fluviais, comportando-se como fluidos altamente viscosos (CRISTO; HERRMANN, 2002).

As corridas são classificadas por Fernandes e Amaral (2006) como fenômenos complexos, porque muitas vezes se originam a partir de um deslizamento anterior, quando o material ganha mais água e escoar encosta abaixo, às vezes alcançando o rio. Para os autores, quando há apenas o acúmulo de água concentrada num local da encosta pode ocorrer uma corrida simples, que se constitui no transporte contínuo de material terroso da encosta.

Os deslizamentos ou escorregamentos são hierarquizados como a classe mais importante dentre todas as formas de movimentos de massa que modelam a paisagem (FERNANDES; AMARAL, 2006). Eles são caracterizados por movimentos rápidos, de curta duração, com plano de ruptura bem definidos (tanto lateralmente, quanto em profundidade), permitindo a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado (FERNANDES; AMARAL, 1996; CUNHA, 1991). O material envolvido pode ser constituído por solos, depósitos de encosta (colúvio), rochas, detritos ou até lixo doméstico (FERNANDES; AMARAL, 2006).

De acordo com a forma da superfície de ruptura, os escorregamentos podem ser classificados em translacional ou rotacional. Os deslizamentos translacionais (em pranchas) possuem superfície de ruptura com forma planar, normalmente acompanham as descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas existentes no interior do material, e podem ser resultantes de processos geológicos (acamamentos, foliações, falhas, fraturas), geomorfológicos (depósitos de encosta) e pedológicos (contato entre horizontes) (FERNANDES; AMARAL, 2006).

Os movimentos translacionais costumam ser compridos e rasos e estão associados a uma dinâmica hidrológica mais superficial. As rupturas tendem a ocorrer rapidamente, devido ao aumento da poro-pressão positiva durante períodos de precipitação excepcional ou em período de precipitação moderada, mas contínua.

Os deslizamentos rotacionais (*slumps*) possuem sua superfície de ruptura curva, côncava para cima (topo se aprofunda e a base projeta-se para fora), ocorrendo em locais com espesso manto de alteração (FERNANDES; AMARAL, 2006).

Esse movimento também é determinado pelas discontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas resultante dos processos geológicos, geomorfológicos e pedológicos citados no movimento translacional. O início do processo, muitas vezes, ocorre devido a cortes na base das encostas para construções de estradas e moradias ou provocados por erosão fluvial ou marinha (FERNANDES; AMARAL, 2006).

Cunha (1991) também classifica os deslizamentos em induzidos, que são aqueles movimentos que ocorrem em encostas ocupadas, cuja deflagração é potencializada pelo homem e que pode vir a mobilizar materiais produzidos pela própria ocupação como entulho de construção, lixo doméstico, etc.

As quedas de blocos são caracterizadas como movimentos extremamente rápidos de blocos e/ou lascas de rocha pela ação de gravidade sem a presença de uma superfície de deslizamento, na forma de queda livre (CUNHA, 1991). Este movimento é favorecido pela presença de discontinuidades na rocha, como fraturas e bandamentos composicionais, e pelo avanço do intemperismo físico e químico (FERNANDES; AMARAL, 2006).

Segundo Brasil (2007), a ocorrência desse processo está condicionada à presença de afloramentos rochosos em encostas íngremes e cortes nas encostas. Este autor classifica a queda de blocos em dois processos, que são o rolamento e o tombamento.

O rolamento é característico de área com rochas graníticas, devido à maior predisposição para a presença de matações expostos ou isolados em superfície. A modificação da encosta, através da escavação e da retirada do apoio, decorrente do processo de ocupação é a ação mais comum para o desencadeamento desses processo. Já o tombamento ocorre em encostas rochosas íngremes, com discontinuidades (fraturas, diáclases) verticais, ocorrendo principalmente em cortes de encostas, onde a mudança na geometria acaba desconfinando estas discontinuidades, o que propicia o tombamento das paredes rochosas (BRASIL, 2007).

Os fatores condicionantes dos movimentos de massa estão relacionados à estrutura geológica, as características dos materiais envolvidos, à morfologia da encosta, ao regime de chuvas, à perda de vegetação e as atividades antrópicas (LUIZ, 1996; AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998; HERRMANN, 1999; FERNANDES *et al.*, 2001; DIAS; HERRMANN, 2002; BIGARELLA *et al.* 2003; LUIZ, 2003; HERRMANN; PELLERIN; SAITO, 2004).

Com relação à estrutura geológica consideram-se os aspectos litológicos; os padrões de fratura, diáclase, xistosidade e dobramentos, que condicionam o surgimento de descontinuidades mecânicas e hidrológicas.

As características dos materiais como a granulometria, porosidade, permeabilidade, resistência ao cisalhamento entre outros também são responsáveis pelas descontinuidades acima citadas, que determinam a estabilidade natural dos materiais da encosta.

A morfologia da encosta, como a forma, o comprimento, a altura e a inclinação da mesma, a área de contribuição e os depósitos de encostas também condicionam a ocorrência desses movimentos.

Os aspectos climáticos dizem respeito ao regime das chuvas, ou seja, à quantidade e intensidade da precipitação. A alta pluviosidade é um dos principais fatores desencadeadores do processo; uma forte pancada de chuva durante um curto intervalo de tempo, antecedida de dias secos, tem grande probabilidade de provocar deslizamentos, da mesma forma que uma precipitação intensa sobre uma superfície já saturada (HERRMANN, 1999). Isto significa que é necessário levar em consideração o tempo de duração das chuvas, a condutividade hidráulica e o grau de saturação dos solos (HERRMANN, 1999; LUIZ, 2003).

O uso do solo é um importante condicionante na deflagração dos movimentos de massa. A retirada da vegetação deixa o solo exposto à ação direta das águas das chuvas, permitindo uma maior infiltração de água no solo. Os cortes e aterros executados para construção de residências e ruas, sem avaliação técnica, modificam a forma da encosta, aumentam o seu ângulo de inclinação e modificam a geometria das forças atuantes no equilíbrio da mesma, além de desestabilizar a cobertura superficial (CRISTO; HERRMANN, 2002, LUIZ, 2003).

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1 LEVANTAMENTO E SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS E MATERIAIS CARTOGRÁFICOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizados levantamentos bibliográficos sobre as características físicas e sobre a ocupação da área de estudo; sobre os conceitos utilizados nesta pesquisa (evento, desastre, acidente, perigo, suscetibilidade, vulnerabilidade e risco); bem como sobre os fenômenos estudados e seus condicionantes.

Também foi realizado um levantamento do material cartográfico existente da área de estudo para a elaboração da base cartográfica. A área de estudo conta com uma imagem SPOT 5 de 2004, da bacia hidrográfica do Biguaçu, com resolução de 2,5 m e a carta topográfica do município na escala de 1:25.000, que foi elaborada pelo Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DENIT), pela Companhia de Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina (CODESC) e pela Engenharia e Mapeamento Ltda (ENGEMAP) do ano de 2005.

Além disso, a área de estudo conta com o levantamento aéreo na escala de 1:25.000 dos anos de 1957, 1978, fornecidos pela Secretaria de Planejamento e levantamento aéreo da área urbana de Antônio Carlos, na escala de 1: 8000 do ano de 2000 cedida pelas Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC).

Os dados dos eventos adversos que ocorreram na área de estudo entre os anos de 1980 e 2010, foram obtidos a partir dos relatórios de avaliações de danos, da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina (DEDC/SC), que são preenchidos pelas prefeituras. Estes dados foram levantados também a partir de pesquisas em jornais e entrevistas com os moradores que vivenciaram tais eventos.

Os totais de precipitação diária foram obtidos na Agência Nacional de Águas (ANA) e na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM), provenientes da Estação Meteorológica de São José (nº. 83897) e de Antônio Carlos (nº. 2748016).

Os dados da estação meteorológica de Antônio Carlos foram utilizados para obter a precipitação anual e a distribuição média mensal (1977 a 2009), e os totais de precipitação diários para a análise do tipo de precipitação dos meses que ocasionaram desastres na cidade de Antônio

Carlos (1980 a 2010). Para cada mês foi gerado um gráfico da precipitação diária, que foi relacionado a um tipo de tempo atuante no momento da precipitação.

Os dados de maré foram utilizados para complementar a análise sobre os eventos adversos na cidade de Antônio Carlos, pois a maré alta ocasiona o represamento do rio em sua foz, e em associação com as precipitações concentradas, elas podem potencializar as inundações. Mas devido à falta dos totais horários de chuva não se pode estimar o tempo de duração das chuvas e relacioná-las corretamente com as alturas horárias das marés, para saber se estas auxiliaram ou não no episódio de inundação.

Esses dados foram obtidos no Centro de Hidrografia e Navegação (CHN) através do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), referentes à estação 60245 do porto de Florianópolis, que está localizada nas coordenadas 27°35'3" Sul e 48°33'4" Oeste.

4.2 TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo foram realizados para auxiliar a fotointerpretação; atualizar dados de uso da terra; identificar feições erosivas e deposicionais e os mecanismos de atuação dos processos; identificar e mapear as áreas suscetíveis aos fenômenos perigosos; identificar áreas com registro de acidentes e quais os elementos em risco e identificar as intervenções humanas que possam aumentar ou induzir os fenômenos perigosos.

4.3 ATIVIDADES DE GABINETE

Nesta etapa da pesquisa foi utilizado o Laboratório de Cartografia e Fotogrametria para a interpretação das fotos aéreas de 1957, 1978 e de 2000. Para a confecção dos mapas foi utilizado o programas de processamento de dados geográficos *ArcGis* 9.3.

Para a confecção do mapa da bacia hidrográfica foi utilizada a base cartográfica 1:25.000 do DENIT/CODESC/ENGEMAP (2005). Foi realizada a interpretação das fotos aéreas de 1957 e 1978 para a identificação dos antigos cursos dos rios antes do processo de retificação; a interpretação da imagem SPOT 5 de 2004 para corrigir erros de vetorização da rede de rios contidos na base cartográfica. Sobre esta imagem também foram vetorizadas o sistema viário da bacia e as localidades que a compõem. Dessas informações resultou o mapa da bacia do rio Biguaçu na escala de 1:50.000.

O mapa geomorfológico foi confeccionado na escala 1:10.000, a partir da interpretação das fotografias aéreas do ano de 2000 (escala 1:8.000) e da imagem de satélite SPOT 5, além das verificações em campo.

Primeiramente foram vetorizados os polígonos do modelado de dissecação em montanha e morraria e modelado de acumulação fluvial. Depois foram vetorizados os interflúvios convexizados e angulosos, os colos ou selas e os topos convexos, as formas de relevo em depressão fechada, anfiteatro, deslizamentos (atuais e cicatrizes), ombreiras, terraços e meandros abandonados e, as formas antropizadas - meandros abandonados pela retificação dos rios, talude de corte, aterros e terraplenagem.

Após essa etapa, foi feita a edição final com a inserção da rede hidrografia, dos lineamentos, da malha viária, dos símbolos que representam os locais com extração de areia e de saibro.

A imagem de satélite foi recortada através da ferramenta *Extraction by Mask* do programa *ArcGis 9.3*, para obter apenas a área de estudo. Foi recortada uma área maior que a área urbana para se ter uma noção do relevo que a circunda e dos processos que ali ocorrem.

Para a análise e espacialização dos fenômenos perigosos foi confeccionado um único mapa, no qual foram vetorizadas as áreas de ocorrência de cada fenômeno. As áreas alagadas foram vetorizadas a partir da magnitude dos eventos de janeiro de 2008 e março de 2010.

Para vetorizar as áreas suscetíveis à inundação foram criados dois polígonos. Um que representa a extensão da inundação de janeiro de 2008 e outra a inundação de novembro do mesmo ano, além de levar em consideração as características do terreno, como as formas de terraço e os meandros abandonados.

Para as áreas sujeitas à erosão marginal foram vetorizados polígonos nas áreas erodidas nos eventos citados acima e nas margens convexas dos rios. Para as áreas suscetíveis aos deslizamentos foram vetorizados os cortes nas encostas, formas de anfiteatro e cicatrizes de processos erosivos.

O mapa de suscetibilidade aos fenômenos perigosos foi plotado na escala 1:10.000, sendo utilizado o mesmo recorte do mapa de geomorfologia, porém apenas foram vetorizadas as informações referentes à área de estudo. Essas informações foram sobrepostas à imagem SPOT 5 e para a visualização das informações da área sob os polígonos foi aplicada uma transparência de 50% para os *layers* da inundação e dos deslizamentos. A área alagada foi representada através de um polígono tracejado, pois esta fica sobreposta à área inundada em alguns trechos.

Para a análise dos riscos a esses fenômenos (alagamentos, inundação, erosão marginal e deslizamentos) foi utilizada a proposta metodológica de Brasil (2007). Nesta metodologia a análise da vulnerabilidade está centrada na tipologia da construção, ou seja, se a casa é de alvenaria, madeira ou mista, pois para os autores, uma casa de madeira é mais vulnerável a um deslizamento do que uma casa de alvenaria, por exemplo.

Isto pode ser comprovado pelo deslizamento de terra e rocha que ocorreu em um determinado local da área de estudo. O bloco de rocha atingiu uma residência de alvenaria que teve sua estrutura danificada, se o bloco tivesse deslizado sobre a residência ao lado, que é uma residência mista, os danos teriam sido maiores.

Existem outros métodos para analisar a vulnerabilidade, como aqueles que utilizam os dados censitários. Como exemplo da aplicação deste método pode-se citar os trabalhos de Cutter, Mitchell e Scott (2000), que utilizaram os dados censitários para estabelecer a vulnerabilidade social do Condado de Georgetown, no estado da Carolina do Sul, nos Estados Unidos e, o trabalho de Cutter, Boruff e Shirley (2003) que criaram o Índice de Vulnerabilidade Social dos Condados dos Estados Unidos, tendo como base os dados censitários do ano de 1990.

Para esta pesquisa foi levada em consideração a tipologia das residências e prédios públicos, as obras de infra-estrutura (pontes e ruas) e a atividade agrícola.

A proposta metodológica de Brasil (2007) cria critérios para a análise dos riscos a movimentos de massa, erosão marginal e inundações. Esta proposta cadastra as áreas de risco a esses movimentos e posteriormente as classifica em graus (níveis) de risco.

Devido à escala de trabalho (1:10.000) e ao tempo para o desenvolvimento desta pesquisa, foi realizada apenas a hierarquização das áreas de risco, ligados aos deslizamentos e à inundação. As áreas de risco a alagamentos e erosão marginal foram classificadas como possuindo risco ou não a esses processos.

Para mapear as áreas de risco foram criados dois mapas, um contendo os fenômenos que causam risco no compartimento da planície e outro na encosta. No primeiro mapa, aparecem as áreas de risco a alagamentos, inundações e erosão marginal. Em alguns pontos estes riscos se sobrepõem, como por exemplo, as margens dos canais, que estão sujeitas à erosão marginal e às inundações e as áreas de risco à inundação e alagamentos sobre a Rua Adão Reitz.

O mapa de risco referente às encostas possui apenas um fenômeno perigoso analisado nesta pesquisa, os deslizamentos. Outro fenômeno que ocorre no compartimento das encostas é o escoamento superficial concentrado, responsável pelos sedimentos depositados nas ruas do

centro da cidade durante a precipitação excepcional do dia 25 de março de 2010. Este fenômeno não foi analisado nesta pesquisa devido ao tempo para o seu desenvolvimento de seu estudo.

Para a análise e mapeamento do risco a alagamentos foi considerada a magnitude dos eventos de janeiro de 2008 e março de 2010, pois estas áreas não estavam ocupadas em eventos passados ou possuíam menos elementos vulneráveis (residências). Foram consideradas a quantidade de residências e casas de comércio atingidas e a probabilidade de maiores danos num evento futuro de maior magnitude.

Para análise e mapeamento do risco à inundação foi considerada a magnitude do evento de janeiro de 2008, que se assemelha à magnitude dos eventos de novembro de 1991 e janeiro de 1997. Foi analisado o alcance e a extensão do fenômeno, os impactos dos processos, as estruturas criadas para enfrentar o fenômeno (aterros, casas em palafitas) e a estimativa de prováveis perdas e danos através de eventos passados. O risco à inundação foi classificado em três níveis: baixo, médio e alto.

O risco baixo foi caracterizado pelas áreas que não foram inundadas no evento de janeiro de 2008, por se encontrarem em uma cota topográfica natural mais alta ou por estarem localizadas sobre aterros. Mas isto não significa que estas áreas não estejam sujeitas a eventos futuros de maior magnitude.

Em campo foram observados que alguns desses aterros possuem entre 1 m e 1,5 m de altura, ficando mais altos que o restante da planície. Por isso, com base nos trabalhos de campo foram vetorizados os aterros mais espessos que não foram atingidos no evento de janeiro de 2008, pois se entende que para eventos de igual magnitude, estas áreas não possuem risco.

Para o risco alto foram vetorizadas as áreas que primeiro foram inundadas em janeiro de 2008. Estas áreas, na maioria das vezes, coincidem com as formas de terraço e com os meandros abandonados. As áreas que foram inundadas em um segundo momento foram classificadas como de risco médio.

Para a análise e mapeamento do risco à erosão marginal foram analisados a extensão dos processos erosivos e o solapamento das margens, a distância das moradias e das vias públicas, a possibilidade de destruição delas e as perdas econômicas (terreno, produção agrícola). As margens côncavas dos rios e as áreas erodidas pelos eventos ocorridos durante o desenvolvimento desta pesquisa foram classificadas como de risco à erosão marginal.

Para a análise do risco aos deslizamentos foram mapeadas e analisadas as áreas que possuem cortes nas encostas, com residências e vias públicas próximas e as áreas que

apresentam formas de anfiteatro e sinais de instabilidade, como cicatrizes de deslizamentos e degraus de abatimento. O risco a deslizamento foi classificadas em 3 níveis: baixo, médio e alto.

As áreas classificadas como de risco baixo são as que possuem a forma natural da encosta; as de risco médio são todas as áreas ocupadas que possuem corte nas encostas, independente da profundidade e da declividade deste, pois os cortes aumentam o ângulo de inclinação, modificam a forma e a geometria das forças que atuam no seu equilíbrio, e os de risco alto são as áreas ocupadas que possuem algum deslizamento ou cicatriz desse processo, ou sinais que evidenciam a movimentação da encosta.

Além disso, foi analisada a distância da moradia em relação à base do corte, à sua geometria, à situação das águas servidas, se possuía vegetação ou não, se há alguma estrutura de contenção e prováveis perdas e danos.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS

5.1.1 Clima

De acordo com os parâmetros de Köppen (SANTA CATARINA, 1986), o clima do Município é do tipo Cfa (temperado úmido), com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com um acentuado aumento da precipitação entre os meses de dezembro a março (Figura 5.1), apresentando médias anuais de 1884,37 mm, segundo os dados da Estação meteorológica de Antônio Carlos. As temperaturas médias variam entre 16,3°C no inverno e 24,6 °C nos meses de verão (SANTA CATARINA, 1986).

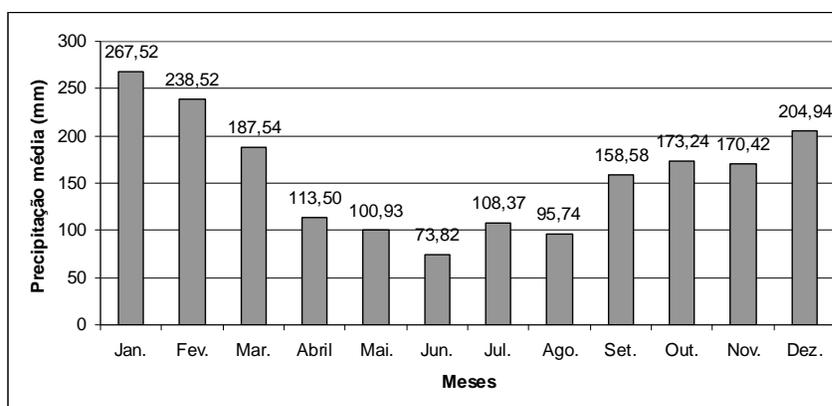


Figura 5.1- Distribuição da precipitação média mensal de 1977 a 2009.

As médias anuais de precipitação variam muito de lugar para lugar, pois depende dos sistemas atmosféricos que atuam sobre a região e a configuração do relevo. A média anual para Antônio Carlos é de 1884,37 mm para uma série de 32 anos (Figura 5.2). Já Herrmann (1999) encontrou uma média anual de 1439,12 mm de precipitação para uma série de 71 anos de dados da Estação Meteorológica de São José e Cardozo (2009) encontrou uma média anual de 1740,2 mm de chuva para a mesma estação, considerando os dados de 1980 a 2008.

Como pode ser observado na Figura 5.2 e na Tabela 5.1, os anos mais chuvosos foram o de 1983, com 3.627,9 mm, ocasionado pela influência do fenômeno *El Niño* (HERRMANN, 1999) e, o ano de 2008 (2.401,9 mm), devido às chuvas dos meses de janeiro e novembro, que estão destacados na Tabela 5.1. Os anos mais secos foram o de 2003, 2006 e 1988 que

apresentaram 1199,8 mm, 1230,8 mm, e 1245,09 mm, respectivamente, também destacados na Tabela 5.1.

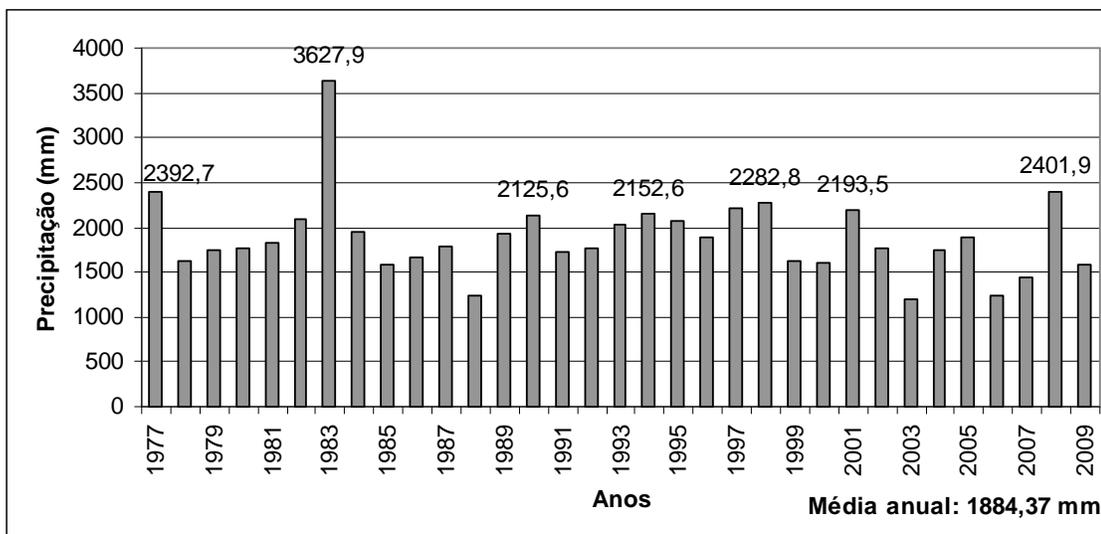


Figura 5.2 – Precipitação anual de 1977 a 2009

A estação mais chuvosa é o verão (janeiro, fevereiro e março), com média de 231,19 mm precipitados, seguido da primavera (outubro, novembro e dezembro) com 182,86 mm, do inverno (julho, agosto e setembro) com 120,89 mm e o outono (abril, maio e junho) com 96,08 mm (Figura 5.1). Diferente dos dados encontrados por Herrmann (1999), em que a estação menos chuvosa é o inverno. Isto é explicado pelo índice pluviométrico dos meses de julho de 1983, ano de *El Niño* e pela precipitação excepcional do mês de agosto de 1984, como pode ser observado na Tabela 5.1, onde são apresentados os totais mensais de 1977 a 2009.

Ao comparar os dados pluviométricos da estação de Antônio Carlos e de São José presente nos trabalhos de Herrmann (1999) e Cardozo (2009) é visível um aumento no valor das precipitações na estação de Antônio Carlos. Isto ocorre em decorrência da conformação do vale e das elevações da bacia, que podem chegar a quase 900 m de altitude, o que propicia um maior volume pluviométrico no contraforte destas elevações, pois há a ascensão das massas de ar, gerando chuvas orográficas na região, como já havia sido analisado por Fortes (1996) e Testa (2006).

Tabela 5.1 - Total mensal de precipitação (1977- 2009)

Meses	Anos																
	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Jan.	257,4	225,3	62,1	232,8	220,7	181,1	436,5	260,1	290,8	205,7	216,4	337,3	391,1	296,9	195,5	281,2	342,8
Fev.	313,3	231,8	239,8	164,1	179,6	388,7	452,3	132	268	273,1	275,2	104,4	142,7	265,3	147,4	260	356
Mar.	126,2	163,2	144,1	188,89	228,3	469,1	196,9	157,1	192,7	81,8	153,3	196,6	267,1	253,5	105,1	240	186,4
Abril	118,2	13,2	128,3	72,9	138,5	148	278	123	138,9	160,1	105,6	104,6	156,9	121,3	83,5	32,7	137,9
Mai.	30,8	47,7	140,8	48,3	131,9	132,2	290,4	104,6	35,6	70,5	175,7	106,9	146,7	112,2	61,7	254	105,2
Jun.	30,4	68,5	41,8	79,6	73,2	156,4	196,9	102	16	21	69,6	42,2	36,7	102,8	104,3	91,4	51,6
Jul.	53,5	71,4	57	203,9	127,4	45	605,6	106,6	49,8	70,6	74,9	7,09	84,7	143,3	15,6	191,7	186,8
Ago.	358,6	76,9	74,2	155,4	39,7	76,8	107,6	306,9	42,8	43,1	136,7	8,7	45,4	117,5	136,6	115,9	10,8
Set.	344,6	185,3	172,9	137,2	68,1	24,3	163,6	175,3	67,9	128,3	69,1	112,4	206,1	235,9	27,8	86,2	244,8
Out.	271,4	112,9	342,7	248,1	355,8	173,3	81,2	84,1	152,9	197,7	229,3	71,5	86,1	154,8	228	36,6	115,2
Nov.	256,2	150,6	194,4	97,9	110,7	215,1	376,2	309,8	235,7	168,6	95,4	44,1	100,9	187,1	346,4	137,2	14,7
Dez.	232,1	280,5	155,5	319,6	292,7	86,4	442,7	91	86,3	239,1	192,8	109,3	259,2	135	272,9	47,9	274,1
Total	2392,7	1627,3	1753,6	1759,8	1834,7	2096,4	3627,9	1952,5	1577,4	1659,6	1794	1245,09	1923,6	2125,6	1724,8	1774,8	2026,3

Meses	Anos																
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Média
Jan.	220,8	365,2	302	665,3	395,9	190	315,6	171,8	288	73,9	270,5	153,2	298,2	157,9	62,3	271,7	267,52
Fev.	456,1	301	304,4	213	301,5	254,8	202,7	290,6	167,9	152	159,7	188,9	131,7	104,4	318,4	318,4	238,52
Mar.	368,2	175,3	195,7	74,5	162,9	148,7	195,6	150,6	164,3	145,3	194,7	143,9	106,5	269	239,8	239,8	187,54
Abril	163,8	57,2	51,3	80,4	169,2	49,4	79,7	160,4	194,2	74,5	130,1	131,2	70	51,7	151,3	151,3	113,50
Mai.	195,2	9,9	13,8	50,1	58	76,2	22,6	216,3	65,7	30,5	149,9	183	28,6	79,8	92,5	92,5	100,93
Jun.	88,1	147,1	142	38,7	82,5	106,1	64,6	105,4	35,3	83,2	94,5	35,8	30,3	3,9	65,8	65,8	73,82
Jul.	168,1	56,5	108,1	78,3	88,8	152	44,8	103,2	89,3	34,8	118,9	82,9	41	183,8	8,9	8,9	108,37
Ago.	17	75,4	103,7	53,3	288,4	15	21,8	40,1	125,4	11,6	29,1	136,5	73,3	95,2	77,6	77,6	95,74
Set.	9,1	113,9	243,4	171,1	273,3	106,5	156,1	398	96,2	107,8	155,7	342,2	66	117,7	201,5	201,5	158,58
Out.	160,2	138,1	102,8	391,4	127,8	217,1	142,2	264,5	191,8	129,3	125,2	206,2	82,8	166,8	218,1	218,1	173,24
Nov.	110	62,1	84,6	222,7	111,3	153,6	98,1	127,5	158,8	129,6	135,8	123,1	151,8	113,1	628,3	628,3	170,42
Dez.	196	571,1	245,8	165,6	223,2	150,7	254,6	165,1	195,7	227,3	189,4	156,8	150,6	88,2	128	128	204,94
Total	2152,6	2072,8	1897,6	2204,4	2282,8	1620,1	1598,4	2193,5	1772,6	1199,8	1753,5	1883,7	1230,8	1431,5	2401,9	2401,9	1884,37

Fonte: Estação meteorológica de Antônio Carlos (SC), organizados pela autora.

A área central do litoral de Santa Catarina, onde se encontra a área de estudo, sofre a atuação das massas de ar tropical continental (mTc) e atlântica (mTa), polar atlântica (mPa) e equatorial continental (mEc), além das frentes frias (MONTEIRO; FURTADO, 1995). Estes sistemas atmosféricos juntamente com os vórtices ciclônicos, os cavados de níveis médios, a convecção tropical e a disposição do relevo são responsáveis por regular a distribuição, a intensidade e a frequência das precipitações pluviométricas durante todo o ano, além de influenciar na temperatura (MONTEIRO, 2001).

A mTa atua durante o ano inteiro, mas é mais freqüente na primavera e no verão, enquanto que as Massas Polares, atlântica (mPa) ou pacífica (mPp), atuam com maior freqüência no outono e no inverno. A mTa é uma massa de ar quente, de circulação essencialmente marítima (úmida). A mPa é uma massa de ar frio de origem oceânica, que se desloca para o norte com trajetória marítima no verão e continental no inverno. A mPp possui atuação indireta na região Sul, praticamente, no inverno, quando reforça a formação da Frente Polar Atlântica (FPA), ao sul do continente americano (MONTEIRO; FURTADO, 1995; MONTEIRO, 2001).

No **verão**, as massas polares estão enfraquecidas, o que propicia a invasão das massas tropicais (mTa) no continente, que proporcionam dias agradáveis, com pouca nebulosidade, ventos frescos, umidade relativa em torno de 90% pela manhã, mas que a tarde pode atingir 70%. A temperatura pode atingir a máxima superior a 30°C e a mínima superior a 20°C (MONTEIRO; FURTADO, 1995).

Esse elevado calor associado aos altos índices de umidade favorece a formação das chuvas de convecção tropical, geralmente no período da tarde. A passagem das frentes no oceano pode aumentar essa convecção, resultando em tempestades caracterizadas por chuvas intensas com descargas elétricas, rajadas de ventos e, às vezes, granizo (MONTEIRO, 2001).

A mTc possui baixa umidade, o que dificulta a formação de nebulosidade. A sua onda de calor pode atingir todo o leste catarinense. Os dias sob efeito desta massa são desagradáveis devido às elevadas temperaturas e os ventos de pouca intensidade. A sua temperatura máxima é superior a 30°C e a mínima acima de 22°C (MONTEIRO; FURTADO, 1995).

A mEc desloca-se do norte amazônico até o sul do país, através de grandes cavados (áreas alongadas de baixa pressão). A sua presença deixa a umidade do ar elevada, formando uma nebulosidade que se desloca de NW para SE, acompanhada de trovoadas e rajadas de vento (MONTEIRO; FURTADO, 1995).

No **outono** ocorrem os bloqueios que impedem a passagem das frentes no Rio Grande do Sul (MONTEIRO, 2001). Nesta região, elas são desviadas para o oceano e os dias são estáveis, com tempo bom e sem muita ocorrência de chuvas, devido à diminuição da convecção.

Essa diminuição da precipitação pode provocar em alguns lugares pequenas estiagens, que podem ser intensificadas em anos de La Niña (MONTEIRO, 2001), sendo que os dias apresentam condições de tempo estável, quando a temperatura pode atingir valores acima de 30°C. Devido aos baixos índices pluviométricos esse período é denominado de “veranico” de maio.

Quando não há o bloqueio atmosférico, ocorrem as primeiras incursões das massas polares, que são consideradas fracas, mas que podem provocar quedas bruscas na temperatura. Em alguns lugares elevados ou no interior, bem como no planalto, as temperaturas podem atingir valores negativos e ocorrer geadas de baixa intensidade (MONTEIRO, 2001).

O **inverno** é influenciado pelas sucessivas massas polares provenientes do anticiclone polar, que nesta época possui trajetória mais continental. O tempo sob predomínio desta massa ocasiona dias de céu claro, com acentuado declínio da temperatura, o que favorece a formação de geada e de nevoeiros (MONTEIRO, 2001).

Segundo Monteiro (2001), o volume pluviométrico no inverno, na maioria dos municípios catarinenses, é pouco superior ao do outono, como pode ser observado na Figura 5.1. Já nos municípios litorâneos, o inverno é a estação com o menor volume de chuvas.

Sobre influência da mPa, as temperaturas se mantêm baixas em todo o Estado. As geadas podem ocorrer com mais frequência e, em alguns lugares, pode até nevar. No litoral esses fenômenos são raros, mas as possibilidades aumentam em direção às proximidades das encostas elevadas (MONTEIRO, 2001).

No início da **primavera**, o tempo se torna instável, e as frentes ainda atingem o Estado provocando linhas de instabilidades responsáveis por altos índices pluviométricos. A partir de outubro, as frentes derivam para o oceano, fazendo com que as precipitações frontais e a umidade diminuam (MONTEIRO; FURTADO, 1995). Em novembro, ocorre a entrada das massas tropicais, deixando o tempo com as características da estação do verão.

As frentes frias são o principal sistema que ocasiona chuvas na área de estudo, porém sua atuação é diferenciada ao longo do ano, devido à influência das estações do ano e do aquecimento diferencial, como visto.

Os vórtices ciclônicos são sistemas de baixa pressão em médios níveis da atmosfera, quando atuam no verão proporcionam um aumento significativo da convecção tropical e favorecem a ocorrência de temporais em curto espaço de tempo, com ventos fortes e granizo (MONTEIRO; MENDONÇA, 2007).

Outros sistemas que modificam as condições de tempo são o Jato Subtropical, o aglomerado convectivo e o fenômeno El Niño. O Jato Subtropical atua bloqueando o deslocamento das frentes frias, tornando-as estacionárias e elevando os totais de precipitação

(MONTEIRO; MENDONÇA, 2007). O aglomerado convectivo (baixa pressão) deixa o tempo instável com a presença de muitas nuvens, que ocasionam chuvas em forma de pancadas ou temporais com chuvas intensas. E, o fenômeno El Niño atua bloqueando os sistemas frontais, que permanecem estacionários sobre Santa Catarina e o Rio Grande do Sul, aumentando as precipitações (MONTEIRO; MENDONÇA, 2007).

5.1.2 Geologia

Segundo o mapeamento realizado por Trainini *et al*, (1978) o município de Antônio Carlos é formado por rochas ígneas e metamórficas e por depósitos sedimentares recentes. As rochas cristalinas encontradas na área são os diatexitos e os metatexitos, do Complexo Metamórfico-Migmático, e os quartzomonzonitos, com variações de granito a granodiorito da Suíte Intrusiva Valsungana datadas do Pré-Cambriano. Os diques de diabásio da Formação Serra Geral que afloram na área do embasamento cristalino são datados do Mesozóico.

As rochas ígneas e metamórficas sustentam elevações que variam de 40 m a quase 900 m com espesso manto de alteração. Estas elevações formam as serras do Major, Macaco Branco, das Congonhas, do Pai João, de Santa Filomena e da Guiomar, que são caracterizadas por possuírem “vertentes alongadas, com forte amplitude de relevo, que podem ultrapassar 25% de declividade” (FORTES, 1996, p. 30).

As Serras das Congonhas, do Major e do Macaco Branco são áreas de nascente dos rios Farias e Rachadel e possuem direção NE-SW, coincidindo com os principais alinhamentos estruturais (escarpas de falhas) que se desenvolvem sobre as rochas da Suíte Intrusiva Valsungana. Esta por sua vez, corresponde a um corpo ígneo alongado constituído por granito ou granodiorito, localizado na porção oeste do Município, com direção NE-SW (FORTES 1996). Ela se apresenta pouco dissecada e possui as maiores cotas altimétricas do Município, como pode ser observado no Mapa 5.1.

Os diatexitos do Complexo Metamórfico-Migmático se encontram na porção extremo oeste do Município. Já os metatexitos constituem uma faixa larga NE-SW no centro-oeste do Município (TRAININI *et al*, 1978).

A Formação Serra Geral também está presente no município na forma de diques de diabásio que preencheram falhas e fraturas abertas nos metatexitos (TRAININI *et al.*, 1978). Estes diques ocorrem no alto vale do rio Rachadel e possuem direção N-S (FORTES, 1996).

As rochas da Formação Serra Geral foram intensamente dissecadas, o que possibilitou a formação de uma vale aberto, com planície relativamente ampla e de baixa declividade,

além de apresentar mantos de alteração espessos, que possibilitam a atuação de processos erosivos, como movimentos de massa e escoamento superficial concentrado.

5.1.3 Geomorfologia

Devido à composição litológica e o arcabouço estrutural, há no Município de Antônio Carlos dois tipos principais de modelados. O modelado de dissecação, que é subdividido em morraria (ou outeiro) e em montanha e, o modelado de acumulação, representado pelos depósitos fluviais, leques aluviais e depósitos coluviais (FORTES, 1996).

O modelado de dissecação corresponde às áreas de rochas ígneas e metamórficas, que caracteriza-se por serras de vertentes alongadas, com forte amplitude de relevo, que podem ter declividades maiores que 25% (FORTES, 1996). Já o modelado de acumulação compreende as áreas com declividades entre 2% e 5% ou inferiores a 2%, sendo as areias quartzosas e os sedimentos siltico-argilosos os elementos predominantes (FORTES, 1996).

O modelado de dissecação do tipo morraria ou outeiro é representado por morros isolados que limitam os depósitos fluviais, com altitudes que variam entre 20 e 60 metros. Estão situados na área dos médios e baixos vales do rio Biguaçu, e de seus afluentes da Guiomar e do Farias. Este tipo de dissecação possui vales encaixados e elevações com topo e encostas convexo-côncavas (FORTES, 1996).

O modelado de dissecação em montanhas constitui as principais elevações do Município e é denominado de serra pelos moradores. Ele é representado por um conjunto de serras subparalelas entre si, possuindo vales bem encaixados, fechados, que podem conter terraços alveolares. Apresenta topos angulosos e, secundariamente, arredondados, sendo comum à forma de ombreiras nas encostas (FORTES, 1996).

As áreas do modelado de dissecação esculpidas nas rochas metamórficas do Complexo Metamórfico-Migmático apresentam elúvios espessos. Bigarella *et al.* (2003), explicam que os elúvios correspondem a espessos mantos de alteração da rocha *in situ*, que normalmente aumentam de espessura com a diminuição da inclinação das encostas. Eles mantêm a estrutura original da rocha, mesmo com a atuação do intemperismo, embora a maioria dos seus minerais tenha sido transformada em outros, adaptados às novas condições físico-químicas do meio.

Fortes (1996), em seu trabalho, analisou um elúvio, próximo à cidade de Antônio Carlos, com aproximadamente 26 m de espessura. Essas feições superficiais são de ocorrência generalizada no município, evidenciando a intensidade do intemperismo, além de serem fonte de sedimentos de diversos tamanhos, inclusive argila para os cursos d'água e planícies (FORTES, 1996)

Devido à intensa pluviosidade e aos mantos de alteração espessos, os processos erosivos e deposicionais resultaram na formação de cicatrizes de dissecação, bem como na exposição de matacões nas encostas das serras e nos altos cursos de rios (FORTES, 1996). A exposição dos matacões está associada à remoção do material alterado mais fino que os envolvia a partir da atuação dos processos de escoamento superficial e movimentos de massa e também pelo intenso fluxo de águas nos rios ou próximos a eles, formando os depósitos de leques aluviais (FORTES, 1996).

Os leques aluviais são depósitos constituídos por sedimentos detríticos grossos, mal selecionados, formados no sopé das áreas montanhosas. Sua deposição ocorre devido à diminuição da velocidade do fluxo e da descarga do rio, quando este sai da área montanhosa para a planície, ocorrendo concomitantemente no canal fluvial (BIGARELLA *et al.* (2003)

Os leques aluviais no município correspondem aos depósitos que recobrem o fundo dos vales dos rios que vão iniciar a planície através da reunião de vários canais. Do sopé das encostas e início da planície estão localizados os ápices dos pequenos leques. Estes por sua vez, coalescem e prolongam-se até as partes baixas dos vales (depósitos distais), onde se irradiam, formando uma larga planície (FORTES, 1996). Os depósitos distais se misturam e estão dispostos ao longo do canal principal que os tem retrabalhado e redepositado como depósito de planície de inundação (FORTES, 1996).

Há outro depósito fluvial no município denominado de confinado, por não possuir condições geomorfológicas favoráveis à formação de leques. Eles estão em áreas planas com declividade da ordem de 2 a 5% em cotas de 700 a 800 metros de altitude, embaciadas entre os topos mais altos das serras do Major e do Macaco Branco (FORTES, 1996).

É possível encontrar vales mais abertos e de fundo chato logo após trechos de vales em V, estreitos e profundos, formando planícies alveolares. Nestas planícies, a sedimentação é intensa e com depósitos com alto teor de argila e ausência de materiais grossos. Isto ocorre nos rios Braço do Norte, Farias e Rachadel (FORTES, 1996).

As áreas de sedimentação coluvial localizam-se a partir da média encosta das serras até o contato com os depósitos fluviais, através de rampas de colúvio, podendo apresentar cores castanhas, marrom ou vermelha. O colúvio é constituído de sedimentos que sofreram deslocamento ao longo das encostas até a base das mesmas, resultante da movimentação do elúvio (BIGARELLA *et al.*, 2003).

A existência de depósitos de colúvio evidencia a ocorrência de processos erosivos com alta energia nas encostas, como escoamento superficial concentrado (enxurradas) e em lençol e movimentos de massa (deslizamentos, corridas de terra). Em alguns pontos da Bacia, estes

depósitos se confundem com os dos leques aluviais, principalmente no sopé dos compartimentos de relevo com amplitude altimétrica e vales confinados.

Nas áreas estáveis da paisagem, sobre o manto de alteração *in situ* das rochas, e sobre depósitos antigos de colúvio, fluviais e de leques aluviais, desenvolvem-se solos com diferentes idades e horizontes.

5.1.4 Solos

Devido a essas características climáticas, litológicas, de relevo e ao tempo de intemperismo, há no município de Antônio Carlos a ocorrência de cinco tipos predominantes de solo: o neossolo litólico, o argissolo, o cambissolo, o neossolo flúvico e o gleissolo.

O solo do tipo neossolo litólico aparece em locais de topografia acentuada, associado aos afloramentos rochosos. Os neossolos são solos rasos ou muito rasos, com no máximo 50 cm de profundidade até a rocha sã, isto é, são solos pouco desenvolvidos, com a seqüência de horizontes A, C e R (rocha sã) (GUERRA; BOTELHO, 2001).

Pode existir um horizonte B incipiente (Bi), pouco espesso, acima do material rochoso, pouco intemperizado (PALMIERI; LARACH, 2000). Este tipo de solo pode ocorrer associado ao cambissolo.

Por se situar em terrenos íngremes e ser um solo jovem, em fase inicial de formação, Lepsch (2002, p.114), afirma, que em muitos casos “[...] a velocidade da erosão é igual ou maior à velocidade de transformação da rocha em solo”, sendo que algumas vezes a rocha pode apresentar resistência à decomposição, não permitindo o desenvolvimento do horizonte.

Devido a sua pequena espessura, o fluxo de água em seu interior é interrompido, facilitando o escoamento superficial no local de contato entre a rocha e o solo, o que pode provocar processos erosivos, como o deslizamento, quando existir manto de alteração, e quedas ou rolamentos de blocos.

O solo do tipo argissolo e o cambissolo ocorrem em terreno mais colinoso, com predomínio de solos mais espessos e mantos de alteração mais profundos que no neossolo litólico.

O argissolo possui migração de argila do horizonte A para o B com formação de um gradiente textural (horizonte Bt). Esta diferença de textura entre o horizonte A, mais arenoso, e o B, mais argiloso, representa um obstáculo à infiltração da água, diminuindo a permeabilidade do solo e favorecendo o escoamento superficial e subsuperficial na zona de contato entre os horizontes (GUERRA; BOTELHO, 2001).

Apesar de o argissolo possuir boa agregação e estruturação (horizonte Bt em blocos angulosos e subangulosos), apresenta suscetibilidade aos processos erosivos, que serão mais intensos, quanto maior forem as descontinuidades texturais e estruturais ao longo do perfil (GUERRA; BOTELHO, 2001).

Outro tipo de solo que ocorre no município de Antônio Carlos é o cambissolo, que apresenta um horizonte superficial em início de desenvolvimento e um horizonte B incipiente (Bi), pois o material subjacente ao horizonte A sofreu alterações em grau não muito avançado, mas o suficiente para o desenvolvimento de cor e/ou estrutura, podendo apresentar no máximo, menos da metade do volume do horizonte Bi, constituído por fragmentos do material originário ou não (PALMIERI; LARACH, 2000).

O grau de suscetibilidade a erosão é variável, pois depende da profundidade (mais rasos, mais suscetíveis, devido à camada impermeável do substrato rochoso estar próximo a superfície), da declividade, do teor de silte e do gradiente textural do terreno (GUERRA; BOTELHO, 2001).

Na área de planície, sobre os depósitos aluviais, se desenvolve o neossolo flúvico e o gleissolo. O solo do tipo neossolo flúvico é pouco desenvolvido, originado de sedimentos recentemente depositados pelos rios durante os períodos de inundação. Ele apresenta o horizonte A depositado sobre o horizonte C e o não há indícios de formação de um horizonte B, sendo que o horizonte C é formado pelas camadas das deposições pouco alteradas, com partículas de vários tamanhos, trazidos pelos rios (LEPSCH, 2000).

O gleissolo se caracteriza por ser um solo hidromórfico, mal drenado, pouco profundo, com ou sem mosqueado, distrófico ou eutrófico, dependendo da natureza do material sobre o qual se desenvolveram (GUERRA; BOTELHO, 2001).

Sua textura, geralmente, é argilosa, podendo variar de siltosa a média. O horizonte A possui cor preta, devido aos altos teores de matéria orgânica. A partir desta camada, os horizontes apresentam cores acinzentadas ou cinzentas, devido à saturação do solo, que na presença de matéria orgânica, diminui o oxigênio dissolvido e provoca a redução e dissolução dos óxidos de ferro e, no processo de oxidação aparecem manchas de cor ferrugem. Estes fenômenos ocorrem devido às oscilações do lençol freático (PALMIERI; LARACH 2000; LEPSCH, 2002).

Por se situar em áreas planas (planícies aluviais e várzeas), a suscetibilidade a erosão não apresenta relevância, pois estes locais não favorecem o escoamento (GUERRA; BOTELHO, 2001), porém são áreas sujeitas a inundações, pois são baixas e possuem o lençol freático próximo da superfície.

5.1.5 Hidrografia

A bacia do rio Biguaçu situa-se no centro leste do estado de Santa Catarina e constitui uma pequena bacia costeira, com aproximadamente de 309 km², dos quais 205 km² compõem o município de Antônio Carlos, no qual se situa no alto e médio vale do rio Biguaçu. O baixo vale e a foz do rio situam-se no município de Biguaçu, como pode ser observado na Figura 5.3.

Segundo Fortes (1996) a Bacia do rio Biguaçu possui um comprimento aproximado de 27 km e uma largura média de 18 km, disposta na direção E-W. O rio Biguaçu (canal principal) nasce na serra das Congonhas a uma altitude de 778 metros. Este rio possuía da foz à nascente 40,6 km de comprimento, mas, devido aos projetos de retificação o seu comprimento foi reduzido para 37 km (REITZ, 1988).

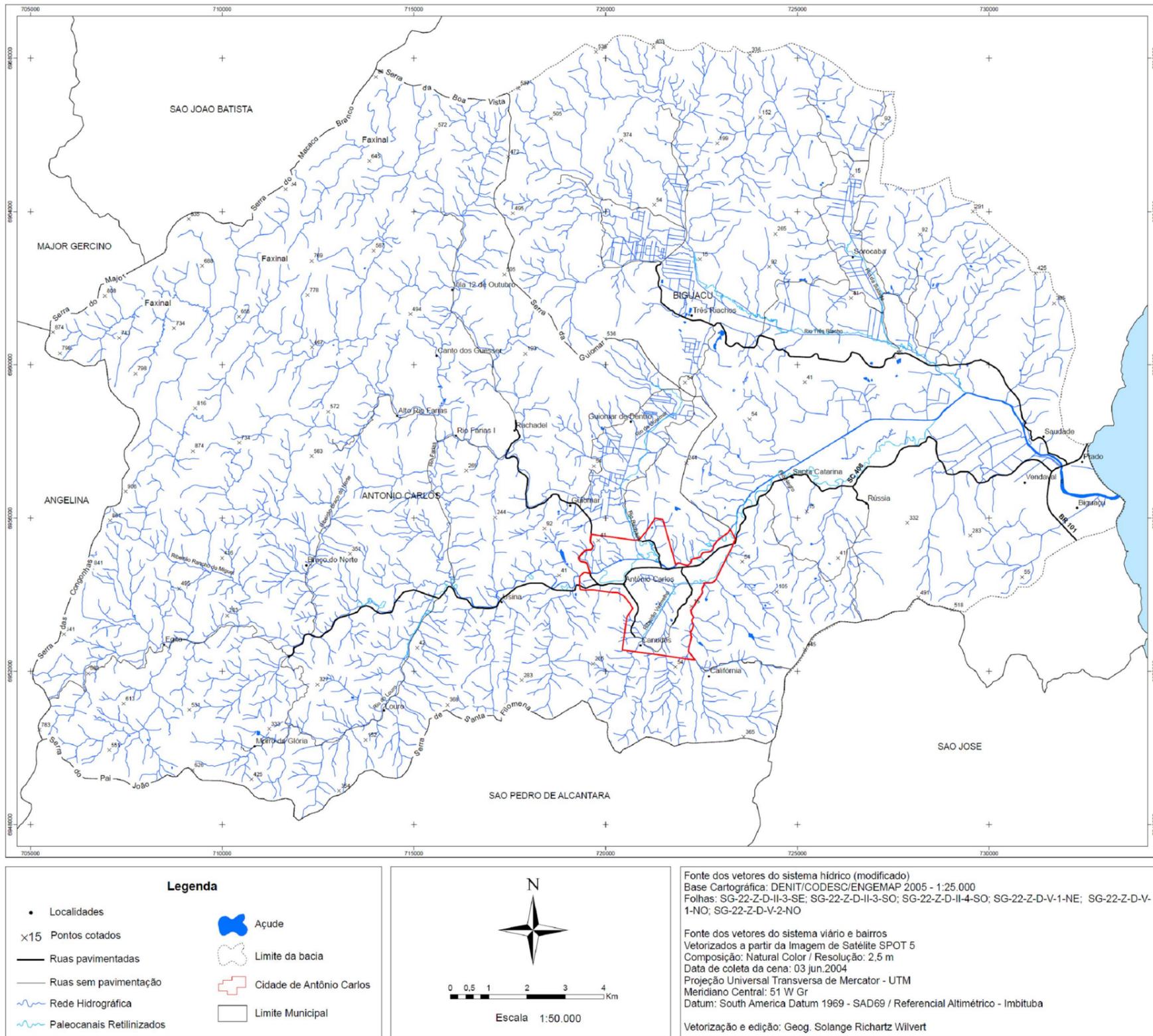
Os principais afluentes da margem esquerda do rio Biguaçu são os rios Saudade, Três Riachos (localizados no município de Biguaçu), Rachadel, Farias e Braço do Norte (no território de Antônio Carlos) e os da margem direita são o Louro e Ribeirão Vermelho (em Antônio Carlos). Os últimos afluentes, segundo Fortes (1996), são de menor expressão e possuem um papel secundário com relação à “alimentação” da corrente principal.

Essa Bacia caracteriza-se por possuir uma drenagem perene, devido aos elevados e regulares índices pluviométricos, mas no alto curso dos rios Braço do Norte e Rachadel ocorrem pequenos trechos intermitentes, onde pode ser observada, em pequenos setores, uma drenagem entrelaçada, por causa dos leques aluviais (FORTES, 1996).

Alguns trechos fluviais estão dispostos ao longo de falhas, que originam vales profundos e encaixados com predomínio da forma em “V”. As nascentes estão localizadas nas áreas mais elevadas das serras constituídas por rochas do embasamento cristalino (FORTES, 1996). Devido a estas características litológicas e estruturais e ao clima da região, o padrão de canais possui uma grande variedade de formas.

Há predomínio dos canais sinuosos (canais meandantes), que drenam as planícies nos baixos vales dos principais rios, os quais foram alterados a partir da retificação para eliminar as inundações e aproveitamento das terras, através da drenagem dos terrenos.

O rio Biguaçu foi retificado em três trechos desde a cidade de Antônio Carlos até sua foz em Biguaçu, numa extensão de 10,7 km entre 1966 e 1970: ao norte da cidade de Antônio Carlos numa extensão de 1,7 km; nas proximidades da desembocadura do Ribeirão Vermelho até próximo à localidade da Volta da Pedra, numa extensão de 5,5 km e; entre este ponto e o depósito de lixo urbano de Biguaçu, numa extensão de 3 km, sendo que as obras de engenharia, neste trecho são anteriores ao levantamento aéreo de 1957 (FORTES, 1996).



Mapa 5.1- Mapa da Bacia do Rio Biguaçu

(Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação)

Alguns afluentes do rio Biguaçu também tiveram parte do seu traçado modificado, como pode ser observado na Figura 5.3. Em Antônio Carlos, o rio Guimar, afluente do rio Rachadel, teve seu curso retificado entre 1973 e 1977, numa extensão de 2,5 km. Ao norte da cidade de Antonio Carlos, o rio Rachadel foi retificado em 1969, numa extensão de 1,25 km; o ribeirão Vermelho teve aproximadamente 2,75 km do seu leito retificado (FORTES, 1996) e; o Rio do Louro foi retificado em 1994 numa extensão de 1,5 Km.

Já no município de Biguaçu, o rio Três Riachos teve seu médio e baixo curso retificado numa extensão de 7,5 km e o rio da Saudade, afluente do Três Riachos, foi retificado numa extensão de 2, 25 km (FORTES, 1996).

5.1.6 Cobertura Vegetal

Devido às características climáticas e pedológicas apresentadas as formações vegetais presentes no município de Antônio Carlos são a Floresta Pluvial da Encosta Atlântica, Floresta com Pinheiros e Campo Nativo (Reitz, 1988),

A Floresta Pluvial de Encosta Atlântica estendia sua formação desde as “várzeas úmidas até uma altitude de 600 metros” (REITZ, 1988, p.414). Ela era caracterizada pela densidade e diversidade de espécies de árvores, cobertas por epífitos e por muitas espécies de cipós e alguns “mata-paus”, sendo que “nas montanhas as árvores de vales úmidos e fechados se elevam até 35 metros, [...] nas encostas drenadas dificilmente ultrapassam 25 m.” (REITZ, 1988, p.414-415).

A mata das planícies, localizada nas áreas úmidas e freqüentemente brejosas, de gleissolos, profundos e férteis, podia medir até 30 metros de altura ou mais. Hoje, praticamente não existe mais, pois deu lugar à pastagem ou à lavoura (Reitz, 1988).

Faziam parte dessa floresta espécies como: a canela-preta (*Ocotea catharinensis*), o cedro (*Cedrela fissilis*), o louro (*Cordia trichotoma*), a canela sassafrás (*Ocotea pretiosa*), a peroba (*Aspidosperma ovilaceum*), a canela óleo (*Copaifera trapezifolia*), que foram praticamente devastadas para a criação de pastagens e para a agricultura ou ainda pelas madeiras (REITZ, 1988).

A Floresta com Pinheiros ocorre nas áreas com altitude superior a 600 m. Devido ao clima mais frio há uma mudança em parte das espécies da mata, com a presença de pinheiros (*Araucária angustifolia*), de taquaras (*Merostachys multiramea*) e carás (*Chusquea* spp). Acima da altitude de 700 m ocorrem os faxinais, onde há o predomínio de uma vegetação arbórea mais baixa que a Floresta com Pinheiros, que segundo Reitz (1988) são próprias para as pastagens de gado.

Reitz (1988) classifica no Município outra formação, a do Campo Nativo, com pequena

área de ocorrência, que “mede apenas um quilometro quadrado” (REITZ, 1988, p.415). Esta área de campo situa-se nas nascentes do ribeirão Rancho Miguel, do rio Farias. Caracteriza-se por ser uma vegetação rasteira, onde dominam as gramíneas (conhecidas por capim) e, nas áreas úmidas, dominam as ciperáceas (tiriricas), os musgos *Sphagnum* e outros arbustos.

A cobertura vegetal atual do Município apresenta alguns locais com mata original, os quais estão localizados nas áreas mais íngremes onde os acessos são precários ou não existem. Em muitas encostas, que foram desmatadas para a agricultura ou para a pastagem e posteriormente abandonadas, observa-se a regeneração da vegetação da Floresta Pluvial da Encosta Atlântica, apresentando todos os estágios da sucessão vegetal, capoeirinha, capoeira e capoeirão. Nestas áreas de regeneração estão presentes espécies como a embaúba (*Cecropia adenopus*), o garapuvu (*Schizolobium parahyba*) e a capororoca (*Rapanea* ssp).

Há também no Município algumas plantações de palmitero (*Euterpe edulis*), contudo, em vários locais, a vegetação nativa está sendo substituída pela silvicultura de pinheiro (*Pinus elliotti*) e de eucalipto (*Eucalyptus* ssp).

5.1.7 Aspectos Gerais da Ocupação

Antes de o Município de Antônio Carlos ser povoado pelos europeus, ele já era habitado pelos índios da tribo Xokleng do grupo lingüístico Jê (REITZ, 1988; KREMER, 1993).

A ocupação do Município pelos europeus ocorreu no século XIX a partir da chegada dos descendentes de açorianos de São Miguel, e dos alemães provenientes da Colônia de São Pedro de Alcântara e da Colônia Leopoldina.

Os açorianos de São Miguel subiram inicialmente, o rio Três Riachos, afluente do rio Biguaçu, em 1816, e, em 1845 exploraram o território a partir do rio principal, o Biguaçu, ocupando as planícies do Alto Biguaçu, hoje município de Antônio Carlos. Nesta planície organizaram fazendas com mão-de-obra escrava na localidade.

Todos os senhores de terra açorianos possuíam escravos, “alguns com mais de 10 e até 20” (REITZ, 1988, p. 44) sendo que a população de negros, na década de 60 do século XIX era maior que a de brancos (REITZ, 1988).

Com a homologação da Lei Áurea em 1888, os escravos libertos se reuniram em pequenos quilombos ao redor do que é hoje a cidade de Antônio Carlos. Na metade do século XX, muitos ex-escravos e descendentes destes mudaram-se para os morros da Coloninha (Estreito) e da Caixa d'Água (Mont Serrat), em Florianópolis. Suas propriedades foram adquiridas pelos descendentes dos imigrantes alemães, que se instalaram no município de

Antônio Carlos, na segunda metade do século XIX (REITZ, 1988).

A colonização do município pelos alemães provenientes de São Pedro de Alcântara é datada de 6 de maio de 1830, às margens do rio do Louro, com “(...) 10 famílias e 5 solteiros” (REITZ, 1988, p.42).

Do vale do rio do Louro, os colonos alemães foram ocupando as montanhas ao redor, Morro da Glória, Santa Maria, Rancho Miguel e Egito e, posteriormente as planícies do rio do Louro e do Biguaçu (REITZ, 1988).

Em 1847, foi concedida ao belga Sheridan Telghys Filho uma área de 2 léguas de terra destinadas à criação da Colônia Leopoldina, hoje Reserva Particular do Patrimônio Natural de Caraguatá, no Faxinal (KREMER, 1993). Esta colônia foi fundada em 24 de fevereiro de 1884, com o prazo de quatro anos para povoar, podendo ser prorrogado por mais 2 anos (REITZ, 1988).

A Colônia estava localizada nas nascentes do rio Rachadel e do rio Farias, os quais eram terras remanescentes entre os vales dos rios Biguaçu e Tijucas. Devido ao terreno ser acidentado e precariamente acessível, esta colônia não possuía povoamento permanente dos proprietários das terras. Além disso, nesta área estão localizadas as maiores cotas altimétricas do município (REITZ, 1988).

Em 1963, pela Lei nº. 920/06, foi criado o Município de Antônio Carlos, na área correspondente ao distrito de Alto Biguaçu, desmembrando-se assim do município de Biguaçu, com os seguintes limites:

“[...] quanto a latitude [...] o ponto mais ao norte é o encontro de 3 serras: serra da Guiomar, serra da Boa Vista e serra do Macaco Branco, com 27°23'47” de latitude norte, enquanto o ponto mais ao sul apresenta-se na serra de Santa Filomena [...], com latitude 27°34'29” sul. Quanto à longitude situa-se entre o meridiano 48°41'51” [...], na serra de Santa Filomena, no leste do Município, e o meridiano 48°55'25”, que passa na serra de Congonhas, ao oeste do Egito” (Reitz, 1988, p. 165-166).

A população atual de Antônio Carlos é, na sua maioria, descendente dos colonos alemães provenientes da Colônia de São Pedro de Alcântara, mas grande parte da cultura original se perdeu, como observado por Luiz (2003) em São Pedro de Alcântara.

Num primeiro momento, os imigrantes, tanto açorianos como alemães, desmataram a área e começaram a desenvolver atividades agrícolas e de pecuária para a sua subsistência. As áreas de agricultura eram utilizadas, principalmente, para a plantação de cana-de-açúcar, aipim, milho e feijão, sendo a cana-de-açúcar o produto base do município, que possuía locais próprios para o seu beneficiamento, como a Usina Pirabeiraba e alambiques artesanais.

Até o início dos anos 90, do século passado, havia no município vários engenhos de farinha e de cana-de-açúcar, com mão-de-obra familiar. Mas, devido às exigências da vigilância sanitária sobre a industrialização dos produtos (farinha de mandioca, melado de cana-de-açúcar, cachaça) praticamente não existem mais.

Outra atividade remanescente dos imigrantes são as serrarias que antes utilizavam madeiras da própria região, e que hoje, utilizam madeira trazida de outras áreas ou de reflorestamentos de pinheiro (*Pinus elliotti*) e de eucalipto (*Eucalyptus* ssp) do próprio município.

A partir da década de 70 e, principalmente, na década de 80, iniciou-se no município o cultivo de hortaliças, que é a sua principal atividade econômica. Atualmente o município é um dos principais abastecedores da CEASA (Central de Abastecimento de Alimentos) de São José.

Os cultivos da cana-de-açúcar, do aipim, do milho e do feijão foram aos poucos sendo substituídos por hortaliças. Estas passaram a ser cultivadas nas áreas de planície e na baixa encosta, devido às menores irregularidades do relevo, pois junto com este cultivo foi incorporado o uso de máquinas agrícolas.

Assim, nas áreas de média e alta encosta, que eram anteriormente utilizadas para a atividade agrícola e pastagem, a vegetação passou a se regenerar. Fato este confirmado pelos moradores, que afirmam que há mais mata (capoeira, capoeirão) nas encostas hoje do que havia 40 anos. Este fato também é observado por Néis (1997), que analisou o uso da terra da sub-bacia do rio Rachadel entre os anos de 1956 e 1995.

No final da década de 80, incorporou-se outra forma de uso da terra, o plantio de grama, que necessita para seu cultivo de solo argiloso. As áreas de cultivo de grama são as planícies e algumas áreas de encostas cortadas e aplainadas especificamente para este cultivo. Esta atividade econômica predomina na planície do Ribeirão Vermelho, junto à área urbana de Antônio Carlos.

Na década de 90 surgiu no município uma atividade econômica ligada ao turismo, os parques aquáticos. Eles foram implantados por antigos agricultores, como um complemento da renda. Hoje há no Município 5 parques aquáticos que são responsáveis por 1% da arrecadação do ICMS municipal (ROSA, 2008).

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS

5.2.1 Caracterização do Meio Físico

A cidade de Antônio Carlos está localizada no médio vale do rio Biguaçu, as margens deste rio. O relevo dessa área, como de todo o Município, abrange dois compartimentos: o

compartimento de colinas/morros, pertencentes à unidade Serras do Leste Catarinense e o compartimento da planície do Rio Biguaçu (SANTA CATARINA, 1986).

A forma dominante do compartimento das Serras do Leste Catarinense é o modelado de dissecação, que na área de estudo é caracterizado pela dissecação em outeiro ou morraria e em montanha.

As rochas do modelado de dissecação da área de estudo eram cartografadas como rochas diatexiticas do Complexo Metamórfico Migmatítico (TRAININI *et al.*, 1978). Mas o mapeamento realizado por Zanini *et al.* (1997) identificou estas rochas como granitóides de composição calcialcalinos, com múltiplas intrusões e rochas variando de tonalitos a monzogranitos da Suíte Intrusiva Maruim, datada do Proterozóico Superior, com idade entre 700 e 600 milhões de anos.

A unidade litológica que predomina na área de estudo é o Granito São Pedro de Alcântara, constituída, principalmente, por monzogranitos, que variam desde quartzo-monzonitos até sienogranitos (ZANINI *et al.*, 1997), o que significa que há variações nas proporções dos principais componentes mineralógicos que são feldspato alcalino, quartzo, plagioclásio cálcico-sódico e biotita, e podem apresentar anfibólios e muscovita como minerais acessórios.

A rocha dessa unidade caracteriza-se como mesocrática, de coloração cinza-escuro e granulação grossa, com presença de fenocristais esbranquiçados de feldspato alcalino e plagioclásios. Sua textura porfirítica é interrompida por enclaves de outras litologias, como a do Tonalito Forquilha e do Granitóide Alto da Varginha (ZANINI *et al.*, 1997).

Ao comparar essas rochas com um granito propriamente dito, elas possuem uma maior quantidade de feldspato e uma menor quantidade de quartzo em sua composição, por isso elas são mais suscetíveis à ação do intemperismo.

A área de ocorrência dessa unidade litológica é muito fraturada e falhada. Os lineamentos possuem as direções N-S, NE – SW, NW – SE, e alguns lineamentos paralelos entre si na direção E – W. Alguns segmentos de cristas e vales ou mesmo a disposição dos colos seguem uma orientação estrutural, como pode ser observado no mapa geomorfológico (Mapa 5.2).

As características mineralógicas apresentadas anteriormente mais a existência de muitas fraturas e falhas explicam o intenso processo de intemperismo da rocha e a formação de espessos mantos de alteração. Estes mantos podem chegar a mais de 60 m de profundidade, com características siltosas e arenosas, evidenciando que a rocha possuía uma matriz mais fina.

As colinas presentes na área de estudo são formadas apenas pelo espesso manto de alteração, sem presença de núcleo rochoso, com a alterita conservada. Este fato foi observado na saibreira visitada (Figura 5.3 e 5.4), na qual eram visíveis as fraturas mantidas da rocha de

origem, bem como a distribuição de feldspatos e quartzo (Figura 5.5), que auxiliaram no processo de intemperismo.



Figura 5.3 – Exploração de saibro na Cidade de Antônio Carlos. Observar a profundidade do manto de alteração (mais de 30 m.), sem a presença de matriz rochosa. Foto: Solange R. Wilvert, 17 abr. 2010.



Figura 5.4 – Manto de alteração conservado, sem a presença de núcleos de rocha sã. Foto: Solange R. Wilvert, 17 abr. 2010.

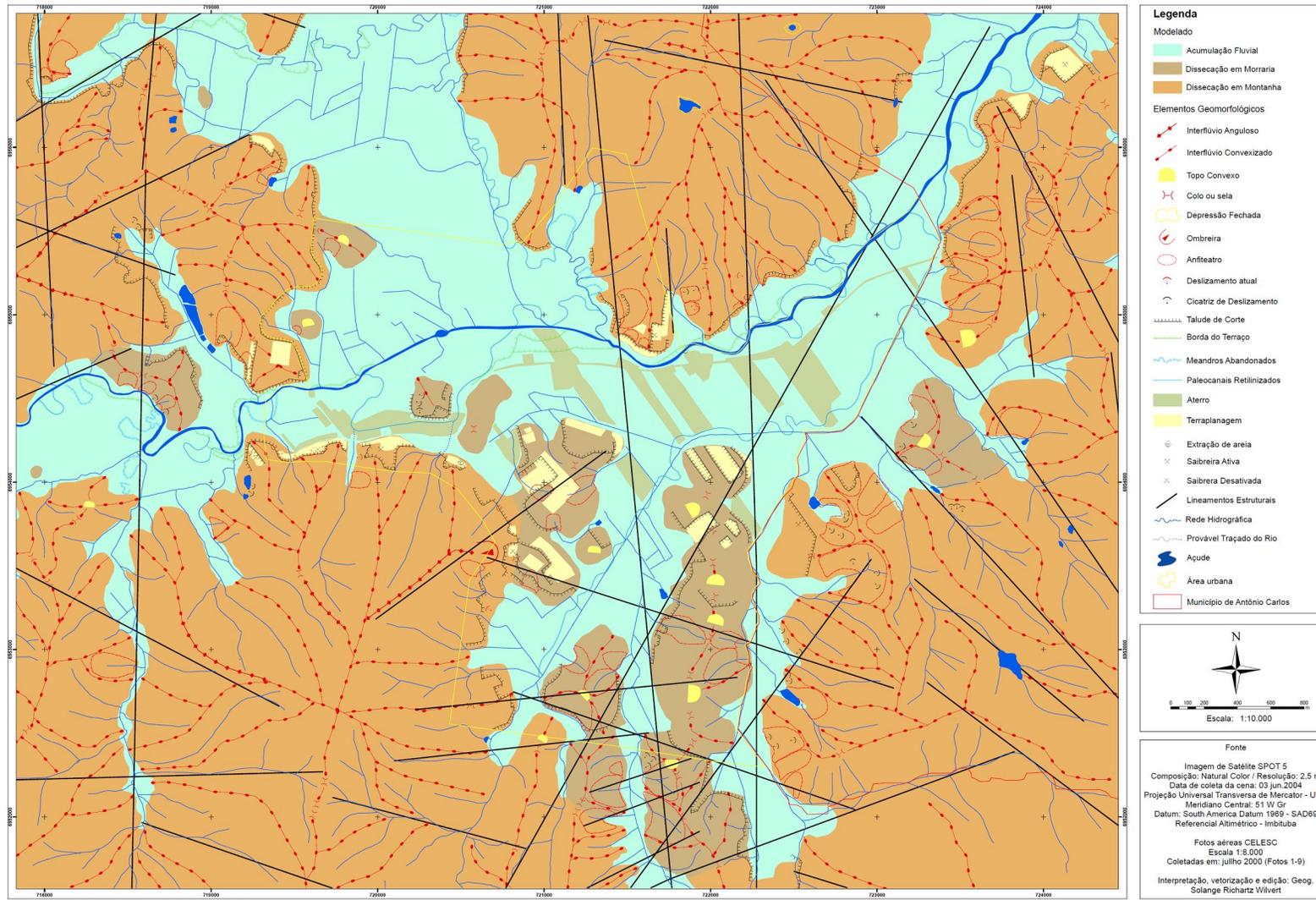


Figura 5.5 – Manto de alteração intensamente fraturado, em dois planos visíveis. Foto: Solange R. Wilvert, 17 abr. 2010.

Este tipo de alteração configura o modelado de dissecação em outeiro ou morraria com elevações na forma de colinas policonvexas ou morros isolados, com altitudes que variam de 20 a 60 m, que limitam os depósitos fluviais, como pode ser observado no Mapa 5.2.

Essas elevações apresentam topo convexo, devido ao espesso manto de alteração e encostas com declividade inferior a 45°. Algumas encostas apresentam cicatrizes de processos erosivos, já revegetadas.

Já o modelado de dissecação em montanha (Figura 5.6), que circunda a área de estudo, possui os vales bem encaixados, com topos extensos convexo-côncavos e alguns arredondados, que podem atingir mais de 300 m. Suas vertentes possuem diferentes graus de inclinação, por vezes desdobradas em patamares, sendo comuns as formas de ombreiras.



(Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação)



Figura 5.6 – Vista da cidade de Antônio Carlos. Observar os morros do modelado de dissecção em montanhas, com forma de ombreira, que circunda a área de estudo. Foto: Solange R. Wilvert, 30 jun. 2006.

Muitas das encostas das colinas e morros do modelado de dissecção apresentam cicatrizes erosivas. As feições erosivas ocorrem tanto na base das encostas quanto na meia encosta ou podem abranger desde a base até o topo. É comum a forma de anfiteatros e de cicatrizes de deslizamentos nas encostas das colinas e morros. Alguns deslizamentos ocorrem no interior dos anfiteatros, reativando o processo erosivo, já que o anfiteatro é resultado da atuação de diferentes mecanismos, que se associaram e/ou se sucederam ao longo do tempo.

As formas de anfiteatro e as cicatrizes de deslizamentos formam perfis côncavos nas encostas, que são locais preferenciais de convergência das águas dos escoamentos superficiais e subsuperficiais, que pode resultar na reativação da forma.

Devido aos episódios pluviométricos de janeiro e novembro de 2008 e março de 2010, novos deslizamentos ocorreram na área de estudo. A maior parte deles, em locais com a forma da encosta modificada por cortes. Estes cortes, por sua vez, são realizados sem nenhum conhecimento técnico e depois de executados não recebem estruturas de contenção, deixando-os expostos a ação direta dos processos erosivos.

Além disso, muitos desses deslizamentos não foram estabilizados, e as cicatrizes do processo estão sendo retrabalhadas a cada novo episódio de chuva. Este fato pode ser observado em um corte que deslizou no evento de novembro de 2008 e que está colocando em risco 10 residências.

Outra feição que ocorre nas elevações da área de estudo são os terracetes, que são provocados pelo movimento de rastejo e pisoteio do gado nas encostas. O pisoteio do gado gera processos de rastejo ou *creep*, que consiste no deslocamento lento e contínuo das camadas superficiais do solo, desenvolvendo pequenas rupturas no solo que facilitam a infiltração da água.

No evento de março de 2010, uma cicatriz de terracete observada por Wilvert (2006) e que tinha sido revegetada, voltou a ser ativada, devido à variação de umidade no solo (Figuras 5.7 e 5.8).



Figura 5.8 – Pequenas rupturas a partir de terracetes em uma encosta que sofre pisoteio do gado. Foto: Cleiton Araújo, 30 ju. 2006.



Figura 5.7 – Ao fundo na foto, reativação da cicatriz erosiva, após o evento de março de 2010, no qual precipitou 172 mm de chuva. Foto: Solange R. Wilvert, 17 abr. 2010

Ocorrem na área de estudo, depressões fechadas, também chamadas de depressões doliniformes, que podem ser observadas no Mapa 5.2. Elas possuem forma quase arredondada ou alongada e estão localizadas nos topos das encostas, podendo acumular água em algum período do ano. A explicação para sua origem é controversa, uma das hipóteses apresentadas explica que esta feição é formada a partir de processos de transformação geoquímica e da exportação de substâncias por lixiviação (ESTEVES, 2001).

Na área de estudo foram encontradas duas depressões fechadas nos topos das encostas do modelado de dissecação em montanha (Mapa 5.2) e uma feição que se assemelha a uma depressão fechada, mas que possui uma de suas extensões planas, permitindo o escoamento da água. Segundo os moradores, essa feição não acumula água durante o ano e em episódios de

chuva, toda a água acumulada na feição escorre pela encosta da colina formando uma cachoeira.

As depressões fechadas são feições recorrentes na região. Pellerin *et al.* (1997b), estudaram uma depressão fechada existente na localidade de Sorocaba do Sul, Biguaçu/SC, onde encontraram cobertura pedológica com volumes de solo hidromórfico e acúmulo de manganês na parte central. Esteves (2001) em seu trabalho verificou que as depressões fechadas de Sorocaba do Sul se encontram sobre lineamentos estruturais. Luiz (2003) verificou quatro depressões fechadas fortemente alinhadas no topo de uma colina na localidade de Boa Parada, em São Pedro de Alcântara/SC, onde constatou que as falhas e/ou fraturas cruzavam-se nesta área.

Todos esses processos relatados são resultados do espesso manto de alteração e de sua composição mineralógica, que junto com processos pluviais modificam as formas do relevo e condicionam as características do solo.

O solo deste modelado é caracterizado como argissolo, com migração de argila do horizonte A para o B com formação de gradiente textural, que representa um obstáculo à infiltração da água, diminuindo a permeabilidade do solo e favorecendo o escoamento superficial e subsuperficial na zona de contato entre os horizontes.

Os horizontes A e B do solo possuem em torno de 1,50 m de espessura, enquanto que o horizonte C varia muito de espessura, alcançando grandes profundidades.

O horizonte A apresenta cor cinza escura devido à presença de material orgânico, com textura argilo-arenosa, além de estrutura em blocos subangulares pequenos e, apresenta boa coesão devido à presença das raízes da vegetação.

O horizonte B apresenta estruturação em blocos subangulares maiores do que no horizonte A e coloração vermelha-amarela e apresenta translocação de argila por iluviação no seu topo. Por possuir blocos angulosos e subangulosos, este horizonte é mais suscetível aos processos erosivos, que podem ser condicionados pelas discontinuidades texturais e estruturais ao longo do perfil.

O horizonte C apresenta cor mais rosada, possui estrutura maciça, textura areno-siltosa a siltico-arenosa e, em alguns pontos, textura arenosa. Nas encostas no Sudoeste da área de estudo foi constatado a presença de relíquias da rocha ou mesmo grandes blocos de rocha sã no meio do material alterado, além de veios quartzo-feldspáticos e pequenas fraturas

Isso pode ocorrer por dois motivos. Primeiro porque no local em que se encontrava o fragmento da rocha sã não havia planos de fraqueza (fratura ou falha), que facilitariam a entrada de água para acelerar os processos de intemperismo. Ou porque este fragmento de rocha sã possui uma composição mineralógica mais resistente à ação do intemperismo.

Essas estruturas herdadas da rocha matriz são importantes na análise da erosão do solo, pois podem condicionar a circulação da água no interior do material e servir como superfícies de ruptura para os movimentos de massa.

O compartimento da planície do Rio Biguaçu é caracterizado por possuir modelado de acumulação, constituído por formas de relevo geradas em ambientes de deposição fluvial, que estão sujeitas a inundações periódicas (Figuras 5.9 e Figura 5.10) e pelo modelado de acumulação torrencial (ROSA, 1995).



Figura 5.9 – Inundação da planície do rio Biguaçu, no evento de janeiro de 2008, quando choveu o acumulado de 170 mm em 24 h.. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 31 jan. 2008.

A cidade localiza-se sobre uma planície alveolar, que retém parte das águas que escoam dos vales em momento de intensa precipitação. Essas planícies são fechadas pelo estreitamento do vale (controle litológico), que serve de nível de base³ local para os processos erosivos.

O modelado de acumulação apresenta formas de leitos abandonados e de terraço, como mostra o Mapa 5.2. O trecho do médio e baixo vale do rio Biguaçu e de seus afluentes, Rachadel e Ribeirão Vermelho se caracterizavam como meandantes, com feições de meandros abandonados. Porém, parte do curso do rio Biguaçu, na cidade de Antônio Carlos, foi deslocado e outros trechos foram retelinizados, acontecendo o mesmo com seus afluentes, como uma medida para a redução da magnitude das inundações.

As formas de terraços fluviais representam à antiga planície de inundação, que foi abandonada, devido ao ajustamento das mudanças do nível do mar provocadas pelas

³ O nível de base controla os processos erosivos na bacia. Ele pode ser geral, controlado pelo nível do mar ou pode ser local, controlado por algum elemento no interior da bacia, como o rio principal, que serve de nível de base para os seus afluentes, ou por rochas mais resistentes (CHRISTOFOLETTI, 1981).

oscilações climáticas (CHRISTOFOLETTI, 1981), já que esta é uma planície costeira.

Muitas dessas feições na área de estudo podem ser denominadas de feições terraceadas, pois não funcionam como um terraço propriamente dito. Elas possuem pequena altura em relação ao nível do rio e são inundadas em períodos de precipitação excepcional, como a de janeiro de 2008. Algumas feições terraceadas encontram-se erodidas, provavelmente pela ação do próprio rio, em períodos de cheia.



Figura 5.10 – Vista da planície do rio Biguaçu. A área que margeia a rua no centro da figura (Rua Adão Reitz) fica inundada em períodos de precipitação excepcional ou contínua. Observar ao fundo as colinas presentes no meio da planície. Foto: Joel Pellerin, jan. 2010.

Os aterros são formas artificiais que predominam na planície da área de estudo. Eles são executados para elevar o nível da planície para a construção de residências e de loteamentos, evitando que estas áreas sejam inundadas em eventos pluviométricos intensos.

No evento de janeiro de 2008, alguns desses locais aterrados não foram inundados, mas em outros, o aterro não foi suficiente para evitar que a inundação atingisse a propriedade. Os aterros impermeabilizam os solos e favorecem o escoamento superficial, além disso, eles aumentando o nível da planície, o que acarretará a inundação de áreas anteriormente não inundadas.

Devido à ação dos rios e ao tipo de formação rochosa da região, a planície apresenta depósitos arenosos e argilosos intercalados. Sobre esses depósitos, se desenvolve o gleissolo do tipo eutrófico, caracterizado como um solo fértil, com lençol freático próximo da superfície e textura, geralmente argilosa, mas que pode variar de siltosa a média (FORTES, 1996).

Toda a área de estudo era recoberta pela Floresta Pluvial da Encosta Atlântica, com densa cobertura arbórea que podia atingir mais de 25 m de altura (REITZ, 1988). Hoje, essa

formação vegetal deu lugar a áreas de pastagem e de cultivo agrícola na planície do rio Rachadel e Biguaçu. Já na planície do Ribeirão Vermelho o principal uso é o cultivo de grama.

Com o crescimento da cidade, algumas dessas áreas estão sendo substituídas por loteamentos e para a implantação da área industrial, como é o caso do bairro de Canudos. Muitas encostas foram cortadas para a retirada de material de empréstimo para execução de aterros na planície e para dar lugar a ruas e edificações.

5.2.2 Evolução da Cidade de Antônio Carlos

A área urbana atual de Antônio Carlos e seus arredores, entre os anos de 1845-1850, era ocupada por “estâncias (fazendas) de nacionais, originários de São Miguel, que adentraram o vale do Rio Biguaçu, embasados numa economia escravagista”⁴ (REITZ, 1988, p. 178).

Na margem direita do rio Biguaçu, junto à atual igreja, estabeleceu-se Manoel Coelho Jordão, que era proprietário das terras para o leste e para o oeste, isto é, até mais ou menos início do perímetro urbano, na divisa de Antônio Carlos com Biguaçu (lado leste) e até o morro do Zé Maneca (REITZ, 1988), onde termina o lado oeste do atual perímetro urbano.

Essa propriedade contava com duas edificações, a casa do senhor Manoel e a senzala (REITZ, 1988). No início do século XX, esta propriedade foi “alienada e parcelada em diversas glebas” (REITZ, 1988, p.179) e, por volta de 1915, o que é hoje o perímetro urbano era composto por seis minifúndios (REITZ, 1988).

Segundo Reitz (1988), entre 1915 a 1920, José Luiz Hoffmann estabeleceu-se na casa de Manoel Coelho Jordão e construiu seis casas, nos arredores da colina da atual igreja, para alugá-las, gerando assim, o embrião da cidade de Antônio Carlos. Nestas casas instalaram-se os primeiros artesões, casa de comércio e a escola. Mas, para Reitz (1988) foi a construção da Igreja Matriz, em 1925, que “sedimentou e perpetuou a vida comunitária do povoado” (p. 182) e que iniciou a existência da cidade.

O perímetro urbano da cidade de Antônio Carlos foi definido pela Lei Municipal nº. 18/1966 nos moldes da mesma área da Lei Municipal nº. 7/1938 de Biguaçu, que criou o perímetro urbano e suburbano da Vila de Antônio Carlos.

Em 1973, a Prefeitura Municipal, comprou o terreno em frente à igreja matriz, para a construção da praça e jardim central da cidade, que foi criada pela Lei nº. 196/1981 e recebeu a denominação de Praça Anchieta.

⁴ Ao utilizar o termo “nacionais” o autor está se referindo aos imigrantes açorianos e seus descendentes.

Com a modificação do curso do rio Biguaçu, a área anteriormente ocupada pelo leito do rio foi aterrada e deu lugar à nova sede da Prefeitura Municipal, ao Centro de Educação Infantil (CEI), ao posto da Polícia Militar, ao terminal rodoviário e as mais variadas edificações.

Com o passar dos anos, a área urbana do Município foi sendo ampliada. Em 1994, a área urbana possuía 3.380.780,00 m². Ela iniciava a leste, na divisa do município de Antônio Carlos com Biguaçu e terminava a oeste no Morro do Zé Maneca, ao norte era limitada pelo rio Biguaçu e ao sul pelo Morro da Cana.

Em 2005, foram acrescentados mais 976.020,00 m², que compreendem a área delimitada pela Rua Militão José Coelho, no bairro Canudos. E, em 2009, foram acrescentados mais 985.360,00 m², que compreende uma área ao norte do rio Biguaçu, onde será construída a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), o que resulta em uma área urbana total de 5.342.160, 00 m².

Com relação ao crescimento populacional, a população rural sempre foi maior que a urbana na área de estudo. A população urbana tem aumentado em todos os recenseamentos realizados no município, sendo que no censo de 2000, a população urbana praticamente duplicou em relação ao censo de 1991, e a população rural se manteve estável. Já na contagem da população de 2007, a população urbana continuou a crescer e a população rural, também aumentou como pode ser observado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – População total residente e situação domiciliar⁵

Situação domiciliar/ População Total	Ano								
	1940	1950	1960	1970	1980	1991	1996	2000	2007
Urbana	183	268	799	499	710	977	1.210	1.760	2072
Rural	3.772	4.078	3.723	5.125	4.702	4.636	4.797	4.674	5015
Total	3.955	4.347	4.522	5.624	5.412	5.613	6.007	6.434	7087

Fonte: Reitz (1988), BRASIL (2008, 2009), organizados pela autora.

Na década de 70 muitos moradores de Antônio Carlos migraram para outras cidades, como Joinville, Blumenau, Brusque e Florianópolis, provocando uma queda, principalmente na população rural, como pode ser observado na Tabela 5.2. Estas pessoas saíram de Antônio Carlos em busca de novas oportunidades, de melhores empregos e condições de vida mais favoráveis, do que o campo poderia proporcionar. Outro fator que contribuiu para esta

⁵ Os dados do censo de 1940 a 1960 correspondem ao distrito de Alto Biguaçu, quando este fazia parte do município de Biguaçu (REITZ, 1988) e os dados a partir de 70 são referentes ao município de Antônio Carlos, criado em 1963.

migração está relacionado com a divisão das propriedades entre os herdeiros, que não poderia ocorrer infinitamente.

Nesta última década, o que se observa é que muito desses moradores têm retornado. Alguns retornam já aposentados, outros voltam devido à violência nas maiores cidades catarinenses, o que auxilia a explicar tanto o crescimento da população rural como da população urbana.

Além disso, o crescimento da população urbana também está atrelado ao próprio crescimento vegetativo da população e à proximidade do município de Antônio Carlos à capital do Estado, Florianópolis, e sua área conurbada (Biguaçu, São José e Palhoça), pois muitas pessoas que trabalham nesta área foram morar em Antônio Carlos.

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 ANÁLISE DOS EVENTOS NATURAIS ADVERSOS CORRIDOS NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS ENTRE 1980 E 2010

Buscou-se nesta seção analisar os eventos naturais adversos que ocorreram na cidade de Antônio Carlos, a partir de 1980 a 2010, num período de 30 anos. O estudo foi baseado no trabalho de Herrmann (1999), que analisou os sistemas atmosféricos em que ocorreram fenômenos pluviais intensos ou dias consecutivos de chuva que causaram danos ambientais, sociais e econômicos na área conurbada de Florianópolis no período de 1980 a 1995. O mesmo trabalho foi realizado por Souza (2006) para os bairros Forquilha, Flor de Nápoles e Picadas do Sul, em São José, no período de 1995 a 2006; por Testa (2006) para a área urbana de Biguaçu, no período de 1980 a 2006 e Cardozo (2009) para a bacia do rio Forquilha, em São José, no período de 1980 a 2008.

Além disso, foram utilizados os dados de precipitações diárias da Estação Meteorológica de Antônio Carlos e, quando possível, foi realizada uma descrição dos eventos ocorridos por meio de notícias em jornais e dados dos Avadans. Os eventos de janeiro e novembro de 2008 e de março de 2010, que ocorreram durante a realização desta pesquisa, foram descritos com maior número de informações.

6.1.1 Eventos Adversos Ocorridos no Município de Antônio Carlos

Ao longo de 30 anos foram verificados 23 eventos que causaram danos ou prejuízos na área de estudo relacionados à dinâmica do meio físico, isto é, a fenômenos ligados à dinâmica pluvial (alagamentos), fluvial (inundação, erosão marginal) e a movimentos de massa (deslizamentos).

Esses eventos são apresentados na tabela 6.1, descrevendo o ano, o dia e mês, quando possível, qual o fenômeno ocorrido, segundo o padrão definido pela Defesa Civil (CASTRO, 2003; 2008) contido nos Avadans e se foi decretada situação de emergência (SE) ou calamidade pública (CP) pelo município.

Com relação ao ano de 1983, foi encontrado o registro de apenas um evento, inundação brusca no verão (HERRMANN, 2007), mas ao analisar os dados de precipitação diária daquele ano e os relatos dos moradores, optou-se por incluir os meses de janeiro, fevereiro, julho, novembro e dezembro na análise. O mesmo fato ocorreu com os meses de janeiro de 1989 e 1992 e outubro de 1997.

Tabela 6.1 – Registro dos eventos naturais adversos ocorridos no município de Antônio Carlos/ SC entre 1980 e 2010

Ano	Dia	Mês	Ocorrência	SE ou CP
1981	27 a 29	Outubro	Inundação gradual e escorregamento	
		Janeiro		
	14	Fevereiro	Inundação Brusca	
1983		Julho		
		Novembro		
		Dezembro		
1984	6 e 7	Agosto	Inundação Gradual	
1989		Janeiro		
1991	13 a 15	Novembro	Inundação Gradual	SE
1992		Janeiro		
1993	08	Fevereiro	Inundação Gradual	SE
	21 e 22	Fevereiro	Inundação Brusca	CP
1994	10 e 11	Março	Inundação Gradual e Escorregamento	
	24	Dezembro	Inundação Gradual	SE
1995	28 e 29	Dezembro	Inundação Gradual	SE
1997	26	Janeiro Outubro	Inundação Gradual	
	26	Janeiro	Inundação Brusca	SE
1998	10	Dezembro	Inundação Brusca	SE
2000	10 e 11	Janeiro	Inundação Brusca.	SE
	31	Janeiro	Inundação Brusca, Alagamento e Escorregamento	SE
2008	22 a 25	Novembro	Inundação Gradual e Escorregamento	SE
2010	25	Março	Inundação Brusca	SE

Fonte: Reitz (1988), Kremer (1993), Herrmann *et al.* (2007), AVADANs e dados de jornais, organizados pela autora.

Legenda: SE – Situação de Emergência CP – Calamidade Pública

Todos os eventos apresentados acima foram desencadeados por precipitações excepcionais ou por dias consecutivos de chuvas que serão descritos no item 6.1.2. Dos registros existentes sobre a tipologia do fenômeno 7 eventos foram classificados como inundações bruscas, 9 como inundações graduais, 4 como deslizamentos e 1 alagamento, sendo que os dois últimos fenômenos ocorrem concomitantemente com um dos tipos de inundação.

Além dos eventos apresentados na Tabela 6.1, há registro de eventos anteriores relatados na literatura. A inundação de 1916 é considerada por Reitz (1988) como a maior e mais

catastrófica enchente no rio Biguaçu, que ocasionou o assoreamento do rio impedindo a passagem de chatas⁶, canoas ou qualquer tipo de transporte por flutuação, como balsas. Segundo o mesmo autor, “(...) as várzeas do Alto Vale do rio Biguaçu viraram um imenso lago” (p.415).

A inundação de 1927 e a enchente de outubro 1932 são apenas citadas por Reitz (1988) e Kremer (1993), não há referência sobre a magnitude dos eventos e dos danos provocados. A inundação de 1937 carregou a primeira ponte de madeira construída sobre o rio Biguaçu em 1930, na Rua Adão Reitz, que ligava a cidade de Antônio Carlos   comunidade de Rachadel (REITZ, 1988).

A inundação de 1957 interrompeu o tráfego rodoviário (REITZ, 1988) e a inundação de 1972 foi caracterizada por Kremer (1993, p.54) como “a maior e mais destruidora das enchentes” ocorridas no Município, que durou de 23 a 25 de dezembro (REITZ, 1988; KREMER, 1993) e destruiu, novamente, a ponte de madeira sobre o rio Biguaçu, na estrada para o Rachadel.

A maior parte dos registros em livros faz menção às inundações, que também são lembradas com mais freq ncia pelos moradores. Outra questão observada em campo foi a localização das residências mais antigas, que se encontram no limite do compartimento da planície com a encosta, diferente das residências atuais, que estão localizadas, muitas vezes, sobre as margens dos canais.

6.1.2 Análise da Precipitação Diária Relacionada aos Meses em que Ocorreram Eventos Adversos na Cidade de Antônio Carlos

A Tabela 6.2 apresenta as precipitações diárias dos meses em que ocorreu algum evento adverso, relacionado à dinâmica do meio físico na cidade de Antônio Carlos. Dos 23 eventos analisados, 13 foram precedidos por dias chuvosos e 10 por dias sem volumes de chuva consideráveis ou mesmo sem chuva. Nos eventos estudados, 17 foram causados por precipitações acima dos 100 mm em 24 h, sendo o evento de març o de 1994 (227 mm), o maior em volume de chuva, precedido pelos eventos de març o de 2010 (172 mm), janeiro de 2008 (170,8 mm) e janeiro de 1997 (164,7 mm). Os maiores volumes de chuva, que desencadearam cada um dos eventos adversos analisados estão destacados em vermelhos na Tabela.

O m s de janeiro de 1997 foi o mais chuvoso com 665,3 mm, o que ocasionou uma inundação brusca, seguido do mês de novembro de 2008, com 628,3 mm precipitados, destacados em vermelho na Tabela 6.2.

⁶ Barco de pouco calado (REITZ, 1988).

Tabela 6.2 – Índice pluviométrico diário relacionados aos meses em que ocorreram eventos adversos na área de estudo (1980 – 2009)

Dias	1981 Out.	1983 Jan.	1983 Fev.	1983 Jul.	1983 Nov.	1983 Dez.	1984 Ago.	1989 Jan.	1991 Nov.	1992 Jan.	1993 Fev.	1994 Fev. ⁷	1994 Mar.	1995 Dez.	1997 Jan.	1997 Out.	1998 Jan.	1998 Dez.	2000 Jan.	2008 Jan.	2008 Fev.	2008 Nov.	2010 Mar.
1	0	0	25,1	0	1	0	0	21,7	7,09	0	19,2	11,4	29,8	0	0	11,6	0,3	0	17,2	0	170,8	0	9,5
2	0	0	1,6	0	2,9	10,9	21,3	9	31	8	14,1	5,1	10,8	0	0	5,8	3,4	0	2,5	0	1,4	14,1	5,5
3	0	0	1,7	2,6	0,6	0,6	20	25	54	4,5	32,9	6,3	0,0	6,9	54,5	0,1	20,4	0	0	0	0	0,9	0,7
4	0	4,2	0	0	4,7	4,1	5,8	13,7	35	0	22,4	0	0,0	0,8	0	8,4	141	12,2	0	0	0	0	36,4
5	29,3	41,6	0	0	0,9	37,7	28,1	22,4	8,6	0	13,0	23,7	0,0	0	0	10	23,5	0,3	0	0,5	0	0	2,5
6	0	104,2	2,6	28,6	14,9	6,4	65,8	114,2	2	0	0,0	0	0,0	0	7	24,1	0	0	8,2	15,4	0	17,2	15,2
7	5	89,7	19,2	57,8	0	1	103,6	0	0	0	0,0	1	30,5	0,2	0	10,4	3	0	22,4	0	0	27,5	16,8
8	0	3,6	22,2	32,9	0	0	9,8	28,3	0	0	4,7	8,8	0,5	0	0	25,2	1,6	0,8	0	10,2	6,7	8,2	4,6
9	1	0	32,4	48,2	39,1	0	4,4	54,3	0	5,7	83,4	18,8	49,2	0	0,3	13,1	0	0,4	0	0	0	0	31,9
10	0	1,7	26,8	37,2	0	8,2	2,5	0	0	32,4	8,4	0,1	98,2	0	11,8	78,9	2,3	3,9	0	0,9	0	12,2	0
11	0	1,8	6,5	43,5	0,4	50,2	0,6	0	2	0	14,8	8,2	70,0	0	25,9	3,8	0	146,6	72,6	11,1	18	38,6	38,4
12	0	2,9	0	38,7	147,2	55,5	0	0	12,4	1	7,9	1,2	1,9	0	0	0	0	10	45,8	0,9	2,7	11,4	3,4
13	0,3	17,9	0,3	1,1	6,7	11,6	0,8	7,3	0	0	0,0	31,1	2,5	2,4	0	3,9	5	0	0	0	0	11,6	0
14	0	3,4	0,4	16,5	0	22,1	0	0,3	8,8	17,4	9,5	12,7	2,6	0	40	2	0	1,3	54,2	12,3	0	5,3	0
15	0	1,2	107,5	0,2	38,1	6,4	0	5,5	145	0	7,2	17	1,9	0	0	2,7	14	24	13,2	0	0	3,2	11,2
16	1	8,1	1,2	5,3	16,1	0,4	0	19,4	6,8	0,7	0,5	0	9,1	0	0	0,5	0	0,2	30,5	0	0	0	0
17	0	0,1	38,4	68,2	0	98,2	0	6,1	1,3	0	7,2	4	1,3	0	17	0	22,4	3	30,2	0	0,8	0,8	0,3
18	0	0	8	0,6	0	0,3	0	0	0,3	0	52,7	9,8	9,0	0	9,3	1,1	3,4	0	0	1,9	13	0	0
19	1,9	7,4	0	1,1	0	11,4	0,4	0	13,2	0	0,0	9,9	29,6	0	6,1	2,2	0,1	0	2,4	0	0	21,4	0
20	22,1	26,7	61	1,2	4,3	58,6	0,5	0	0	0	0,0	7,9	16,8	0	38,2	14	0,4	0	0	10	0	7,7	1,1
21	3,6	8,5	0	0	0	7,7	11,2	6	0	0	3,7	0	0	0	51,8	42,8	0	0	0	0,8	40,2	43,4	0,1
22	0,3	0	0	0	9,9	1,1	3,3	1	0	10,8	16,2	227	0	0	2	103,6	0	1,3	0	13,8	0	140,8	0
23	0	0	0	0	0	3,1	3,8	0	0	3,5	22,2	15,3	0	60,4	29	0	13	10,2	0	15,1	0	108	0
24	0	2,8	0	13,4	0	0	0,2	7,9	0	17,6	6,7	0	0	91	32,8	3	17,4	9	12,4	0	1,4	38,2	0,1
25	0	34,2	0	55,6	0	0	18,2	7,7	0	53,6	0,9	11,3	0	113	81	0,7	0,2	0	0	14,2	10	33,8	44
26	2,5	4,3	20,1	13	0	1,1	5,6	4,6	17,6	108,4	8,2	6,8	4,4	6,3	25	0	8,3	0	3,6	0,4	10,3	17	172
27	45,2	0	0,4	25,1	20,7	4,3	0	23,7	1,3	2,7	0,2	0	0,0	22,2	164,7	4,2	84	0	0	0,7	34,7	0	5
28	86,3	7,6	76,9	71,4	48,1	30,7	0	10,6	0	7,8	0,0	4,2	0,1	154	4,3	0	0	0	0	7,5	7,2	13,8	2,6
29	72,7	42		11,3	16,4	0	0	0	0	0			0,0	113,9	22,3	0	8,4	0	0	67,8	1,2	2,3	12,8
30	66,1	16,5		1,9	4,2	1,2	1	0	0	7,09			0,0	0	0,1	6,1	0,8	0	0	25,9		50,9	16,4
31	18,5	6,1		30,2		9,9	0	2,4		0			0,0	0	42,2	13,2	23	0	0,4	62,3			0
Total	355,8	436,5	452,3	605,6	376,2	442,7	306,9	391,1	346,4	281,2	356,0	442,7	368,2	571,1	665,3	391,4	395,9	223,2	315,6	271,7	318,4	628,3	430,5

Fonte: Estação meteorológica de Antônio Carlos – SC, organizados pela autora.

⁷ Dados da Estação Meteorológica de São José (2009)

Década de 1980

Os primeiros vinte dias do mês de outubro de 1981 foram praticamente sem chuva, com exceção do dia 5 e do dia 20, com 29,3 mm e 22,1 mm de precipitação, respectivamente. Do total de 358,8 mm de chuva que precipitaram no mês de outubro, 270,3 mm ocorreram entre os dias 27 e 30, resultando em inundação gradual e deslizamentos na área de estudo. Sendo que no dia 28, choveu 86,3 mm, no dia 29, 72,7 mm e no dia 30, 66,1 mm, como pode ser observado na Figura 6.1.

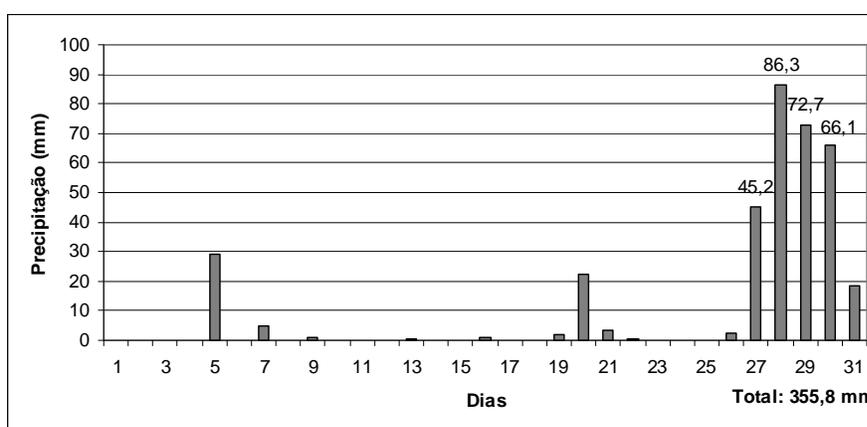


Figura 6.1 – Precipitação diária do mês de outubro de 1981.

O ano de 1983 é ano mais chuvoso medido pela estação meteorológica de Antônio Carlos, como pode ser observado na Tabela 5.1 na página 52, e considerado por Herrmann (1999), o ano mais chuvoso do estado de Santa Catarina, dentre os anos que se tem registro.

No ano de 1983 ocorreu o episódio mais forte do *El Nino* do século XX, que afetou a maioria dos municípios do estado de Santa Catarina, provocando inundações, principalmente, durante os meses de janeiro, julho, novembro e dezembro (HERRMANN, 1999).

No município de Antônio Carlos, os meses de janeiro, fevereiro, julho, novembro e dezembro (436,5 mm, 452,3 mm, 605,6 mm, 376,2 mm, 442,7 mm, respectivamente) tiveram uma grande quantidade de chuvas que ocasionaram danos.

O mês de janeiro de 1983 começou sem chuvas, sendo que no dia 05 precipitou 41,6 mm, no dia 06 precipitou 104,2 mm e no dia 07 precipitou 89,6 mm, totalizando 235,5 mm em 3 dias consecutivos, como pode ser observado na Figura 6.2, devido a uma frente quente de retorno.

O mês de janeiro teve 22 dos 31 dias com chuvas, totalizando 438,5 mm de chuva, sendo que depois da inundação do início do mês, as precipitações mais consideráveis ocorreram nos dias 25, com 34,2 mm e no dia 29 com 42 mm.

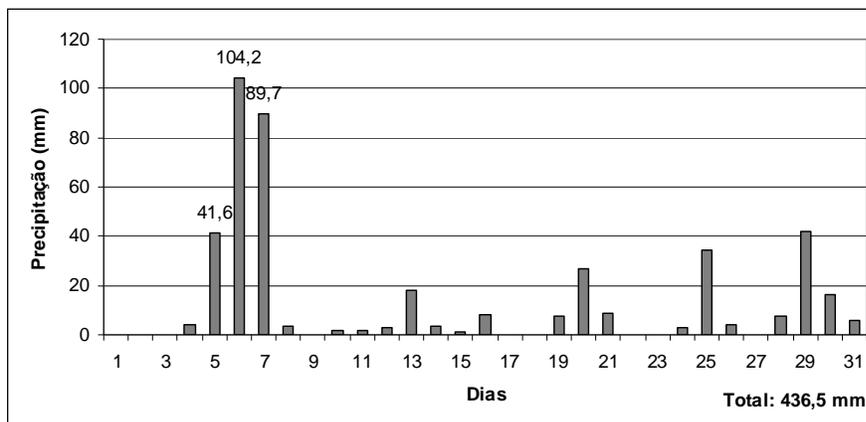


Figura 6.2 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1983.

O mês de fevereiro de 1983 teve um total de 452,3 mm de chuva, sendo que no dia 15, choveu 107,5 mm ocasionando uma inundação brusca no Município. O mês iniciou chuvoso, como mostra a Figura 6.3. As duas primeiras semanas acumularam uma precipitação de 138,8 mm, ocasionando o encharcamento do solo. Após a chuva do dia 15, apenas os dias 20 e 28 tiveram chuvas expressivas (61 e 76,9 mm respectivamente) sem ocasionar maiores danos no Município.

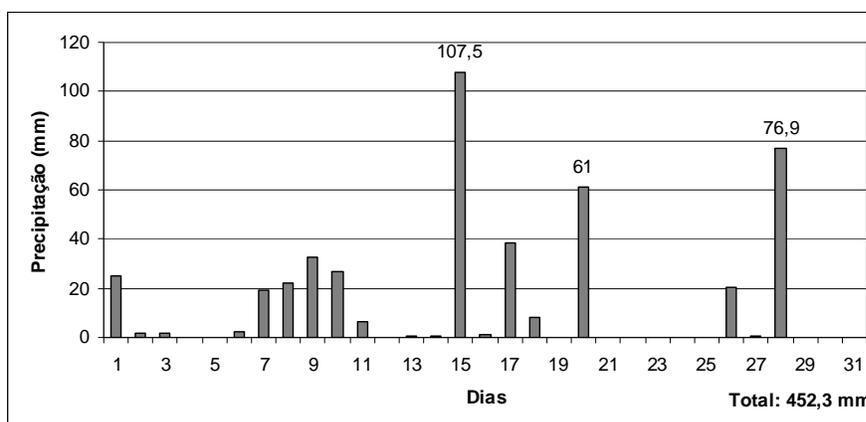


Figura 6.3 – Precipitação diária do mês de fevereiro de 1983.

O mês de julho foi o mais chuvoso daquele ano com 605,6 mm e o maior índice mensal do mês de julho registrado ao longo de 32 anos medidos na estação meteorológica de Antônio Carlos, sendo que normalmente este mês é um dos meses mais secos do ano na área de estudo, como pode ser observado na Figura 5.1 da página 50.

As chuvas foram constantes ao longo de todo mês, provocando pequenas inundações, que atingiram pontos isolados do Município. Entre os dias 6 e 12 choveu 248,2 mm, sendo que o dia 7 teve 57,8 mm de chuva. Ainda no dia 17, choveu 68,9 mm e entre os dias 24 e 31

precipitou mais 221,9 mm, sendo que 71,4 mm apenas no dia 28, como pode ser observado na Figura 6.4. As chuvas contínuas desse mês foram provenientes de um sistema frontal semi-estacionário na região (HERRMANN, 1999).

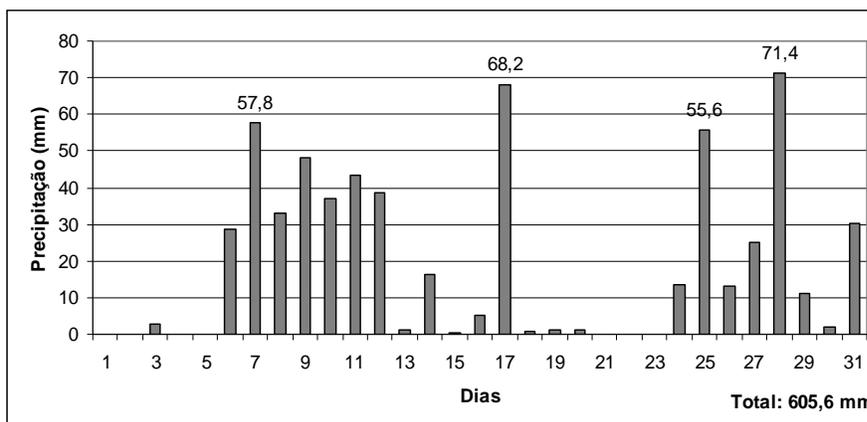


Figura 6.4 – Precipitação diária do mês de julho de 1983.

O mês de novembro teve um total de 378,2 mm, sendo que a inundação foi decorrente dos 147,2 mm de chuva do dia 12 de novembro originado por uma frente quente de retorno. Nos dias anteriores, as chuvas foram praticamente nulas, como pode ser observado na Figura 6.5.

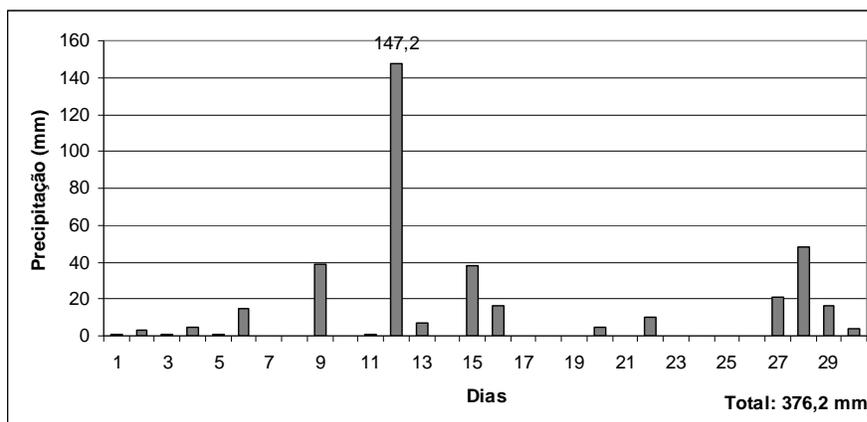


Figura 6.5 – Precipitação diária do mês de novembro de 1983.

O mês de dezembro de 1983 começou chuvoso, já na primeira quinzena o total precipitado foi de 214,7 mm, e no dia 17, choveu 98,2 mm, como mostra a Figura 6.6, ocasionando inundações na área de estudo. Essas inundações ocorreram devido à grande concentração de chuva no dia 17 e aos vários dias de precipitação acumulados na primeira quinzena do mês, o que ocasionou a saturação do solo, dificultando a infiltração das águas. O mês de dezembro teve um total mensal de 442,7 mm de precipitação, tendo chovido em 25 dos 31 dias do mês.

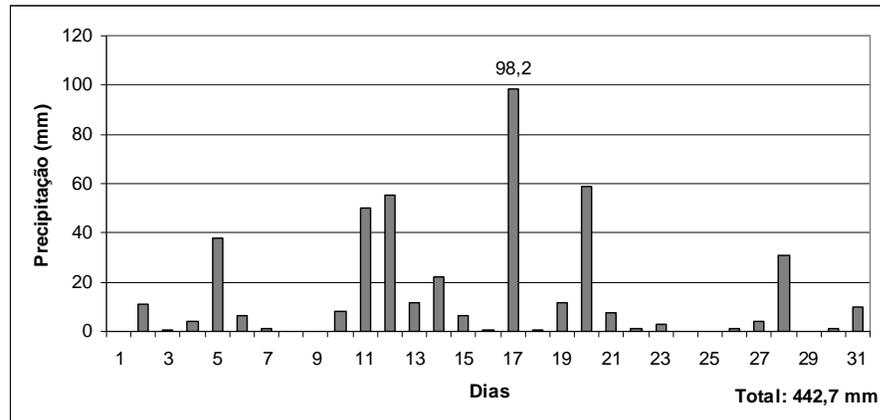


Figura 6.6 – Precipitação diária do mês de dezembro de 1983.

As chuvas do ano de 1984 não tiveram associação com o fenômeno *El Niño*. As chuvas do mês de agosto foram decorrentes da passagem das frentes frias, e a inundação brusca entre os dias 05 e 07 ocorreu devido às chuvas frontais (HERRMANN, 1999).

Em agosto de 1984, choveu durante toda a primeira semana do mês, totalizando 244,6 mm em sete dias, como mostra a Figura 6.7. No dia 05, precipitou 28,1 mm, no dia 06 precipitou 65,8 mm e no dia 07 mais 103,6 mm, totalizando 197,5 mm em apenas 3 dias, o que ocasionou inundações bruscas. No restante do mês as precipitações não foram significativas e o mês totalizou 306,9 mm de chuva.

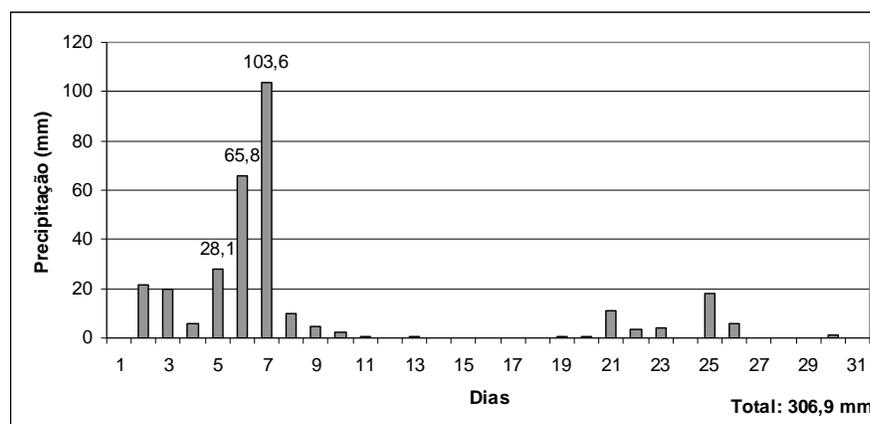


Figura 6.7 – Precipitação diária do mês de agosto de 1984.

O m s de janeiro de 1989 foi bastante chuvoso na área de estudo, com um total de 391,1 mm precipitados. A chuva do dia 6, 114,2 mm, causou inundação brusca na área de estudo, já que nos dias anteriores as chuvas não foram significativas, como pode ser observado na Figura 6.8. Nesse dia, havia uma frente fria deslocando-se do sul do continente

em direção à Região Sul do Brasil, provocando queda de temperatura com chuvas e trovoadas esparsas e ventos por correntes de jato subtropical (HERRMANN, 1999).

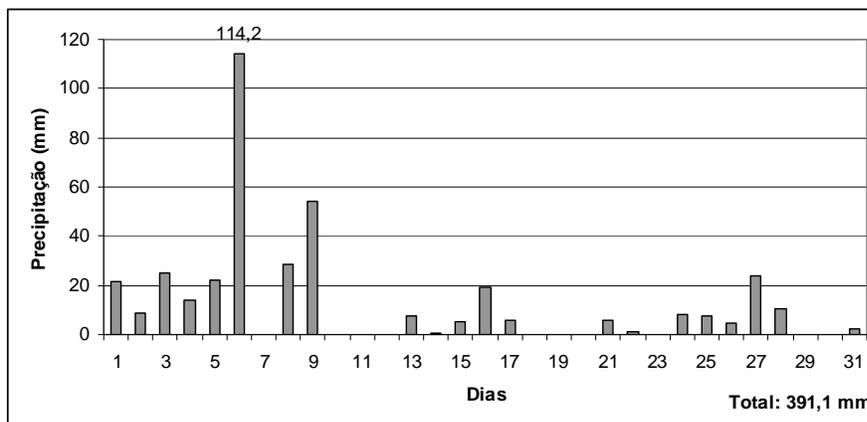


Figura 6.8 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1989.

Década de 1990

Na primeira semana do mês de novembro de 1991 já haviam sido acumulados 137,7 mm de chuvas. No dia 15 choveu 145 mm devido à influência do fenômeno *El Niño* (HERRMANN; MENDONÇA; CAMPOS, 1994), ocasionando inundações e escorregamentos. No restante do mês as precipitações não foram significativas, como mostra a Figura 6.9. O total mensal foi de 346,39 mm.

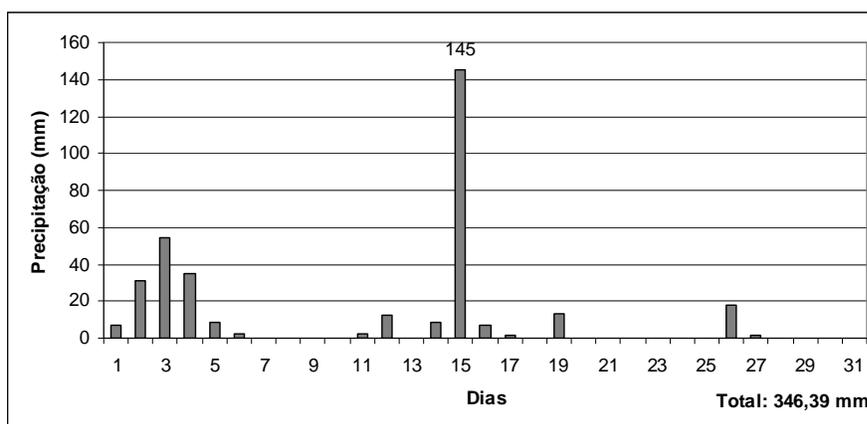


Figura 6.9 – Precipitação diária do mês de novembro de 1991.

O município de Antônio Carlos decretou situação de emergência (SE), sendo que grande parte do sistema viário municipal foi destruído, além de inúmeras pontes, bueiros e pontilhões.

O sistema que provocou essas chuvas foi um aglomerado convectivo que se formou sobre o sul do Paraguai e o norte da Argentina, que se intensificou e deslocou para leste. No dia 13, a nebulosidade, associada a um vórtice ciclônico que vinha cruzando os Andes, propagou-se para leste, atingiu o centro-norte da Argentina, e, na manhã do dia 14, causou chuvas no Rio Grande do Sul e no leste de Santa Catarina. Na tarde deste dia, o sistema deu origem à ciclogênese e frontogênese sobre o litoral, sendo que seu deslocamento foi rápido, tendo sido observada convecção tropical muito intensa sobre o Brasil Central (HERRMANN, 1999).

O mês de janeiro de 1992 teve um total de 281,2 mm precipitados, facilitado pelo *El Niño*, em atuação desde meados de 1991 (HERRMANN; MENDONÇA; CAMPOS, 1994). As chuvas que precipitaram no dia 26, num total de 108,4 mm (Figura 6.10), provocaram inundações bruscas na área de estudo.

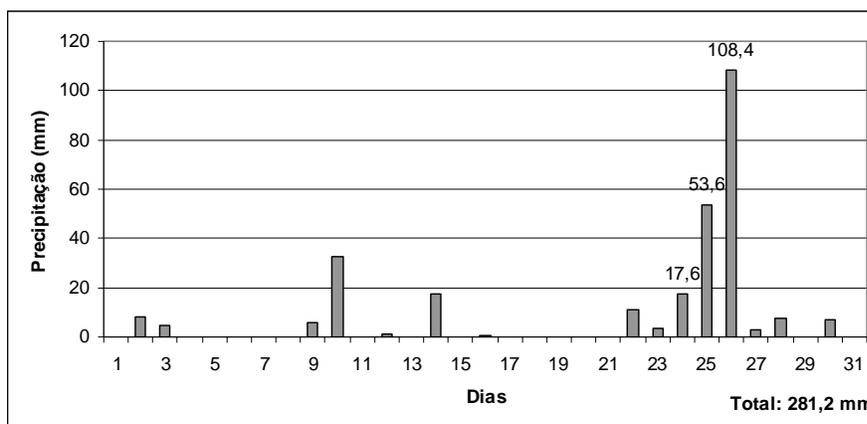


Figura 6.10 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1992.

As chuvas foram ocasionadas por um sistema frontal que deslocou-se apenas pelo litoral, e que foi intensificado a partir do dia 23, devido à presença de extensas áreas de instabilidade convectiva associada às baixas pressões formadas no oceano, que se encontravam no noroeste do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (HERRMANN, 1999).

O ano de 1993 iniciou chuvoso. Dos 2.026,3 mm de chuva que ocorreram durante o ano, 698,8 mm precipitaram nos dois primeiros meses, sendo 342,8 mm em janeiro e 356 mm em fevereiro.

As chuvas do mês de janeiro ocorrem durante 20 dos 31 dias, como pode ser observado na Figura 6.11. A primeira semana de janeiro teve um total de 136,6 mm, sendo que 49 mm precipitaram no dia 02. As chuvas, de um modo geral, não tiveram nenhum valor significativo (no dia 17, 50,3 mm, e no dia 26, 36,4 mm) que provocasse inundação da área de estudo, mas ajudaram na saturação do solo.

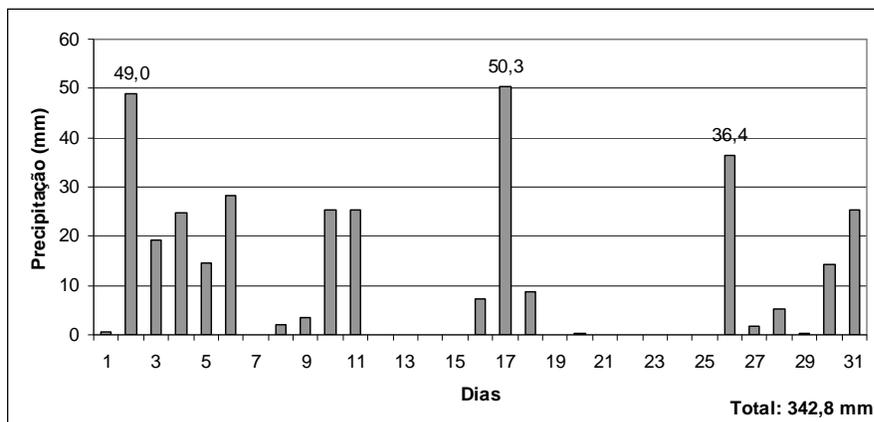


Figura 6.11 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1993.

No mês de fevereiro ocorreu precipitação em 22 dos 28 dias do mês, como mostra a Figura 6.12. Na primeira semana de fevereiro choveu 101,6 mm, sendo que no dia 09 precipitou 83,4 mm, provocando inundação gradual e deslizamentos no Município, que foram ocasionadas pelas frentes frias estacionárias sobre o estado de Santa Catarina (HERRMANN; MENDONÇA; CAMPOS, 1994).

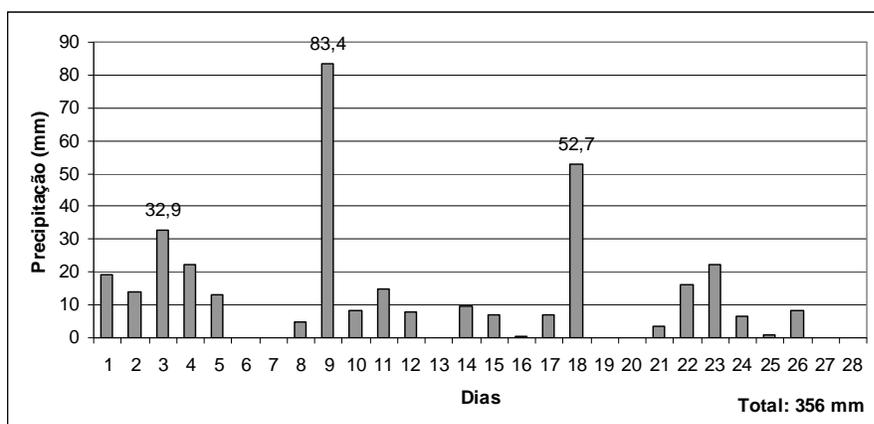


Figura 6.12 – Precipitação diária do mês de fevereiro de 1993.

O município de Antônio Carlos decretou situação de emergência; as localidades de Santa Maria, Rachadel, Vila Doze, Morro dos Mannes, Louro, Egito, Rio Farias e Guiomar foram atingidas (O Estado, 1993). A malha viária foi comprometida com quedas de barreiras, pontes, pontilhões e bueiros entupidos; 80% da produção agrícola ficou comprometida e muitas áreas marginais ao rios utilizadas pelos agricultores foram erodidas.

Na área urbana as ruas Daniel Petry, João Henrique Pauli, 6 de novembro e a Praça Anchieta foram atingidas, além da ocorrência da destruição de uma ponte (ponte do Cantório) com 32,5 m sobre o rio Biguaçu.

Para a análise da precipitação que ocasionou a inundação entre os dias 21 e 22 de fevereiro de 1994 foram utilizados os dados da estação meteorológica de São José e não os dados da estação de Antônio Carlos, pois a data do evento que consta no Avadan e nos jornais não coincide com os dados de chuva dessa estação.

O Avadan e os dados coletados a partir dos jornais locais informam que a chuva que ocasionou a inundação do mês de fevereiro ocorreu entre a noite do dia 21 e 22. Já a estação de Antônio Carlos apresenta 195,1 mm de chuva no dia 25, sendo que no dia 22 constam apenas 48,2 mm de chuva.

As chuvas do mês de fevereiro foram associadas à ocorrência de vórtices ciclônicos e a passagem de sistemas frontais (HERRMANN, MENDONÇA, CAMPOS, 1994), que provocaram precipitação em 21 dos 28 dias do mês, o que resultou um total mensal de 442 mm como mostra a Figura 6.13.

Entre às 23 h do dia 21 e às 3 h do dia 22 de fevereiro, choveu 227,4 mm sobre a região da Grande Florianópolis, ocasionando inundações graduais e escorregamentos em Antônio Carlos. Esta precipitação ocorreu devido à atuação de um cavado nos baixos níveis, que permaneceu semi-estacionário entre os dias 21 e 23, por causa da presença de um vórtice ciclônicos sobre a região (HERRMANN; MENDONÇA; CAMPOS, 1994).

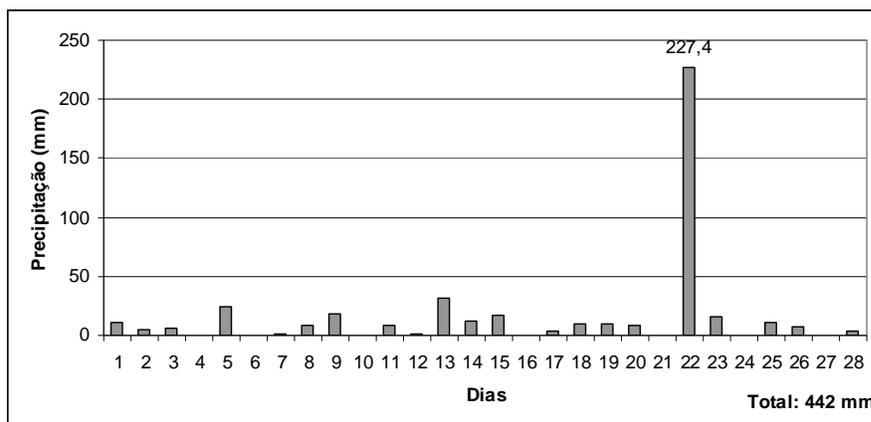


Figura 6.13 – Precipitação diária do mês de fevereiro de 1994.

Fonte: Estação meteorológica de São José.

A chuva iniciou às 23 h, quando a maré estava com a altura de 0,96 m. Durante duas horas de chuvas fortes a maré chegou a 1,13 m à 1 h do dia 22, o que pode ter provocado o represamento das águas do rio Biguaçu, em todo o seu setor estuarino, agravando o fenômeno da inundação.

Em Antônio Carlos não ocorreram problemas na cidade, mas as estradas vicinais que ligam as comunidades do interior ficaram intransitáveis e parte do município ficou sem energia elétrica até às 19 h do dia 23. O Município decretou situação de Calamidade Pública (Diário Catarinense, 1994).

Em março, do mesmo ano, a precipitação total do mês foi de 368,2 mm, sendo que as precipitações mais significativas ocorreram entre os dias 09 e 11, conforme a Figura 6.14, que resultaram na ocorrência de inundações e deslizamentos no Município.

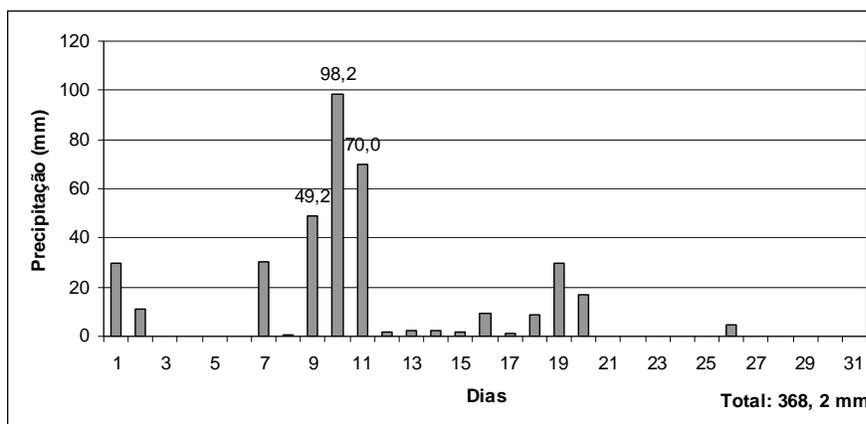


Figura 6.14 – Precipitação diária do mês de março de 1994.

No dia 09 precipitou 49,2 mm de chuva, no dia 10 foram 98,2 mm e no dia 11, 70 mm, totalizando 217,4 mm. As chuvas foram ocasionadas pela passagem de três vórtices ciclônicos sobre a região sul do Brasil, que apresentaram um deslocamento para sudoeste, ficando seu centro sobre o litoral dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (HERRMANN, 1999).

Nesse evento ocorreu um deslizamento na madrugada do dia 11, na comunidade de Rio Farias, no interior de Antônio Carlos, ocasionando a morte de três crianças de 2, 7 e 13 anos, da mesma família, soterradas. O deslizamento foi localizado a menos de 10 m dos fundos da residência, sendo que dias antes havia ocorrido outro deslizamento no mesmo local, que não havia atingido a casa (A Notícia, 1994).

O mês de dezembro de 1995 foi praticamente sem chuvas até o dia 22 (10,3 mm), como mostra a Figura 6.15. A partir do dia 23 até o dia 29 foram precipitados 560,8 mm em seis dias consecutivos de chuvas, causando inundações bruscas com graves conseqüências na área de estudo. A maré nesse dia chegou a 1,1 m às 3:53 h, o que pode ter agravado as inundações por causa do represamento das águas do rio Biguaçu.

Entre os dias 22 e 28 um vórtice ciclônico dos médios e baixos níveis permaneceu semi-estacionário ao sul do Paraguai. A umidade das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil

convergir para este vórtice, intensificando um sistema frontal que se deslocava pela região sul, resultando em chuvas intensas no leste de Santa Catarina (HERRMANN, 1999).

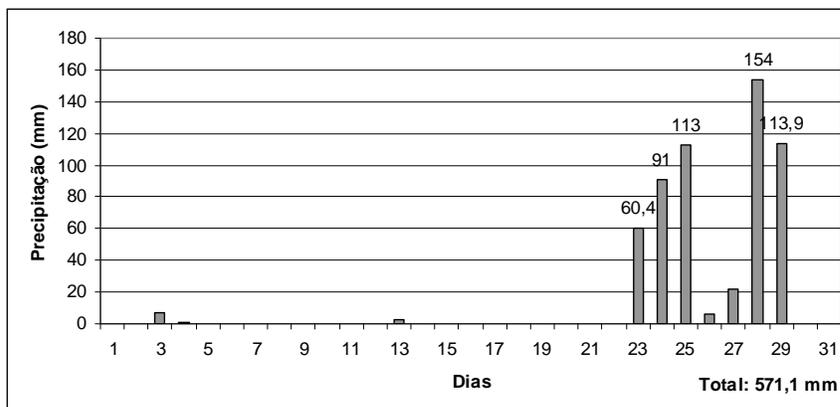


Figura 6.15 – Precipitação diária do mês de dezembro de 1995.

Antônio Carlos decretou situação de emergência nesse evento, com prejuízos na agricultura, nas estradas vicinais, pontes e bueiros calculados na ordem de R\$ 500.000,00 (A Notícia, 1995).

O mês de janeiro de 1997 foi o mais chuvoso em 32 anos analisados, 665,3 mm. A precipitação excepcional deste mês ocorreu devido à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que alcançou o litoral de Santa Catarina (HERRMANN, 2007).

Os primeiros dez dias do mês foram secos, tendo precipitado apenas 73,6. A partir da segunda quinzena o mês se tornou bastante chuvoso, tendo precipitado 292,2 mm até o dia 25. No dia 26 foram precipitados 164,7 mm de chuva, ocasionando uma inundação na área de estudo, mas cabe ressaltar que o solo encontrava-se saturado devido aos dias consecutivos de chuva, como pode ser observado na Figura 6.16.

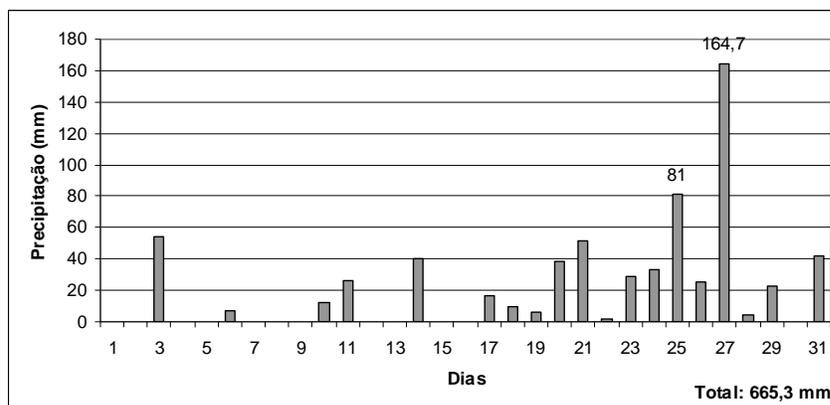


Figura 6.16 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1997.

Todo o município de Antônio Carlos foi atingido. Na área urbana houve alagamento e várias pessoas ficaram desalojadas. Na área rural, houve perdas na agricultura e destruição das estradas. Onze pontes foram arrancadas e outras 5 ficaram parcialmente destruídas (erosão das cabeceiras). O sistema viário foi danificado devido a deslizamentos, destruição de bueiros e pontilhões, que isolaram comunidades do interior por vários dias.

No total 26 pessoas ficaram desalojadas e 07 desabrigadas, 2 residências danificadas e 1 destruída; 01 escola de ensino pública danificada; foram contabilizados R\$ 2.000.000,00 reais de prejuízos na agricultura e parte do município ficou sem abastecimento de água e luz nos dias 26 e 27 de janeiro.

O mês de outubro de 1997 é marcado por precipitações em 24 dos 31 dias do mês, conforme Figura 6.17. Até o dia 21, já havia sido acumulado um total de 260,6 mm de chuva, ocasionando o encharcamento do solo. No dia 22 precipitou 103,6 mm o que provocou inundação no Município. A precipitação total do mês chegou a 391,4 mm.

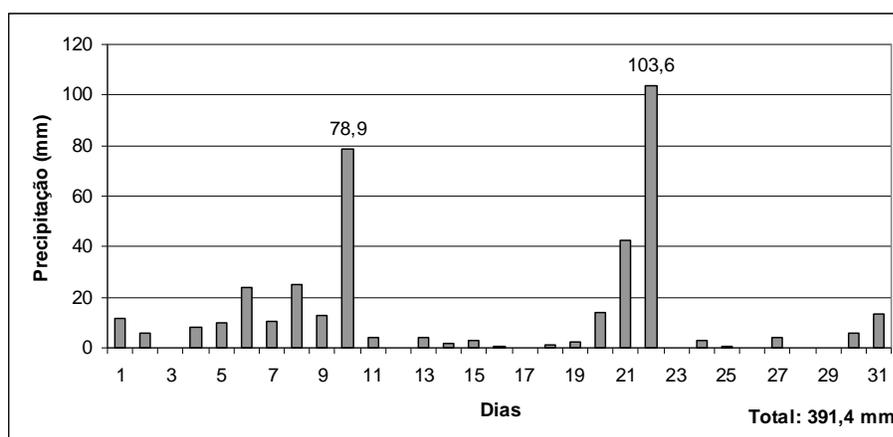


Figura 6.17 – Precipitação diária do mês outubro de 1997.

O mês de janeiro de 1998 teve um total de 395,4 mm de precipitação, e duas inundações bruscas. Uma no dia 4, com um total de 141 mm e outra no dia 26, com 84 mm, conforme observado na Figura 6.18. A inundação brusca do dia 26 ocasionou muitos danos no Município, quando então foi decretada situação de emergência.

A inundação do dia 26 danificou 12 residências, uma escola pública e um posto de saúde e deixou 19 pessoas desalojadas; comunidades do interior ficaram isoladas, devido à destruição de pontes, bueiros e deslizamentos, além da falta de energia e do abastecimento de água comprometido; 40% da produção de agrícola do Município foi destruída somando perdas da ordem de R\$ 200.000,00.

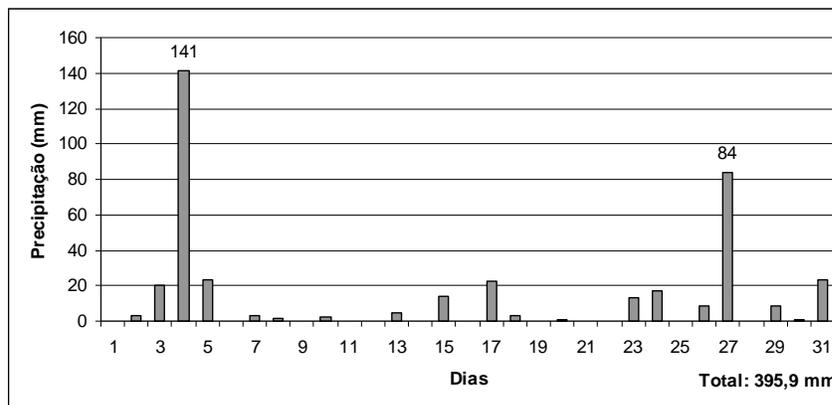


Figura 6.18 – Precipitação diária do mês de janeiro de 1998.

O mês de dezembro de 1998 teve um total de 223,2 mm de chuva, dos quais, 146,6 mm precipitaram no dia 11, como mostra a Figura 6.19, sendo que o restante do mês ocorreram chuvas pouco expressivas. Este volume de chuva do dia 11 ocasionou uma inundação brusca no município, que decretou situação de emergência (A Notícia, 1998).

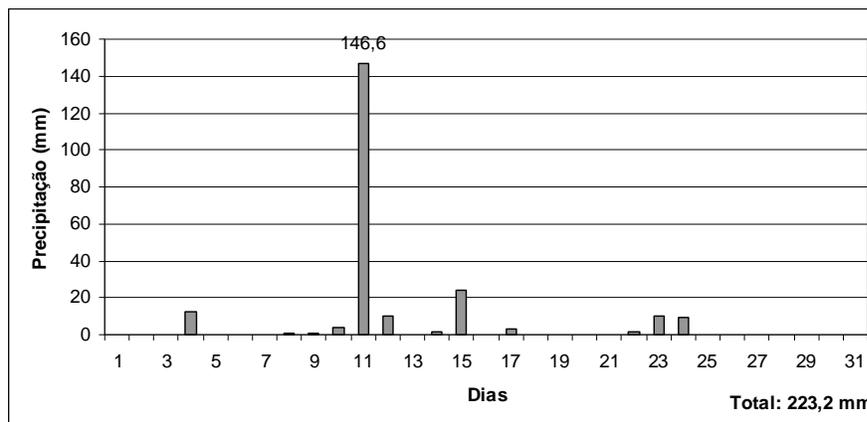


Figura 6.19 – Precipitação diária do mês de dezembro de 1998.

Década de 2000

As chuvas mais expressivas do mês de janeiro de 2000 concentraram-se entre os dias 11 e 17, quando precipitaram 246,5 mm dos 315,6 mm do total do mês, como mostra a Figura 6.20. Essa precipitação ocasionou inundação brusca entre os dias 10 e 11, que foram acompanhadas de granizo, pela qual o município decretou situação de emergência, pois houve a destruição de pontes, bueiros, da malha rodoviária, das plantações e de casas.

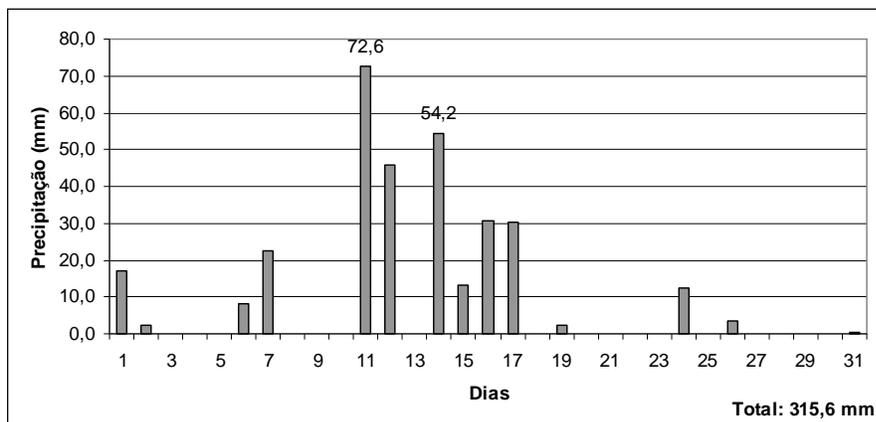


Figura 6.20 – Precipitação diária do mês de janeiro de 2000.

6.1.2.1 Evento do dia 31 de janeiro de 2008

O mês de janeiro de 2008 foi bastante chuvoso, com um total mensal de 442,5 mm de acordo com a Figura 6.21. As precipitações ocorridas até o dia 28 não tiveram um índice muito significativo (115,7 mm).

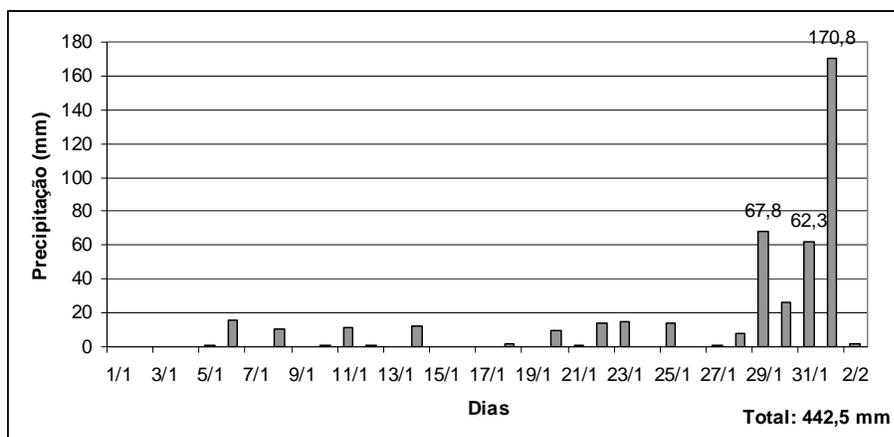


Figura 6.21 – Precipitação diária do mês de janeiro de 2008.

As chuvas na região começaram a partir do dia 28 de janeiro, sendo registrados, entre às 9 horas do dia 28 e às 9 horas do dia 31, 156 mm, que provocaram o encharcamento do solo, e resultou em alguns deslizamentos na área de estudo. Devido aos 156 mm de chuva acumulados nos dias anteriores, no dia 31, o rio Biguaçu, pela manhã, estava com o nível de água elevado, inundando algumas áreas.

Segundo os relatos dos moradores, o período mais intenso de chuvas ocorreu entre às 9 h e às 15 h do dia 31, quando o nível do rio Biguaçu e de seus afluentes subiu consideravelmente

inundando todo o município de Antônio Carlos (Figura 6.22). A precipitação registrada neste dia foi de 170,8 mm⁸. A maré mais alta ocorreu às 2h e às 21 h, com 0,8 m, e no horário de maior concentração da chuva a maré oscilou entre 0,7 e 0,8 m.



Figura 6.22 – Rio Biguaçu com o extravasamento das margens, próximo à confluência do rio do Louro. Foto: Solange R. Wilvert, 31 jan. 2008.

As chuvas ocorreram devido a um sistema de baixa pressão que atuou no litoral de Santa Catarina, formando muitas nuvens, associado a um Jato Subtropical em altos níveis, que ficou mais ativo durante a tarde (SANTA CATARINA, 2008).

Na zona rural do Município, a inundação atingiu muitas áreas de pastagens e áreas agrícolas, comprometendo a colheita, além de inúmeras famílias que tiveram suas residências inundadas. Durante o período da manhã, praticamente, todas as estradas e ruas do município estavam transitáveis, a partir da tarde, comunidades inteiras ficaram isoladas e sem energia elétrica até o restabelecimento por volta das 12 horas do dia 01 de fevereiro. Segundo os dados do AVADAN, 3.800 consumidores ficaram sem energia elétrica no Município.

Já a cidade de Antônio Carlos teve parte de sua área inundada e outras áreas alagadas (ver Mapa 6.1 na página 110). Os alagamentos se formaram principalmente pela saturação natural do solo e/ou pela impermeabilização deste, principalmente pelos aterros. A área alagada ocorreu sobre o antigo leito do rio Biguaçu, ao lado do terminal rodoviário, pois são áreas com topografias mais baixa em relação ao restante do relevo. Esta área foi aterrada e loteada, mas alguns desses lotes ficaram em um nível mais baixo que a área vizinha e sofreram alagamento (Figura 6.23 e 6.24).

⁸ O acumulado de chuva é medido entre as 9 h do dia anterior e às 9 h do dia atual. Assim, o registro de chuvas do dia 01 de fevereiro, é o acumulado das 24 h referente ao período das 9h do dia 31 até as 9 h do dia 01 de fevereiro.



Figura 6.23 – Alagamento da Rua João Henrique Pauli, que ocasionou a interdição da mesma no centro da cidade. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 31 jan. 2008.



Figura 6.24 – Residência localizada sobre o antigo curso do rio Biguaçu. A residência encontra-se em um nível mais baixo (aterro) que as áreas vizinhas. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 31 jan. 2008.

As inundações ocorreram em áreas próximas ao canal que são ocupadas por residências e casas de comércio (Figura 6.25) e nas áreas próximas ao antigo curso do rio Biguaçu, antes do seu deslocamento pela ação antrópica. A partir de uma determinada altura do nível do rio, a água voltou pelo antigo curso abandonado inundando loteamentos inteiros (Figura 6.26), inclusive a prefeitura municipal, que se encontra sobre esse trecho do antigo curso.



Figura 6.25 – Rua Adão Reitz inundada próxima ao canal principal do rio Biguaçu. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 31 jan. 2008.



Figura 6.26 – Rua Jardim Esperança inundada devido ao retorno da água pelo antigo curso do rio Biguaçu, que fica ao final da rua. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 31 jan. 2008.

Algumas áreas foram inundadas devido à construção das residências sobre pequenos cursos de água, que ao serem canalizados tiveram sua vazão máxima mal dimensionada, como é o caso mostrado na Figura 6.27. Mas em casos excepcionais, como este, esta área seria inundada com ou sem canalização do curso, porque as casas estão sobre o próprio eixo de drenagem. A Rua João Henrique Pauli, que aparece inundada na Figura 6.23, é a mesma rua que aparece na Figura 6.27 com um trecho alagado. Esta rua liga a área urbana às comunidades rurais do Município.



Figura 6.27 - Rua João Henrique Pauli e residências inundadas por terem sido construídas sobre um curso de água canalizado. Foto: PM de Antônio Carlos, 31 jan. 2008.

Essa inundação também provocou a interdição da rodovia SC 408, no município de Biguaçu, próximo à base da Petrobrás. Esta rodovia é a principal ligação do município de Antônio Carlos com a rodovia BR 101 e com outros municípios do Estado.

Outro fenômeno desencadeado pelas chuvas dos dias 28 a 31 de janeiro foram os deslizamentos, que interditaram ruas, deixando comunidades sem ligação, além de comprometer a estrutura de algumas residências (Figura 6.28 e 6.29).



Figura 6.28 – Deslizamento próximo a uma residência na área urbana, que ocasionou a queda de uma árvore a menos de 2 m da residência. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 01 fev. 2008.



Figura 6.29 – Deslizamento (na área urbana) em um corte com degraus mal dimensionados, que danificou a estrutura da casa de cima e ocasionou o entulhamento da residência abaixo. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 01 fev. 2008.

Os deslizamentos ocorreram em encostas que tiveram sua forma modificada, como cortes para construção de residências, para a ampliação de estradas e para áreas de extração de

material de empréstimo. A maior parte dos deslizamentos ocorreu na área rural, sendo que aqueles que movimentaram maior volume de terra estão localizados próximos das cabeceiras dos cursos dos rios.

Segundo os dados do AVADAN o município registrou 320 pessoas desalojadas, 14 desabrigadas e 2.800 pessoas afetadas pela inundação ou pelos deslizamentos decorrentes dos quatro dias de chuva e 60 casas foram danificadas e 2 destruídas. Com relação à infra-estrutura do município, os danos nas estradas e ruas pavimentadas foram orçados em R\$ 2.400.000,00.

A Figura 6.30 mostra o solapamento de parte da Avenida João Frederico Martendal, que se encontra sobre a margem do rio Biguaçu. Este local em 2000 recebeu uma estrutura de contenção, devido aos processos de erosão da margem do rio Biguaçu.

Essa avenida é a ligação do Município com a Rodovia SC - 408, por onde escoam toda a produção de hortigranjeiros.



Figura 6.30 – Erosão fluvial da margem direita do Rio Biguaçu na Avenida João Frederico Martendal. Foto: Solange R. Wilvert, 01 fev. 2008.

Esta parte da avenida encontra-se sobre a margem côncava do rio, onde ocorrem os processos erosivos devido ao movimento helicoidal do fluxo. Além disso, 300 m a jusante deste ponto há uma mineração de areia. Esta é extraída diretamente do leito do rio através de dragas flutuantes.

Como visto na seção 3.6.3, a mineração de areia é responsável por alterar o fundo do canal, modificar as linhas de talvegue, a direção dos fluxos e alterar a distribuição espacial dos processos de erosão e deposição no canal, o que explicaria a erosão das margens esquerda e direita do rio Biguaçu no local de Figura 7.30.

Muitas áreas marginais aos rios foram erodidas interditando ruas e ocasionando a perda de terreno utilizado para a agricultura e pastagem. Com relação à agricultura à perda estimada foi de

aproximadamente R\$ 2.000.000,00, principalmente, por causa da deposição de sedimentos, que ocasionaram a perda das lavouras (Figura 6.31).



Figura 6.31 – Plantação de alface totalmente destruída pela inundação e pela deposição dos sedimentos. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 01 fev. 2008.

6.1.2.2 Evento de novembro de 2008

O mês de novembro de 2008 foi o segundo mês em que mais ocorreram precipitações em todo o período analisado, totalizando 628,3 mm, devido a uma combinação de sistemas atmosféricos.

No dia 19 de novembro, a circulação marítima que desloca os ventos úmidos do mar para o continente, manteve o tempo instável, com chuvas constantes de fraca intensidade e, em alguns momentos, de intensidade moderada a forte. Entre os dias 21 e 23, um vórtice ciclônico intensificou a instabilidade e a nebulosidade, com formações de trovoadas, que resultou na mudança da chuva de moderada para forte de forma persistente (LIMA; MONTEIRO, 2009).

A combinação desses sistemas resultou numa inundação gradual a partir da noite do dia 21. Do valor total de chuvas do mês de novembro, 628,3 mm, 364,2 mm ocorreram entre os dias 21 e 25, o dobro da média mensal histórica de 170,4 mm. Somente no dia 22 e no dia 23 foram registrados 140,8 mm e 108 mm de chuva, respectivamente, como mostra a Figura 6.32.

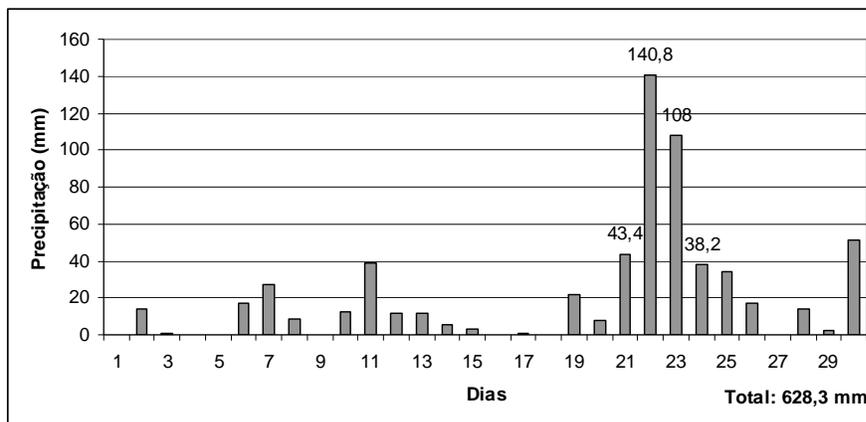


Figura 6.32 – Precipitação diária do mês de novembro de 2008.

No dia 22, a altura da maré chegou a 0,9 m às 9:49 h da manhã e às 22:28 h da noite. Já no dia 23 a maré atingiu a altura de 1 m às 11:02 h e às 23:23h, o que pode ter dificultado o escoamento da água do rio Biguaçu para o mar.

Neste episódio, a inundação não foi tão pronunciada se comparada com a de janeiro do mesmo ano, mas o fator agravante deste evento foi o período de chuvas frequentes registradas desde setembro, com valores acima da média mensal, o que deixou o solo encharcado.

O mês de setembro teve 201,5 mm de chuva, sendo a média histórica de 158,6 mm. No mês de outubro, choveu em 21 dos 31 dias do mês, com total de 218,1 mm de precipitação, sendo a média histórica de 173,2 mm. O mês de novembro registrou 23 dias com chuva num total de 628,3 mm, sendo a média histórica de 170,4 mm, como citado anteriormente.

Na manhã do dia 22, o rio Biguaçu e seus afluentes já estavam com nível de água elevado, mas o extravasamento estava ocorrendo somente em alguns pontos (Figura 6.33). No período da tarde, desse dia, o volume das águas dos rios aumentou, deixando alguns trechos de estradas inundadas, impedindo a passagem de automóveis de passeio.

Entre os dias 21 e 25, o nível das águas dos rios permaneceu em torno de 2 m acima do nível normal, e nos períodos de precipitação mais intensa, como no dia 22 à tarde, ele elevou-se até 3 m. Esta oscilação ocorreu até o dia 25 de novembro, quando as águas começaram a baixar.

Neste evento, o que mais chamou a atenção não foi a extensão da inundação, mas as áreas erodidas pelos rios, a quantidade de sedimentos depositados e o grande número de deslizamentos, tanto em locais com a encosta modificada quanto em locais com cobertura vegetal, portanto sem intervenção do homem.



Figura 6.33 – Rio Biguaçu próximo à estrada para o bairro Rio Farias. À tarde neste mesmo local o nível do rio estava 3 m mais elevado, cobrindo toda a pastagem presente na planície em volta. Foto: Solange R. Wilvert, 22 nov. 2008.

Com relação à erosão fluvial, duas residências foram destruídas (Figura 6.34) e em outras, a margem do rio se aproximou muito das construções, por causa da migração lateral do mesmo. Várias ruas, como a Avenida Beira Rio, na área urbana, foram erodidas, além de cabeceiras de pontes, áreas agrícolas e de pastagem, (ver Mapa 6.1 na página 110).



Figura 6.34 – Destruição parcial de uma residência na Rua Vereador Osvaldino Hoffmann, na área urbana. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 25 de nov. 2008.



Figura 6.35 - Erosão fluvial na margem côncava e deposição de sedimentos na margem convexa. Foto: Solange R. Wilvert, 02 dez. 2008.

Além disso, um meandro do rio Biguaçu e outro do rio Rachadel foram erodidos de um lado ao outro, sendo cortados pelo próprio fluxo. Isto se deve à subida e à descida do nível dos

rios durante cinco dias (de 21 a 25 de novembro), o que resultou na perda de grandes áreas marginais e na sedimentação em outras (Figura 6.35).

Os deslizamentos ocorreram na área urbana, atingindo uma residência (Figura 6.36), e na área rural. Os maiores deslizamentos ocorreram próximo às nascentes dos rios Rachadel, Farias e Biguaçu. Nestas áreas, há cicatrizes no meio da vegetação e foi constatado um fluxo de detritos na área do alto curso do rio Biguaçu, na localidade de Alto Egito.

Nos bairros Egito, Braço do Norte e Vila Doze, as estradas foram interditadas pela grande quantidade de deslizamentos que ocorreram desde o dia 22, e só foram totalmente liberadas uma semana após o término do período das chuvas. Na localidade de Egito, 2 residências foram condenadas pela Defesa Civil.

Também foram registrados degraus de abatimento no solo em vários locais, na área urbana, no Morro da Cana, em Santa Maria e em Vila Doze. Segundo os moradores há algumas fendas em área com vegetação que não constam nos relatórios da prefeitura municipal. A Figura 6.37 apresenta uma área com degraus de abatimento no Morro da Cana, na área urbana, que segundo relato dos moradores, algumas dessas fendas abriram há cerca de quinze anos.



Figura 6.36 – Deslizamento de terra e rocha em um corte mal dimensionado e não estabilizado na Rua João Henrique Pauli, em 22 de novembro de 2008. Esta área é uma antiga saibreira, que depois de desativada foi loteada. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 27 nov. 2008.



Figura 6.37 – Fendas de abatimento paralelas, no solo, evidenciando o movimento do material da encosta, no Morro da Cana, na área urbana de Antônio Carlos. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 09 de dez. 2008.

O município registrou em torno de 3.500 pessoas afetadas pela inundação ou pelos deslizamentos decorrentes dos quatro dias consecutivos de chuva. Sendo que 68 pessoas

foram desalojadas e 63 ficaram desabrigadas, 10 residências foram danificadas, 16 destruídas e 1 foi levada pelo rio. Com relação à infra-estrutura do município, os danos em estradas e ruas pavimentadas foram orçados em quase R\$ 2.000.000,00. Com relação à agricultura a perda estimada foi de aproximadamente R\$ 5.000.000,00. Além disso, 4 comunidades ficaram isoladas durante quase uma semana (Egito, Morro da Gloria, Vila Doze e Braço do Norte) e 2.700 pessoas ficaram sem energia elétrica por até 48 horas.

6.1.2.3. Evento de 25 de março de 2010

A inundação brusca que atingiu a área urbana do município de Antônio Carlos na noite do dia 25 de março teve a durao de 6 h, com um total pluviométrico de 172 mm, ocasionado pela passagem de uma frente fria.

Os primeiros quinze dias do mês de março precipitam um total de 176,1 mm de chuva, sendo que choveu em doze dos quinze dias, como pode ser observado na Figura 6.38. O restante do mês foi praticamente seco até o dia 25 e 26 quando precipitou respectivamente 44 e 172 mm.

A chuva que ocasionou alagamentos na cidade de Antônio Carlos iniciou por volta das 19 h do dia 25 e parou por volta da 1 h do dia 26. A maré atingiu 1,3 m   01:04 h do dia 26 dificultando o escoamento da água do rio Biguaçu para o mar.

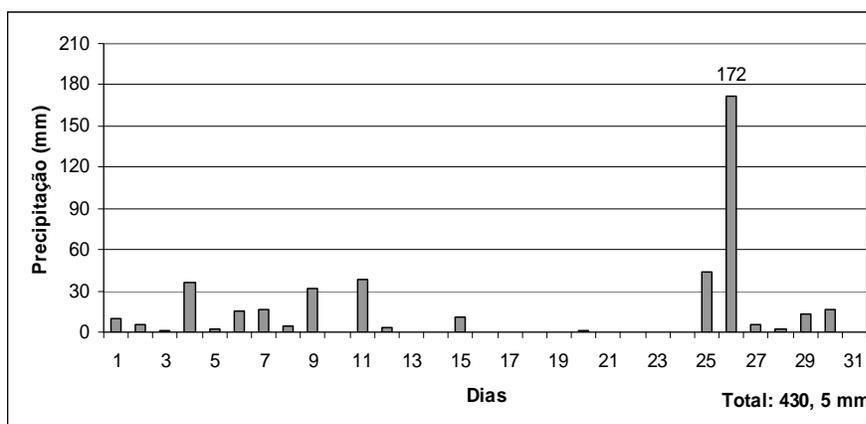


Figura 6.38 – Precipitação diária do mês de março de 2010.

A precipitao foi concentrada sobre o médio e baixo vale do rio Biguaçu, não atingindo de maneira intensa o alto vale. A cidade de Antônio Carlos, por se localizar no médio vale, foi bastante atingida, decretando situao de emergência devido ao alagamento no centro da cidade e de outras ruas da área urbana. Além disso, ocorreram deslizamentos na cidade e em comunidades do interior que as isolaram e deixaram o trânsito em meia pista em alguns trechos.

A principal área alagada ocorreu no centro da cidade, onde a água atingiu mais de um metro de altura, deixando 150 pessoas desalojadas e 5 desabrigadas. Nesta área, os alagamentos ocorreram sobre parte do antigo curso do rio Biguaçu, em trechos das ruas João Henrique Pauli (Figura 6.38), Adão Reitz, Saul Scherer, Zeno Pauli, Lorenço V. Rios e da Avenida João Antônio Besen, interditando-as (ver Mapa 6.1).



Figura 6.39 – Trecho da Rua João Henrique Pauli, próximo ao terminal rodoviário, interditado pelo alagamento. Foto: Altamiro A. Kretzer, 25 mar. 2010.

Segundo o AVADAN, 78 residências foram danificadas, 18 imóveis comerciais e três prédios públicos foram atingidos, incluindo a Prefeitura Municipal (Figura 6.40 e 6.41) e o Centro de Educação Infantil (CEI), deixando 300 alunos sem aula no dia 26.



Figura 6.40 – Alagamento da Secretaria da Agricultura e Meio Ambiente localizada no subsolo da Prefeitura. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 26 mar. 2010.



Figura 6.41 – Subsolo da Prefeitura Municipal alagado em mais de 1 m. de água. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 26 mar. 2010.

O subsolo da prefeitura ficou alagado em mais de 1 m de água. Ali funcionavam as Secretarias da Educação, da Agricultura e do Meio Ambiente, o Museu e o Telecentro Comunitário. Somente na prefeitura, as perdas em equipamentos eletrônicos e documentos foram estimados em R\$ 50.000,00.

Outro ponto de alagamento na cidade ocorreu em um trecho da Rua São Paulo. A rua ficou interditada e algumas residências alagadas.

Os deslizamentos ocorreram, principalmente, sobre estradas do interior deixando algumas comunidades sem ligação com o restante do município (Louro, Rio Farias e Canudos) ou deixando o trânsito em meia pista, como ocorreu na rua que liga a cidade de Antônio Carlos à comunidade de Rachadel.

Na área urbana, houve deslizamentos na Rua Antônio José Zimmermann (Figura 6.42) e Avenida João Antônio Besen, o que deixou o trânsito em meia pista. Outro deslizamento ocorreu na Rua 7 de Setembro, em um corte de encosta, não estabilizado, para a construção de uma residência. O material deslizado atingiu a parede da casa e a família foi retirada da residência até a obra de afastamento da encosta.



Figura 6.42 – Deslizamento na Rua Antônio José Zimmermann, que deixou o trânsito em meia pista. A encosta ao fundo na figura possui problemas de instabilidade provocados por deslizamentos no evento que ocorreu em novembro de 2008, que estão sendo retrabalhados a cada novo episódio pluviométrico e por conter surgência de água na sua base. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 26 mar. 2010.

As Figuras 6.43 e 6.44 mostram a residência atingida pelo deslizamento. Importante observar nestas figuras que a casa está localizada a menos de um metro do corte, que é mais alto que a mesma e não possui nenhuma obra de contenção.



Figura 6.43 – Vista da residência em relação ao corte na encosta. Observar a proximidade da casa em relação ao corte e a altura deste em relação à casa. Foto: Prefeitura Municipal de Antônio Carlos, 26 mar. 2010.



Figura 6.44 – Material deslizado que atingiu a residência. Observar a proximidade da casa em relação ao corte. Foto: Prefeitura Municipal Antônio Carlos, 26 mar. 2010.

As perdas iniciais, deste evento foram calculadas em R\$ 500.000,00 e o prejuízo na produção agrícola na ordem de 12,5 toneladas. Durante a manhã e parte da tarde do dia 26, a cidade ficou sem água e sem energia elétrica devido à erosão ocasionada por um curso de água, que danificou a rede de distribuição de energia elétrica, de água e parte da estrada.

Outra consequência deste evento foi a quantidade de sedimentos depositados nas ruas e o rompimento da tubulação pluvial da cidade. A quantidade de sedimentos (Figura 6.45) é derivada do escoamento superficial concentrado atuando no corte das encostas realizado para a extração de material de empréstimo ou para a construção de residências e de empreendimentos comerciais. Estes cortes não são estabilizados, deixando a encosta exposta aos processos erosivos.

O rompimento da tubulação pluvial (Figura 6.46) ocorreu sob o muro de uma residência. A tubulação pluvial mais antiga da cidade foi construída no mesmo local onde passava o antigo curso do rio Biguaçu. Hoje este traçado encontra-se aterrado e com residências construídas sobre ele. A tubulação rompeu nos fundo de uma residência sob o muro, na Avenida João Antônio Besen, abrindo um buraco de 4 m de diâmetro. Se a tubulação tivesse rompido 200 m acima deste ponto, teria rompido sob algumas casas, o que provocaria perdas e danos maiores.

Além disso, a tubulação da cidade não comportou a quantidade de água escoada, devido à quantidade de chuva precipitada neste evento, por a tubulação ser antiga e sub-dimensionada para os dias atuais, por receber esgoto clandestino e conter muito lixo. Segundo informações de funcionários da prefeitura, foram encontradas muitas garrafas *pets* na tubulação.



Figura 6.45 – Sedimentos depositados nas ruas provenientes dos cortes das encostas da cidade trazidos pela chuva torrencial. Foto: Prefeitura Municipal Antônio Carlos, 26 mar. 2010.



Figura 6.46 – Rompimento da tubulação pluvial que abriu um buraco de 4 m. de diâmetro sob o muro de uma residência na Avenida João Antônio Besen. Foto: Altamiro A. Kretzer, 26 mar. 2010.

Analisando os 23 eventos estudados pode-se concluir que não há uma frequência para a ocorrência deles e para a sua magnitude. Os eventos adversos aqui estudados ocorreram em 3 das 4 estações do ano, sendo 12 episódios no verão, 8 na primavera e 2 no inverno. O mês com mais eventos foi o de janeiro com um total de 7 eventos, seguido do mês março, novembro e dezembro, com 3 eventos em cada um.

O mesmo ocorre com os sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese das chuvas. Nos eventos analisados, as chuvas foram ocasionados por: Frentes Frias, Frente Quente de Retorno, Frente Fria Estacionária, Sistemas Frontais, Vórtices Ciclônicos, Zonas de Convergência do Atlântico Sul, Jato Subtropical, Sistemas de Baixa Pressão. Isto significa que as precipitações na área de estudo não ocorrem sob a influência de um único sistema atmosférico e que podem ocorrer durante o ano inteiro, dependendo do sistema que estiver atuando.

Com relação aos eventos ocorridos durante o desenvolvimento desta pesquisa, eles evidenciaram cada um dos fenômenos estudados e como as pessoas e o poder público são vulneráveis a eles. Com relação aos eventos, o de janeiro de 2008 mostrou a magnitude das inundações e que este fenômeno ocorre por toda a Bacia. No evento de novembro de 2008, pode-se observar que os deslizamentos ocorrem de maneira pontual, principalmente nas encostas que tiveram sua forma modificada por cortes, e, que a erosão marginal nos rios ocorre principalmente na margem côncava. O evento de março de 2010 mostrou que os alagamentos ocorrem com maior magnitude no centro da cidade de Antônio Carlos sobre o antigo traçado do rio Biguaçu.

Os condicionantes de cada um dos fenômenos acima mencionados e os danos e prejuízos que podem ocasionar à população e à infra-estrutura da área de estudo são apresentados a seguir.

6.2 ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE AOS FENÔMENOS PERIGOSOS NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS

Como visto, no capítulo 3, a suscetibilidade indica a potencialidade de um fenômeno ocorrer em um determinado local, com uma determinada magnitude e frequência. Caso haja a probabilidade de o fenômeno ocorrer e ele possua o potencial de causar danos e prejuízos a comunidade atingida, ele passa a ser denominado de perigo.

Na cidade de Antônio Carlos os fenômenos que causam perigo à comunidade são os alagamentos, as inundações, as erosões marginais fluviais e os deslizamentos. Nesta seção são apresentados os condicionantes, as características e a localização (Mapa 6.1) de cada processo na área de estudo.

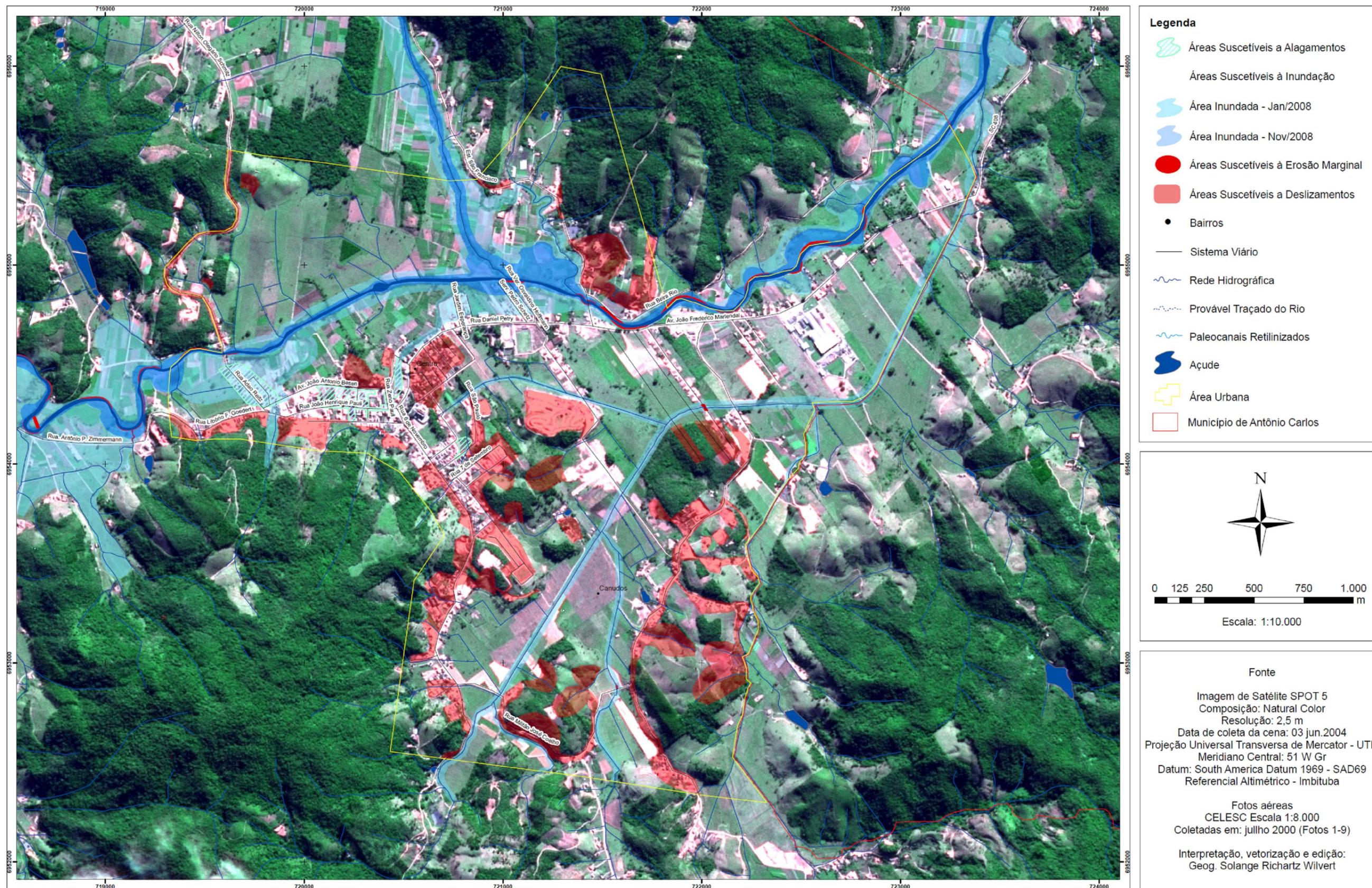
6.2.1 Suscetibilidade aos Alagamentos

Os alagamentos na área de estudo ocorrem devido à topografia, à impermeabilização do solo por aterros e construções, pela falta de uma rede pluvial eficiente e pelo tipo de precipitação.

Na cidade de Antonio Carlos, as áreas topograficamente mais baixas encontram-se sobre o antigo curso do rio Biguaçu. Esta área hoje está aterrada e ocupada pela Prefeitura Municipal, pelo posto da Polícia Militar, pelo CEI, por um clube (Estrela Azul), pelo terminal rodoviário, e por inúmeras residências e pelo comércio.

As residências mais antigas não mudaram a topografia com aterros, permanecendo em parte a forma do antigo canal. Já, as construções mais novas aterraram e adensaram a ocupação impermeabilizando o solo e favorecendo o escoamento superficial.

Assim, as residências mais antigas, que se encontram em áreas topograficamente mais baixas, ou os lotes aterrados que estão em um nível mais baixos que as áreas vizinhas ficam alagados durante o período de chuvas excepcionais ou contínuas. A Rua João Henrique Pauli e a Avenida João Antônio Besen, paralelas ao antigo curso do rio, também tem parte do seu trajeto alagado, como pode ser observado no Mapa 6.1.



Mapa 6.1 - Mapa de Suscetibilidade aos Fenômenos Perigosos
 (Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação)

A falta de uma rede pluvial eficiente também agrava o problema dos alagamentos. As galerias pluviais existentes são antigas e sub-dimensionadas, não comportando o volume de água das chuvas de episódios excepcionais e acabam rompendo, como aconteceu em janeiro de 2008 e março de 2010. Além disso, as galerias são utilizadas por muitos moradores para lançarem seu esgoto doméstico, já que o município não conta com uma rede de coleta e tratamento de esgoto.

Os alagamentos também ocorrem devido às características da precipitação. Elas podem ser excepcionais ou contínuas, por isso é necessário levar em consideração a duração e a intensidade das precipitações.

No dia 31 de janeiro de 2008, devido a uma precipitação excepcional de 170,8 mm, as ruas citadas acima e as residências que se encontram sobre o antigo curso do rio Biguaçu ficaram alagadas. No dia 23 de março, daquele mesmo ano, uma precipitação de 50,2 mm, que segundo os moradores durou aproximadamente 4 horas, ocasionou o alagamento de um trecho da Rua João Henrique Pauli e o trânsito precisou ser desviado.

No dia 25 de março de 2010, uma precipitação de 172 mm, que segundo os moradores durou aproximadamente 6 h alagou em mais de um metro de altura o centro da cidade de Antônio Carlos.

Nesse evento, parte das residências localizadas sobre o antigo curso do rio Biguaçu, o terminal rodoviário, o CEI, o subsolo da Prefeitura Municipal ficaram alagados. As ruas João Henrique Pauli, João Antonio Besen, Saul Antonio Scherer, Zeno Pauli, Lorenço V. Rios, Adão Reitz, São Paulo e Gilberto Schmitz, foram alagadas, além das residências que se localizam ao longo das vias, como pode ser observado no Mapa 6.1.

Essas informações demonstram como a intensidade e a duração das chuvas é um importante elemento na análise desse fenômeno, que juntamente com os outros fatores acima mencionados, explicam a maior permanência da água das chuvas em superfícies impermeabilizadas e rebaixadas topograficamente, o que favorece o surgimento de áreas alagadas e o aumento do volume do escoamento (FUJIMOTO, 2002).

6.2.2 Suscetibilidade à Inundação

As inundações na Bacia do rio Biguaçu são fenômenos naturais que sempre ocorreram devido às características físicas da bacia, como o tamanho, a forma, a disposição do relevo, ao tipo de precipitação diferenciado (chuvas orográficas). Este fenômeno pode ser intensificado pela ação humana, por meio de mudanças no uso da terra e no próprio canal, que alteram o regime hidrológico e o perfil de equilíbrio do canal.

Essa Bacia possui uma extensão espacial de 309 km². Em sua área estão localizados os municípios de Antônio Carlos e Biguaçu. A Bacia do rio Biguaçu engloba todos os 205 km² do município de Antônio Carlos, que corresponde ao alto e médio vale da Bacia, enquanto que o baixo vale e a foz estão situados no município de Biguaçu.

As cidades desses dois municípios se originaram e desenvolveram sobre a planície e junto às margens do rio Biguaçu, isto é, no seu leito maior, em áreas sujeitas a inundações. Este fenômeno, por sua vez, já trouxe muitos danos e prejuízos para a população dessas áreas.

O fenômeno da inundação na cidade de Biguaçu já foi estudado por Herrmann (1999) e Testa (2006) que demonstraram a suscetibilidade do meio físico para a ocorrência do mesmo. Além disso, as autoras destacaram como o homem, através das modificações que realiza no meio físico, pode contribuir para a intensificação desse processo.

A inundação não é um processo pontual, por isso precisa ser compreendido no contexto de uma bacia hidrográfica (HERRMANN, 1999; COLLISCHONN, 2009), considerando os fatores climáticos, as características físicas e as modificações antrópicas, pois qualquer modificação neste sistema, seja natural ou humano, poderá gerar graves desequilíbrios, que serão refletidos em toda a Bacia.

Como citado, todo o território de Antônio Carlos está inserido na Bacia do rio Biguaçu. Por isso, a seguir, serão apresentados os condicionantes do fenômeno da inundação na Bacia do rio Biguaçu e, posteriormente na cidade de Antônio Carlos, que é a área de estudo deste trabalho.

6.2.2.1 Suscetibilidade à Inundação na Bacia do Rio Biguaçu

A Bacia do rio Biguaçu possui uma grande extensão espacial (309 km²), conseqüentemente uma grande área de captação, caracterizada por uma rede de drenagem superficial densa e eficiente, o que aumenta a velocidade com que a água deixa os terrenos altos, e o conseqüente aumento do fluxo no rio principal (TESTA, 2006).

As nascentes dos rios dessa Bacia estão localizadas em altitudes que podem chegar a 900 m, principalmente no norte, sul e oeste da Bacia (ver Mapa 5.1 na página 61). Estas altitudes condicionam um regime de chuvas diferenciado devido ao efeito orográfico, como observado por Fortes (1996), resultando em uma drenagem superficial perene, devido aos elevados e regulares índices pluviais.

Os canais fluviais, nos altos cursos da Bacia, estão encaixados em linhas estruturais (falhas, fraturas e/ou contatos litológicos), basicamente na direção N-S, enquanto que o canal principal, o Biguaçu, segue na direção E-W, situando seu leito mais próximo aos divisores

presentes no sul da Bacia (TESTA, 2006).

As elevações dos terrenos no alto vale apresentam declividade acentuada, o que auxilia na maior ocorrência do escoamento superficial, pois nestes locais, o solo e manto de alteração são rasos (neossolos) e as encostas não apresentam mais a densa vegetação original, que foi substituída por pastagens, áreas agrícolas ou por plantações de pinheiro (*Pinus elliotti*) e de eucalipto (*Eucalyptus* spp) apesar de, em algumas áreas vir se desenvolvendo vários estágios da sucessão vegetal.

Com solo e manto de alteração rasos a água das chuvas tem dificuldade em infiltrar-se no solo, o que resulta em uma maior quantidade de água e de sedimentos que chegam aos cursos dos rios.

Assim, em episódios de chuva intensa, as águas fluem de forma mais direta para os cursos de água e o escoamento torna-se mais concentrado, carregando para estes cursos d'água sedimentos, tronco de árvores, que serão responsáveis pela destruição de pontes, edificações, deposição de sedimentos nas áreas baixas, inclusive, nas residências que ali se encontram (HERRMANN, 1999).

Onde o terreno é mais colinoso, há o predomínio de solos mais espessos e mantos de alteração bastante acentuados. Neste compartimento de relevo há o predomínio do solo do tipo cambissolo e argissolo.

Como visto na seção 5.1.4, o cambissolo apresenta um horizonte superficial em início de desenvolvimento, sendo um solo raso com horizonte B incipiente (Bi), pois sofreu alterações em grau não muito avançado. Em encostas desprotegidas de vegetação, este solo auxilia no aumento do escoamento superficial e o seu grau de suscetibilidades depende da profundidade, da declividade, do teor de silte e do gradiente textural.

Já o argissolo possui migração de argila do horizonte A para o B com formação de um gradiente textural. Esta diferença de textura entre o horizonte A e o B representa um obstáculo à infiltração da água, diminuindo a permeabilidade do solo e favorecendo o escoamento superficial e subsuperficial na zona de contato entre os horizontes. Em áreas sem cobertura vegetal, esse solo favorece a erosão resultando numa maior produção de sedimentos para o canal.

No baixo e médio vale do rio Biguaçu, os canais drenam áreas de depósitos fluviais e praias de baixa declividade, que associada à sinuosidade do canal, retardam o escoamento das águas, favorecendo as inundações (FORTES, 1996).

Nessas áreas de baixa altimetria e baixa declividade, sobre os depósitos fluviais, predomina o solo do tipo gleissolo, que apresenta o lençol freático próximo à superfície. Ele é formado por camadas de sedimentos, de textura fina (argilas e siltes), que possuem baixa

permeabilidade, o que dificulta a infiltração da água e contribui para o acúmulo desta na superfície (FORTES, 1996; TESTA, 2006).

Isso significa que a captação de água pelos solos da Bacia, tanto nas encostas quanto na planície, é pouco eficiente, principalmente em áreas sem cobertura vegetal, que acentuam os efeitos do escoamento superficial e conseqüente produção de sedimentos que chegam aos rios.

A Bacia do rio Biguaçu possui uma forma arredondada, com planícies alveolares ou interiores que pressupõe que a onda de cheia do canal avance lentamente, ficando parte da água e sedimentos acumulados nessas planícies, como acontece na cidade de Antônio Carlos (WILVERT, 2006).

Além disso, essa Bacia recebe a contribuição de afluentes de ordem fluvial elevada, como o rio Rachadel, que desemboca junto à cidade de Antonio Carlos, o que aumenta a possibilidade de inundações a partir deste trecho, uma vez que este afluente possui uma grande área de captação (TESTA, 2006).

O curso inferior do rio Biguaçu assume a característica de um estuário⁹, sendo que a cunha salina alcança uma extensão de 10 km a partir da foz do rio (CAMPOS, 2003). O corpo de água estuarino ocasiona a floculação das argilas. Este processo ocorre quando o material fino transportado pelo rio entra em contato com água salgada do mar. A mudança no pH da água do rio, isto é, a elevação do pH, provoca atração elétrica entre os grãos de argila, que se agrupam e decantam, parte nos domínios do estuário, diminuindo a profundidade do canal, e parte é exportada para o oceano formando uma pluma de sedimentos.

Na foz do rio Biguaçu esse processo criou um depósito em barra, formando uma coroa na frente da foz do rio para o mar, represando a água escoada. Esse depósito vem se desenvolvendo há cerca de 30 anos, como observado por Fortes (1996), Herrmann (1999) e Testa (2006).

A ação das marés é outro fator importante, pois ela se prolonga rio adentro, retardando o escoamento do rio, principalmente as marés de sizígia ou de tempestade, que muitas vezes, ocorrem concomitantemente com as elevadas precipitações, dificultando o escoamento da água para o mar (FORTES, 1996; HERRMANN, 1999; TESTA, 2006),

Além das características físicas, o fenômeno da inundação pode ser intensificado pelo homem, por meio de mudanças no uso da terra e no próprio canal.

A área da Bacia era densamente ocupada pela Floresta Pluvial da Encosta Atlântica, que se estendia desde a planície até a alta encosta (REITZ, 1988). Esta floresta deu lugar às pastagens, a áreas agrícolas, à silvicultura de pinheiro (*Pinus elliotti*) e de eucalipto (*Eucalyptus*

⁹ O corpo de água estuarino caracteriza-se pela mistura das águas do rio com a do mar ampliada pela maré alta, estendendo-se rio acima até o limite da influência desta.

ssp) e à urbanização, modificando a estabilidade hidrológica dos terrenos da bacia.

A mudança no uso da terra é responsável pelo aumento do escoamento superficial e da quantidade de sedimentos que chega aos leitos dos rios. A urbanização é responsável pela impermeabilização e o conseqüente acúmulo de água em superfície fazendo com que ocorra um aumento da vazão máxima, a antecipação do pico da cheia e o aumento do volume das águas que chegam aos canais.

A bacia teve parte de seus canais retelinizados a partir da segunda metade da década de 60, além da drenagem de áreas úmidas, na cidade de Antônio Carlos e em áreas próxima à cidade de Biguaçu, onde hoje se localiza a área industrial de Biguaçu.

Essas alterações no canal foram realizadas com o objetivo de diminuir a magnitude das inundações, pois ao retirar os meandros (as curvas) dos rios e torná-los mais retos, diminui-se o percurso e o trabalho exercido pelo rio e as águas escoariam mais rápido até a foz.

Mas após essas obras, as inundações continuaram a ocorrer na Bacia, devido as suas características naturais, ao pequeno desnível entre os trechos retelinizados e o nível do mar, pelo fato de os canais cortarem depósitos fluviais com espessas camadas arenosas e o leito do rio ser formado por material incoerente, o que contribui para retardar o fluxo das águas (FORTES, 1996).

Essas modificações alteraram todo o equilíbrio dos rios da Bacia, pois modificaram o regime hidrológico, romperam o perfil de equilíbrio longitudinal do rio, alteraram os sistemas aquáticos, mudaram o padrão de drenagem do canal, reduziram seu comprimento devido à perda dos meandros, alteraram a forma do canal (aprofundamento e alargamento), diminuíram a rugosidade do leito e aumentaram o seu gradiente (FORTES, 1996).

Além disso, o aprofundamento do canal ocasiona o rebaixamento do nível de base, o que favorece a retomada do processo erosivo nos afluentes, que resulta na erosão das margens e na maior quantidade de sedimentos transportados pelo rio (FORTES, 1996; CUNHA, 2007;).

A mineração de areia é outro fator importante que altera a dinâmica da Bacia. Hoje há duas minerações que funcionam no rio Biguaçu, uma na cidade de Antônio Carlos e outra no baixo curso do rio, próximo à área industrial de Biguaçu. Mas esse número já foi maior. Somente no município de Antônio Carlos, havia três minerações de areia no rio Biguaçu e sem contar as extrações feitas pelos moradores nos bancos de areia do canal para uso próprio.

A mineração de areia aumenta a carga em suspensão, altera as linhas de talvegue do canal, as direções das principais linhas de fluxo, a distribuição espacial dos processos de erosão e de deposição do rio, além de modificar a largura e a profundidade do canal.

A rodovia BR 101 e a SC 408 constituem uma barreira para o escoamento das águas

do rio Biguaçu. A BR 101 corta a planície marinha no baixo vale, na direção N-S. A rodovia eleva-se aproximadamente dois metros de altura e divide a planície, o que dificulta o livre escoamento das águas, a montante do mesmo. O novo trecho da SC 408 corta a planície do rio, com direção predominante NE-SO, formando um dique no meio da planície (ver Mapa 5.1 na página 61).

Na inundação de 31 de janeiro de 2008, esse novo traçado da rodovia formou um dique que protegeu o bairro Vendaval, constantemente inundado pelo rio Biguaçu, pois a rodovia eleva-se quase dois metros de altura sobre a planície.

Os aterros no baixo vale do rio Biguaçu, para a implantação da área industrial do município de mesmo nome, é outro fator importante a ser destacado, pois também dificultará o escoamento das águas do rio para o mar.

A área industrial está localizada nas margens do novo traçado da rodovia SC 408, em uma área inundada pelo rio Biguaçu em períodos de precipitação elevada. Para a instalação das indústrias esta área está sendo aterrada, o que irá provocar o estrangulamento das águas do rio em períodos de inundação, retardando o escoamento da água para o mar, além de inundar áreas a montante, que antes não eram inundáveis.

Todos esses fatores, tanto naturais quanto antrópicos, são responsáveis pela ocorrência de episódios de inundação na Bacia e pela maior ocorrência dos processos erosivos marginais, que estão levando à migração do canal, que será analisado no item 6.2.3 deste capítulo.

6.2.2.2 Suscetibilidade a Inundação na Cidade de Antônio Carlos

A cidade de Antônio Carlos localiza-se no médio vale do rio Biguaçu, onde a largura média do canal varia de 18,60 m até 42,60 m no seu leito maior (FORTES, 1996). A cidade surgiu sobre a planície e margens desse rio (leito maior), nas áreas sujeitas a inundações.

Devido aos problemas ocasionados pelas inundações o curso do rio Biguaçu foi modificado e outros trechos foram retelinizados como medidas para controlar a magnitude do fenômeno e os danos causados por ela.

A cidade localiza-se sobre uma planície alveolar, formada pelo estreitamento do vale e pela forma arredondada da bacia, que possui elevações com declividades acentuadas, para onde converge a água do rio Biguaçu e de seus afluentes.

O rio Rachadel, afluente da margem esquerda do rio Biguaçu, deságua junto à cidade. Este afluente drena uma grande área de captação, com elevações que alcançam mais de 800 m e áreas utilizadas para o cultivo de hortaliças e oleaginosas. Já o Ribeirão Vermelho (margem direita)

deságua no rio Biguaçu próximo ao limite entre os municípios de Antônio Carlos e Biguaçu, portanto a leste da cidade e tem os terrenos circunvizinhos utilizados no cultivo de grama, possuindo ainda duas extrações de saibro ativas.

As inundações na cidade de Antônio Carlos só ocorrem quando todos os afluentes do rio Biguaçu apresentam um grande volume de água, condição que causa o extravasamento de água para as planícies. No evento de janeiro de 2008, todos os afluentes do rio Biguaçu tiveram inundações nas suas planícies, fazendo com que o volume de água do Biguaçu se elevasse e inundasse toda a área. Já no evento de novembro de 2008, entre os dias 21 e 25, a área de estudo não teve problemas com inundação, porque apenas o rio Biguaçu teve pontos isolados de inundação.

Outra característica que favorece a ocorrência deste fenômeno é o tipo de solo (gleissolo) formado por camadas intercaladas de sedimentos finos (argilas e siltes) que possui baixa permeabilidade e o lençol freático próximo à superfície, o que favorece o escoamento superficial.

A influência da maré também auxilia na inundação devido ao retardo do escoamento das águas fluviais para o mar. Sabe-se que a cunha salina alcança uma extensão de 10 km no rio Biguaçu, marcada pelo primeiro desnível topográfico no talvegue do rio (CAMPOS, 2003). Essa medição alcança o bairro Santa Catarina, no município de Biguaçu, que está a menos de 3 km do início da área de estudo.

As mudanças no uso da terra acarretam uma alteração no balanço hídrico e na quantidade de sedimentos que chega ao rio, que juntamente com as modificações no canal (retilização e mineração de areia no leito do rio) podem auxiliar na intensificação do fenômeno e de outros processos erosivos.

A construção de pontes e bueiros sub-dimensionados auxiliam o fenômeno, pois em algumas situações, formam um barramento para o escoamento das águas, o que pode ocasionar a inundação de áreas a montante dos mesmos. Além disso, esses barramentos diminuem a área de passagem do fluxo e aumentam a força deste, o que resulta na erosão da cabeceira das pontes e áreas próximas, muito comum na área de estudo.

Os aterros para a construção da SC 408 e para a indústria Vonpar Refrescos S/A é outro ponto importante a ser destacado. Vários trechos da SC 408 antes da ampliação e pavimentação asfáltica na década de 80 ficavam cobertos pelas águas do rio Biguaçu e de seus afluentes. Hoje, são poucos os trechos que ficam inundados, pois o leito da rodovia foi aterrado e encontra-se em alguns locais até 2 m mais alto do que a planície circundante.

A indústria Vonpar Refrescos S/A encontra-se sobre uma área relatada pelos moradores como um banhado e que em períodos de chuva ficava intransitável. Os moradores

dessa área residiam em palafitas que chegavam até dois metros de altura. Hoje a área se encontra aterrada, tanto no espaço onde foi instalada a indústria como nas imediações onde instalaram-se os moradores que residem nas imediações. Esta condição justifica os relatos da não ocorrência de inundações no local.

Os aterros hoje não ocorrem somente para a construção de indústrias e estradas, mas também para a criação de loteamentos em áreas baixas ou anteriormente inundáveis. Como a cidade se encontra sobre uma planície alveolar, estes aterros aumentam as cotas altimétricas da planície, o que pode gerar um barramento do fluxo e intensificar a inundação a montante desses locais.

As áreas inundáveis da cidade ocorrem em locais próximos ao canal e ao antigo curso do rio Biguaçu, como pode ser observado no Mapa 6.1. A partir de uma determinada altura do nível do rio, a água volta pelo leito abandonado pela retificação inundando residências e casas comerciais.

Outra questão importante apresentada no Mapa 6.1 é que em algumas áreas ocorre a sobreposição dos fenômenos de inundação e do alagamento. Essas áreas ocorrem ao longo das ruas Adão Reitz e Gilberto Schmitz, na junção destas com a Avenida João Antônio Besen e no trecho onde se localiza a Prefeitura Municipal. Isto significa que a sobreposição desses dois fenômenos perigosos aumenta a magnitude do fenômeno e, conseqüentemente, o potencial de perdas e danos.

6.2.3 Suscetibilidade à Erosão Marginal

A erosão marginal na área de estudo ocorre devido ao tipo de depósito e a estrutura das faces da margem do canal, a variação no nível e na velocidade da água, as mudanças provocadas no uso e cobertura da terra e as modificações no canal.

A planície do rio Biguaçu é formada por depósitos de materiais incoerentes e de textura fina (areia e argila) intercalados. O mesmo ocorre com o material que compõe as margens do canal. Em períodos de cheia ocorre uma variação no nível e da velocidade do fluxo do rio, o que intensifica os processos erosivos de abrasão ou corrosão nas paredes do canal, que é facilitado pelo tipo de material que o compõe.

Além disso, a retirada da mata ciliar e o uso das margens dos rios para a agricultura e pecuária auxiliam na desestabilização e no aumento dos sedimentos que chegam ao canal. A mineração, por sua vez, provoca mudanças na rugosidade do fundo do canal e na distribuição espacial dos processos erosivos e de deposição, além de remobilizar o material do fundo do

leito recolocando-o em suspensão. O escoamento oriundo das vias que estão localizadas junto aos rios também aumenta a probabilidade de erosão marginal, pois este forma fluxos concentrados nas margens dos canais erodindo-os.

Outro processo que ocorre na área de estudo é o solapamento. As camadas de areias são mais fáceis de serem removidas do que as de argila, pois são menos coesas. Quando as camadas de areia se encontram sob a argila no perfil da margem do rio e são removidas da base, a camada superior perde o suporte basal e cai. Isto ocorre principalmente em períodos chuvosos, devido à variação do nível do fluxo e ao aumento da sua energia.

Devido ao movimento helicoidal do fluxo do rio, os processos de erosão marginal ocorrem na parte côncava, enquanto que a deposição ocorre na parte convexa do canal. Mas devido as mudanças ocorridas no rio Biguaçu (retificação do canal e mineração de areia) e no uso da terra, tanto na margem convexa quanto na margem côncava do rio tem ocorrido processos de erosão.

Um exemplo disso é a Avenida João Frederico Martendal e a Avenida Beira Rio, que são paralelas ao rio Biguaçu, que está destacada no Mapa 6.1 como ponto A. Na inundação do dia 31 de janeiro de 2008, esta avenida, localizada na margem direita do rio, teve parte de sua pista erodida. Este trecho encontrava-se na margem côncava do rio. A Rua Beira Rio, que se encontra na margem direita do canal, tem um trecho localizado sobre a margem convexa, que também foi erodido, demonstrando que devido às alterações realizadas no canal e as mudanças das condições hidrológicas da Bacia, o sistema não se encontra em equilíbrio.

No Mapa 6.1 são apresentados os locais em que ocorreram os processos de erosão marginal nos eventos de janeiro e novembro de 2008 e março de 2010. Além disso, também são demarcadas no mapa as margens côncavas que possuem maior suscetibilidade à ocorrência desse fenômeno.

6.2.4 Suscetibilidade a Deslizamentos

Na cidade de Antônio Carlos, os deslizamentos ocorrem devido ao espesso manto de alteração, às mudanças na cobertura vegetal e no uso da terra, aos cortes nas encostas e aos episódios de precipitação excepcionais ou moderados e contínuos.

Os espessos mantos de alteração dos morros e colinas são derivados das características litológicas dos granitóides que compõe os terrenos da área mais a existência de fraturas e falhas, como visto no capítulo 5.

Os mantos de alteração podem chegar a mais de 60 m de profundidade e, na maioria das vezes, são siltosos e arenosos, com declividade inferior a 45° nas colinas e com diferentes graus de inclinação nos morros. As encostas apresentam muitas cicatrizes erosivas.

A mudança da cobertura vegetal e no uso da terra também gera problemas de instabilidade nas encostas. A retirada da vegetação deixa o solo exposto à ação direta das águas das chuvas, o que permite uma maior infiltração desta no solo, condição esta que resulta na modificação do regime hidrológico da encosta.

Os cortes nas encostas são executados para abertura de estradas, construção de casas, loteamentos e para a retirada de material para aterro. Estes cortes são construídos sem orientação técnica e não contemplam estruturas de contenção, fato que resulta na modificação da encosta e na geometria das forças que atuam no seu equilíbrio, desestabilizando a cobertura superficial.

Esta nova forma da encosta criada pelo homem associada a episódios pluviométricos intensos ou precipitações moderadas e contínuas é muito suscetível a deslizamentos. Como as encostas da área de estudo possuem espessos mantos de alteração, elas se tornam suscetíveis aos deslizamentos do tipo rotacional.

A precipitação é um dos principais fatores desencadeadores deste fenômeno. As precipitações podem ser excepcionais, como a dos eventos de janeiro de 2008 e março de 2010 ou contínuas e moderadas, como a do evento de novembro de 2008.

O excesso de chuvas ocasiona a saturação do solo, a perda da coesão entre as partículas e do ângulo de atrito interno do material que constitui a encosta desestabilizando-a (SELBY, 1993) e, conseqüentemente, levando-a a deslizar.

Todos os deslizamentos recentes na área de estudo ocorreram em locais que tiveram intervenção humana. Assim no Mapa 6.1 são delimitadas todas as encostas que possuem cortes suscetíveis a deslizamento rotacionais. Também são delimitadas as encostas que possuem formas de anfiteatro e de cicatrizes de deslizamentos como suscetíveis, pois estes formam perfis côncavos nas mesmas, que são locais preferenciais de convergência das águas dos escoamentos superficiais e subsuperficiais, que pode resultar na reativação dos processos erosivos.

6.3 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE E DOS RISCOS RELACIONADOS À DINÂMICA DO MEIO FÍSICO NA CIDADE DE ANTÔNIO CARLOS

A vulnerabilidade determina o grau de perda de um dado elemento exposto, grupo ou comunidade em uma área passível de ser atingida por um fenômeno perigoso. Na área de estudo, os elementos expostos são a própria população, as residências, os prédios públicos, as

obras de infra-estrutura e a atividade agrícola.

Estes elementos estão expostos a quatro cenários de risco: alagamentos, inundação erosão marginal e deslizamentos. As características de cada processo e sua localização foram apresentadas na seção 6.2.

Nesta seção será analisado o risco a cada um desses fenômenos tendo como base a proposta metodológica de Brasil (2007). Para a espacialização dessas áreas foram gerados dois mapas de risco divididos de acordo com os fenômenos que ocorrem em cada compartimento de relevo: mapa de risco a alagamentos, inundações e erosão marginal (Mapa 6.2) e de risco a deslizamento (Mapa 6.3).

6.3.1 Áreas de risco a alagamentos

As áreas de risco à alagamento estão localizadas sobre o antigo curso do rio Biguaçu, ao longo da Rua Adão Reitz e em parte da Rua São Paulo, como pode ser observada no Mapa 6.2.

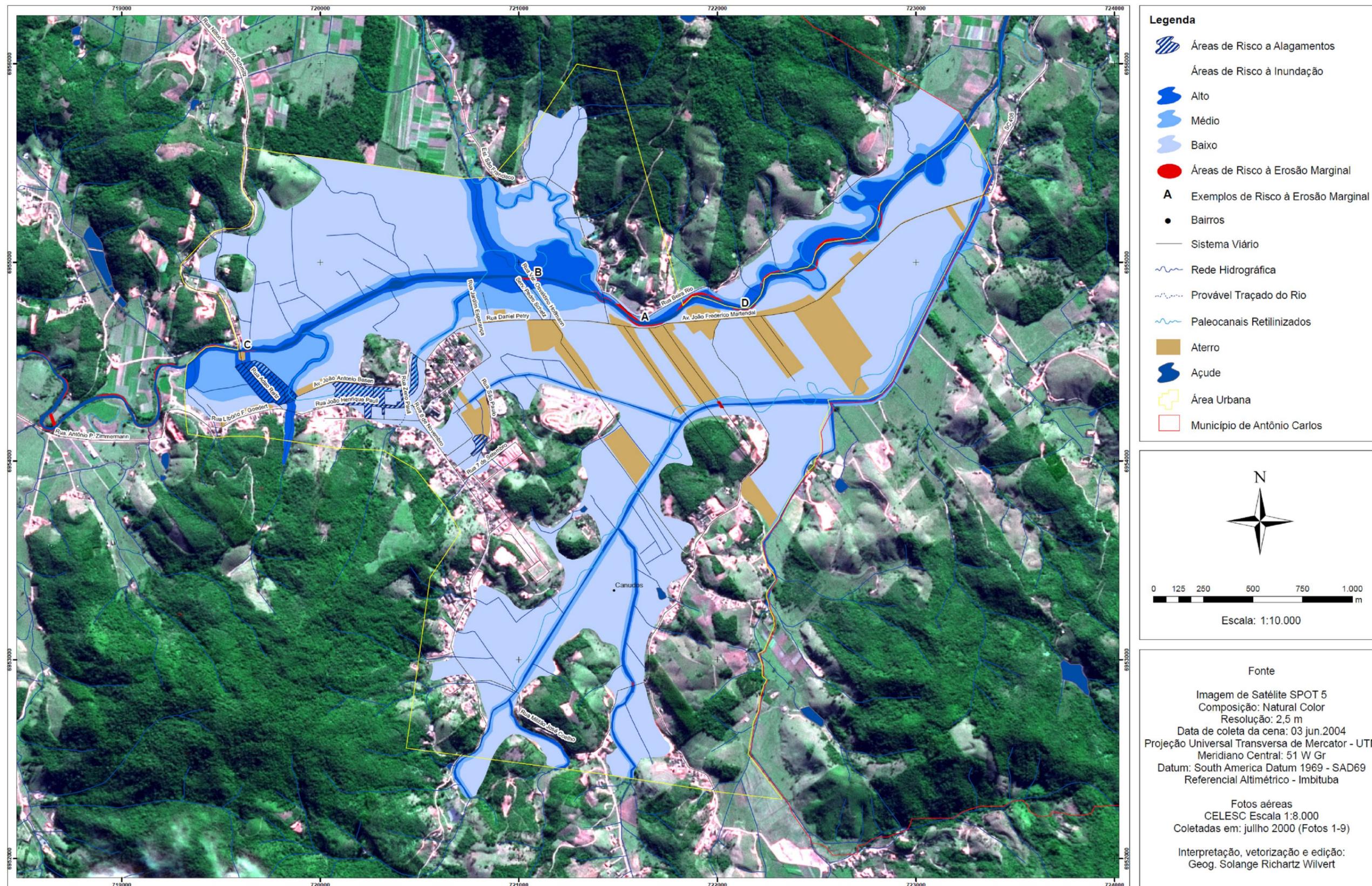
Os alagamentos sobre o antigo leito do rio Biguaçu é um fenômeno recente, pois esta área passou a ser densamente ocupada e modificada na segunda metade da década de 90. Na realidade, esta área poderia ser alagada anteriormente, mas como não era ocupada, não caracterizava uma área de risco, pois não existiam elementos em risco, conseqüentemente, não havia danos e prejuízos.

A área de risco a alagamento localizada ao lado do terminal rodoviário possui 20 construções, sendo 10 construções com mais de dois pisos, onde apenas duas não abrigam salas comerciais no térreo.

As ruas João Henrique Pauli e João Antônio Besen, que margeiam esta área, também possuem risco a alagamentos, sendo que a primeira rua já teve por vezes o trânsito interrompido, para evitar que a passagem de veículos formasse uma onda e invadisse as lojas.

Essa área ficou alagada nos eventos de janeiro de 2008 e março de 2010. No evento de março de 2010, a chuva foi mais intensa e concentrada que no evento de janeiro de 2010, o que significa que a magnitude do fenômeno foi maior, provocando mais danos.

No evento de março, além da área descrita acima, a área localizada entre o terminal rodoviário e a prefeitura Municipal ficou alagada. Neste trecho, algumas lojas e o subsolo da prefeitura ficaram alagados com mais de um metro de água.



Mapa 6.2 - Mapa de Risco a Alagamentos, Inundações e Erosão Marginal
 (Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação)

O alagamento das ruas Adão Reitz e Gilbert Schmitz afetou aproximadamente 20 construções e interditou as ruas para o trânsito de carros pequenos. As construções ao longo dessas ruas são de alvenaria e não possuem um sistema de prevenção, como a construção de casas sobre palafitas ou pilotis. A única medida tomada pelos moradores foi o aumento do nível da planície pelo aterro, que auxilia a potencializar o fenômeno, como visto na seção 6.2.1.

O evento de março de 2010 foi maior que o de janeiro de 2008, conseqüentemente o número de edificações alagadas (residências, lojas e prédios públicos). Isto significa que dependendo da magnitude do evento o número de áreas alagadas pode aumentar ocasionando maiores prejuízos à população e à infra-estrutura da cidade, principalmente se ocorrer concomitantemente com o fenômeno da inundação.

6.3.2 Áreas de risco a inundações

O risco à inundação foi classificado em três níveis: baixo, médio e alto, como pode ser observado no Mapa 6.2. Para análise e mapeamento do risco à inundação foi levado em consideração à magnitude do evento de janeiro de 2008, que se assemelha à magnitude dos eventos de novembro de 1991 e janeiro de 1997, que inundou áreas próximas ao canal, as formas terraceadas e os meandros abandonados.

O risco baixo é caracterizado pelas áreas que não foram inundadas no evento de janeiro de 2008, o que não significa que elas não estejam sujeitas a eventos futuros de maior magnitude. Estas áreas são ocupadas por residências, lojas, indústrias, áreas de agricultura e pastagem. As residências, as lojas e as indústrias encontram-se sobre aterros, que são utilizados como medidas mitigadoras para evitar os danos ocasionados por este fenômeno perigoso.

Segundo os relatos dos moradores, muitas das áreas classificadas como risco baixo corresponde às áreas atingidas pela inundação de 1972. Mas vale ressaltar que naquela época as obras de retificação do rio Biguaçu estavam no início e o traçado do rio na área de estudo ainda não tinha sido modificado, ou seja, o rio possuía uma dinâmica diferente. Além disso, cada evento possui uma dinâmica específica, determinada pela intensidade e duração das chuvas e pelo represamento das águas pela maré.

Muitas dessas áreas hoje encontram-se aterradas, como a área ocupada pela Vonpar Refrescos S/A e pelas residências próximas, a área do Ginásio de Esporte e a própria rodovia SC 408, que no município passa a se chamar de Av. João Frederico Martendal.

Levando-se em consideração a magnitude das últimas inundações, as áreas que possuem os aterros mais espessos (1 a 1,5 m) e que se encontram mais afastados do canal, não apresentam

risco. Mas é preciso lembrar que esta medida mitigadora intensifica o fenômeno do alagamento, pois eleva a cota altimétrica da planície e pode ocasionar a inundação de outras áreas.

Além disso, esses aterros são considerados como áreas de risco nulo somente para os eventos com magnitude similar ao de janeiro de 2008.

Devido às características da planície e do próprio processo, as áreas marginais dos rios não são inundadas de maneira uniforme e em um único momento. As áreas que são primeiramente inundadas são classificadas como de risco alto e as áreas que são inundadas em um segundo momento foram classificadas como de risco médio.

As áreas de risco alto estão localizadas próximo ao canal, junto às feições de terraço e aos meandros abandonados. Nestas áreas predomina o cultivo de hortaliças e áreas de pastagens. Juntamente com estas áreas, as ruas Adão Reitz, Gilberto Schmitz, Jardim Esperança e áreas vizinhas, são as primeiras a serem inundadas (Mapa 6.2).

No evento de janeiro de 2008 a água chegou a um metro de altura em algumas residências das ruas Adão Reitz e Gilberto Schmitz e o trânsito ficou interditado para veículos pequenos. Nesta área, o rio Biguaçu, a partir de um determinado nível de água, volta pelo antigo leito abandonado e inunda as áreas vizinhas, onde estão localizadas as referidas ruas. Num segundo momento, as águas do leito do rio extravasam para uma área à montante e a jusante da primeira, inundando áreas destinadas ao cultivo de hortaliças e de pastagens, como pode ser observado no mapa 6.2.

Nesse trecho ocorre a sobreposição do fenômeno da inundação e do alagamento, aumentando a magnitude do evento e conseqüentemente os danos.

A inundação da Rua Jardim Esperança também ocorre devido à proximidade com o rio Biguaçu e ao retorno da água pelo antigo leito. Nesta rua a inundação atingiu a altura da janela em algumas residências. A Servidão Paulino Néis, localizada ao lado, teve a parte final inundada, devido à proximidade com o canal, mas nenhuma residência foi invadida pelas águas, pois as casas foram construídas sobre espessos aterros, que chegam a 1,5 m de altura em algumas construções.

A inundação na Rua Vereador Osvaldino Hoffmann e na Servidão Pedro Schetz foram classificadas como de risco médio (Mapa 6.2). No evento de janeiro de 2008 a água não chegou a invadir as residências, mas muitos moradores por precaução não permaneceram em suas casas.

Essas ruas encontram-se sobre a margem direita do rio Biguaçu, em frente à confluência com o rio Rachadel, como pode ser observado no Mapa 6.2. A margem esquerda onde deságua o rio Rachadel possui um desnível de 2 m em relação à margem direita, o que

cria a falsa impressão nos moradores de que somente aquela margem seria inundada, fato este constatado na fala de um morador.

Nesse local, o rio Rachadel deságua seu fluxo no rio Biguaçu. Em períodos de cheia ou inundação, o rio Biguaçu por estar com um grande volume de água acaba represando o rio Rachadel, que já possui sua planície inundada, retardando o escoamento e aumentando a magnitude da sua inundação.

Nos trabalhos de campo, foi observado que as residências construídas sobre essas ruas, após o evento de janeiro de 2008, possuem os aterros mais espessos, como uma medida mitigadora para evitar inundações de maiores magnitudes.

O morador, que deu a declaração acima, não é natural de Antônio Carlos, e não morava neste local quando ocorreu outro fenômeno dessa magnitude, o que demonstra que a falta de conhecimento dos moradores sobre o local em que vivem diminui sua capacidade de enfrentar o perigo, aumentando assim sua vulnerabilidade e a probabilidade de ocorrer perdas e danos.

Outro problema constatado é o despreparo da esfera pública em relação ao meio que governa. A construção da Rua Vereador Osvaldino Hoffmann e Servidão Pedro Schetz foram aprovados pela Prefeitura Municipal, estando a menos de 30 m da margem do rio, conforme preconiza o Código Florestal Brasileiro (Lei n.º. 4.771, de 15 de setembro de 1965). Além disso, as residências dessas ruas, que estão próximas ao canal, possuem risco à erosão marginal, condição esta verificada no evento de novembro de 2008 que destruiu uma residência.

6.3.3 Áreas de risco a erosão marginal

Como apresentado na seção 6.2.3 as áreas suscetíveis à ocorrência do processo da erosão marginal são as margens côncavas dos rios (Mapa 6.2), mas devido às mudanças na dinâmica da Bacia, estes processos podem ocorrer em qualquer tipo ou local das margens.

Esse fenômeno traz risco à agricultura devido à perda de terrenos utilizados para o cultivo de hortaliças; às residências, pois estas podem ter sua estrutura danificada ou mesmo destruídas, como no exemplo citado anteriormente; ao sistema viário com a destruição das ruas, já que a maioria delas margeia o leito dos rios; e, a destruição de cabeceiras de pontes e bueiros, pois estes são sub-dimensionados e não comportam o volume de água nos períodos de cheia ou inundação, diminuindo a área de passagem da água e, conseqüentemente, aumentando a pressão do fluxo.

O evento de janeiro de 2008 destruiu parcialmente a Rua Beira Rio e a Av. João Frederico Martendal (ver Ponto A no mapa 6.2). No evento de novembro do mesmo ano, a

Rua Beira Rio voltou a ser destruída e o aterro para a reconstrução do trecho da Av. João Frederico Martendal foi danificado. Uma residência foi destruída (Ponto B), outra teve sua estrutura danificada (Ponto C), com trincas pelas casas, mas os moradores não foram retirados da moradia e continuam residindo nela, sendo que as rachaduras continuam a aumentar a cada novo episódio de inundação ou cheia.

Em um quarto local, a margem erodida se aproximou de três residências (Ponto D). Esta área foi aterrada pelo poder público para aumentar a distância das casas em relação à margem do canal, o que não significa que o risco tenha diminuído. Além disso, muitos bueiros e cabeceiras de pontes foram erodidos deixando moradores isolados.

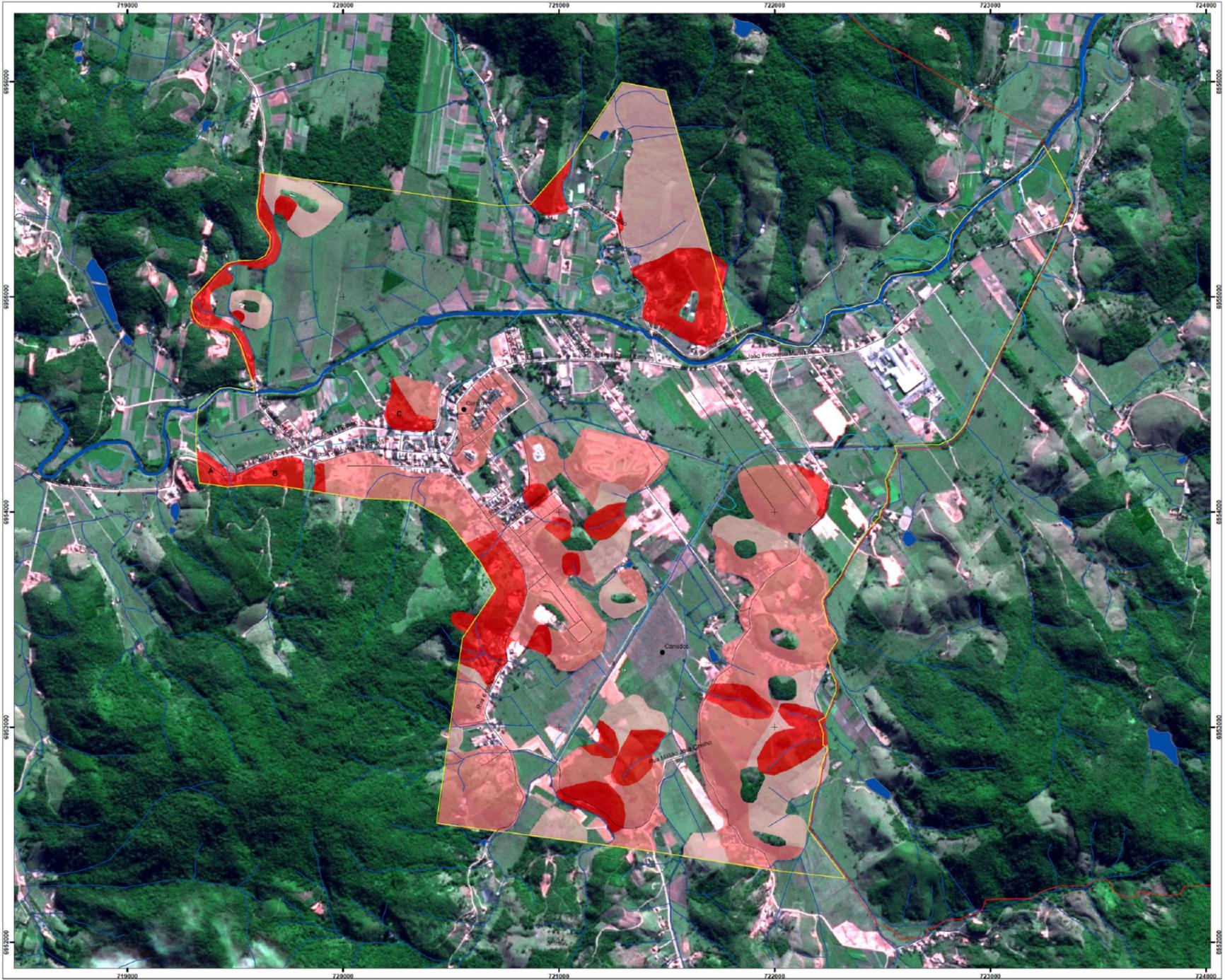
As margens côncavas dos rios foram classificadas como áreas de risco à erosão marginal, mas como apresentado, todas as margens possuem risco a esse fenômeno perigoso. Por isso, deve ser evitada a construção de residências ou qualquer outro tipo de obra próximo às margens dos canais, pois estes são formados por depósitos incoerentes que são facilmente erodidos.

6.3.4 Áreas de risco a deslizamentos

Para a análise do risco aos deslizamentos foram mapeadas e analisadas as áreas que possuem cortes nas encostas, que apresentam formas de anfiteatro e sinais de instabilidade, como cicatrizes de deslizamentos e degraus de abatimento.

Com base na metodologia adaptada de Brasil (2007) as áreas de risco foram classificadas em 3 níveis: baixo, médio e alto, como pode ser observado na Mapa 6.3.

As áreas classificadas como de risco baixo são as áreas que possuem a forma natural de encosta. Devido ao espesso manto de alteração e ao regime pluviométrico, estas áreas podem ser palco de deslizamentos em períodos de chuvas intensas ou contínuas. Essas áreas são, normalmente, utilizadas para a pastagem ou possuem alguma cobertura arbórea e não possuem residências próximas.



Legenda

<p>Áreas de Risco a Deslizamentos</p> <ul style="list-style-type: none"> Alto Médio Baixo A Exemplos de Risco Alto 	<ul style="list-style-type: none"> Rede Hidrográfica Provável Traçado do Rio Paleocanais Retilinizados Açude 	<ul style="list-style-type: none"> Bairros Sistema Viário Área urbana Município de Antônio Carlos
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

N

0 112,5225 450 675 900 m

Escala: 1:10.000

Fonte: Imagem de Satélite SPOT 5 / Composição: Natural Color
 Resolução: 2,5 m / Data de coleta da cena: 03 jun.2004
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
 Meridiano Central: 51 W Gr
 Datum: South America Datum 1969 - SAD69
 Referencial Altimétrico - Imituba

Fotos aéreas CELESC
 Escala 1:8.000 / Coletadas em: julho 2000 (Fotos 1-9)

Interpretação, vetorização e edição: Geog. Solange Richartz Wilvert

Mapa 6.3 - Mapa de Risco a Deslizamentos

(Mapa reduzido a partir da versão impressa desta dissertação)

As áreas classificadas como de risco médio são todas aquelas que possuem cortes nas encostas, independente da profundidade e do grau de inclinação do corte, pois todos eles aumentam a inclinação da encosta e conseqüentemente mudam as forças que atuam na sua estabilização. Estas áreas margeiam as ruas e estão ocupadas por residências ou por construções destinadas ao comércio, que normalmente, estão localizadas a menos de 3 m da base do corte. Os cortes possuem as mais variadas profundidades e inclinação próxima dos 90°.

As áreas classificadas como de risco alto a deslizamento são aquelas que possuem algum deslizamento ou cicatriz desse processo, ou sinais que evidenciam a movimentação da encosta, seja em área com a forma natural da encosta ou em áreas com corte.

Como exemplo de risco alto pode-se citar a área ao longo do morro do Zé Maneca (Ponto A), o trecho da Rua Libório Francisco Goedert (Ponto B) e a encosta atrás do terminal rodoviário (Ponto C) na Avenida João Antônio Besen, que estão destacadas no Mapa 6.3.

O morro do Zé Maneca (Ponto A) possui um corte com 20 m de profundidade e é formado por um espesso manto de alteração sem a presença de blocos de rocha imersa no material alterado. Sua inclinação é de aproximadamente 90° e não possui a presença de surgências de água no talude. A vegetação está presente apenas do topo da encosta, deixando o talude exposto à ação dos processos erosivos superficiais, que podem ser observados pelos sedimentos depositados na sua base.

Esse corte é resultado da construção da estrada que dá acesso às comunidades do interior do município, na década de 1920. Depois da construção, parte do material da encosta começou a ser explorado para a extração de saibro e mais tarde, a parte plana do terreno, passou a ser ocupada por residências.

Atualmente, há 3 residências próximas ao talude, sendo que uma está localizada a menos de 2 m de distância da base deste. As outras residências se encontram mais afastadas, cerca de 6 m. Todas as residências são de alvenaria.

No evento de janeiro de 2008, houve um deslizamento neste corte. O material movimentado ficou a menos de um metro de umas das residências. No evento de novembro de 2008 ocorreu um novo deslizamento ao lado do deslizamento de janeiro, mais afastado das residências e em março de 2010, houve um novo deslizamento sobre a rua, que a deixou parcialmente interditada.

O corte existente na Rua Libório Francisco Goedert (Ponto B) é resultado de uma antiga exploração de saibro, utilizado pela prefeitura e pelos moradores para aterros e obras de terraplanagem, principalmente sobre o antigo leito do rio Biguaçu, para a ampliação da área

urbana. Depois que a exploração do material foi abandonada, a área plana na base do corte foi loteada e começou a ser ocupada por residências.

O corte possui em torno de 40 m de profundidade e é formado pelo manto de alteração e blocos de rocha imersos nele. Sua inclinação se aproxima dos 80°, com dois degraus para diminuir a declividade. Há diversos pontos de surgência de água na base do corte, que auxiliam nos processos de reativação da cicatriz. As paredes do corte não possuem cobertura vegetal, estando esta presente apenas no topo da encosta.

Hoje, há nessa área 10 residências que encontram-se a menos de 1 m da base do corte. Dessas 10 residências, apenas uma é de construção mista (alvenaria e madeira).

No evento de novembro de 2008, houve a ocorrência de três deslizamentos neste talude de corte (Figura 6.47). Em um trecho ocorreu o deslizamento de solo e rocha, que atingiu uma residência causando danos na estrutura. O outro deslizamento destruiu o muro nos fundos da casa e a parede próxima, causando rachaduras na edificação. Em um terceiro ponto, ocorreu um pequeno deslizamento cujo material invadiu o jardim até o limite da casa.



Figura 6.47 – Vista do corte na encosta da Rua Libório Francisco Goedert. A seta em vermelho indica um deslizamento ocorrido no evento de janeiro de 2008. As setas em preto, os deslizamentos ocorridos em novembro de 2008. Observar próximo às duas setas da parte esquerda da figura, os blocos de rocha imersos no manto de alteração. Foto: Joel Pellerin, jan. 2010.

Esse talude já se encontrava degradado antes dos eventos de 2008, com deslizamentos e outros processos erosivos como foi observado por Wilvert (2006). A cada novo episódio pluviométrico, as feições deste corte são retrabalhadas. No evento de março de 2010, este corte voltou a ser palco de deslizamentos, que deixou o pátio de algumas casas e a rua na frente delas coberta por material lamoso.

Outro exemplo de uma área com risco alto a deslizamento é a encosta atrás do terminal rodoviário (Ponto C). Esta encosta possui cicatrizes de deslizamentos revegetadas, tanto no seu lado oeste quanto no lado norte, que podem ser observadas sobre as fotografias aéreas e sobre o mapa de geomorfologia (Mapa 5.2, página 68).

Além dessas cicatrizes, essa encosta possui o lado leste ocupado por residências que modificaram a sua forma. A base da encosta também foi cortada para aterrizar o antigo leito do rio Biguaçu e para dar lugar a Avenida João Antônio Besen. No evento de março de 2010, um trecho desta encosta deslizou sobre a referida avenida, deixando o trânsito em meia pista.

Grande parte dos cortes realizados nas encostas da área de estudo foram executados pela Prefeitura Municipal ou esta permitiu a ocupação das áreas anteriormente utilizadas para a extração de saibro, o que demonstra, mais uma vez, a vulnerabilidade do poder público em gerir o meio, sendo responsável pela criação de novas áreas de risco.

Nas áreas em que houve deslizamentos ou sinais de instabilidade, como degraus de abatimentos, ocasionados pelos eventos que ocorreram durante o desenvolvimento desta pesquisa, apenas em um local foi realizado obras de retaludameto da encosta, com estrutura de contenção adequada. Nos outros locais, a prefeitura realizou o afastamento da encosta, sem estruturas de contenção, aumentando a extensão do corte e o seu ângulo de inclinação, permanecendo o risco a novos deslizamentos e deixando a falsa impressão de segurança à população.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Antônio Carlos encontra-se no médio vale do rio Biguaçu em uma planície alveolar, formada por formas terraceadas e meandros abandonados, e por encostas com espessos mantos de alteração, que apresentam cicatrizes de processos erosivos.

Os fenômenos perigosos ocorrem devido às características naturais do meio físico, que são intensificadas ou mesmo criadas pelas modificações causadas pela população ao meio, pois ela não possui conhecimento sobre a dinâmica local, o que dificulta o adequado planejamento da ocupação.

A planície é o compartimento do relevo que se encontra mais urbanizada. As modificações causadas neste compartimento contribuem para a intensificação dos alagamentos, da inundação e dos processos de erosão marginal. A retificação dos rios, a execução de aterros, a impermeabilização do solo, a ocupação das margens dos rios são algumas dessas modificações.

Os cortes são as modificações mais frequentes que favorecem a desestabilização das encostas. Eles são executados para a construção de estradas, de residências, para obtenção de material de empréstimo para os aterros e para o plantio de grama. Esses cortes possuem declividades altas e espessos mantos de alteração, que associados a episódios pluviométricos intensos ou contínuos, tornam estes lugares suscetíveis aos deslizamentos.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, a área de estudo passou por três eventos adversos: janeiro e novembro de 2008 e março de 2010. Cada um desses eventos evidenciou um dos fenômenos estudados e mostrou como a população e o poder público são vulneráveis a eles.

Desde novembro de 1998, a área de estudo não era atingida por uma inundação. O evento de janeiro de 2000 foi localizado e não é lembrado pelos moradores. Durante estes 10 anos, loteamentos foram construídos sobre as margens dos rios e nas planícies. Muitas pessoas construíram suas casas ou desenvolveram suas atividades econômicas próximas a estes ou em áreas de antigos leitos, por pensarem que fenômenos excepcionais, como a inundação de 1998, não aconteceriam mais. Outros moradores elevaram o seu terreno por meio de aterro para evitar a inundação.

A inundação de janeiro de 2008 é considerada pelos moradores como a maior em danos, mas não a maior em volume de água ou em área inundada. A inundação de 1972, que durou do dia 23 ao dia 25 de dezembro é considerada a maior em relação à área inundada.

O evento de janeiro é o maior em danos, porque hoje há mais elementos expostos ao perigo do que em 1972, quando a população de cidade era de 449 habitantes, e hoje a

população é de 2.072 habitantes, conseqüentemente, aumentou o número de residências, casas de comércio e infra-estrutura construídas.

O evento de novembro de 2008 acarretou um grande prejuízo à infra-estrutura e à agricultura. A inundação não foi tão pronunciada como a de janeiro, mas o fator agravante foi o período de chuvas freqüentes registradas desde setembro, com valores acima das médias mensais, que ocasionou a saturação do solo e resultou nos deslizamentos.

Os deslizamentos ocorreram de forma pontual nos cortes das encostas, interditando ruas e danificando a estrutura de algumas residências. O fenômeno da erosão marginal dos canais também foi mais intenso que no evento de janeiro, devido à oscilação no nível da água dos rios durante os cinco dias (21 a 25 de novembro) do evento.

As chuvas que ocasionaram o evento de março de 2010 ocorreram de forma mais intensa sobre o médio e o baixo vale do rio Biguaçu, não atingido da mesma forma o alto vale. Na área de estudo, ocorreram alagamentos, que atingiram principalmente o Centro da cidade, com mais de um metro de altura de água e alguns deslizamentos isolados.

Esses eventos demonstraram como a população e os órgãos públicos são vulneráveis à dinâmica do meio físico, que eles utilizam sem nenhum conhecimento técnico e, que resultaram na intensificação desses processos e no aumento dos prejuízos para a população e para a infra-estrutura pública.

O risco a alagamento é recente na área de estudo. Estes ocorrem num trecho correspondente ao antigo leito aterrado do rio Biguaçu. Hoje essa área encontra-se ocupada por residências, pelo comércio e por serviços públicos, que além de aterrar os terrenos, adensaram as construções sobre o local, impermeabilizando o solo e favorecendo o escoamento superficial. No evento de janeiro de 2008 e março de 2010, essa área foi atingida ocasionando muitos danos, inclusive ao patrimônio público.

As outras áreas alagadas situam-se ao longo das Ruas Adão Reitz, Gilberto Schmitz e em parte da Rua São Paulo. Nas Ruas Adão Reitz e Gilberto Schmitz e, no terreno onde está localizada a Prefeitura Municipal, o fenômeno do alagamento pode ocorrer sobreposto ao fenômeno da inundação, o que potencializa a sua ocorrência.

As áreas com risco à inundação foram hierarquizadas em três níveis: alto, médio e baixo, de acordo com as magnitudes dos eventos de janeiro de 2008, novembro de 1991 e janeiro de 1997. As áreas com risco baixo, são aquelas que não foram atingidas por esses eventos, o que não significa que não estejam sujeitas a eventos futuros de maior magnitude. As áreas de risco alto são as áreas próximas aos canais, que são inundadas num primeiro momento, pois a inundação não ocorre de maneira uniforme ao longo da planície. Todas as

formas terraceadas e os meandros abandonados possuem risco alto a este fenômeno. Além disso, a partir de uma determinada altura do fluxo do rio, a água volta pelo antigo leito do rio Biguaçu inundando loteamentos, residências e a prefeitura municipal. As áreas que foram inundadas em um segundo momento foram classificadas como de risco médio, como a Rua Vereador Osvaldino Hoffmann e a Servidão Pedro Schetz.

As modificações nos rios da área de estudo ocorreram como medidas mitigadoras para diminuir os danos gerados pelas inundações. Por exemplo, o rio Biguaçu cortava o centro da cidade de Antônio Carlos e segundo os relatos dos moradores toda esta área ficava inundada. De acordo com os relatos, esta área poderia ser considerada de risco alto, pois as residências ficariam com água na altura das janelas. Hoje, com o traçado modificado, esta área é classificada como de risco baixo.

O traçado do rio foi aterrado e a cidade passou a se desenvolver sobre ele. Mas devido à impermeabilização e ao aumento do nível da planície pelos aterros, estas áreas passaram a apresentar risco aos alagamentos.

Os aterros são utilizados como medida mitigadora para aumentar as cotas altimétricas do terreno a fim de evitar que as inundações atinjam as construções. Mas, como a área de estudo encontra-se sobre uma planície alveolar, estes aterros estão aumentando a cota altimétrica da planície, o que pode gerar um barramento do fluxo e intensificar a inundação a montante desses locais.

Outro risco na área está relacionado às perdas e danos advindos das erosões marginais nos canais. Estes ocorrem com as inundações e também com as cheias de canal, devido ao aumento da velocidade e da turbulência do fluxo e à variação do nível do rio. Estes processos aumentam a pressão do fluxo sobre as paredes do canal, erodindo-as. Este fenômeno ocorre principalmente nas margens côncavas dos rios. Devido às mudanças no uso da terra e nos canais da bacia, este fenômeno pode ocorrer em qualquer parte das margens, erodindo terras agricultáveis, áreas de pastagens, estradas, cabeceiras de pontes e danificando, ou mesmo destruindo, residências, que são construídas junto à margem do canal.

Este fenômeno causou muitos danos à agricultura, com perdas de terras agricultáveis, no evento de novembro de 2008, além de danificar a estrutura de uma residência e destruir outra na área de estudo.

As inundações são fenômenos freqüentes na área de estudo, que já passou por grandes inundações, como em 1916, 1972, 1991, 1997 e 2008, por exemplo. Mas, todo o crescimento da cidade continuou e continua sobre a planície de inundação, com a execução de loteamentos aprovados pela prefeitura junto à margem dos rios. Durante o período de 1980 a 2010, foram

registrados 23 eventos de inundação que atingiram a área da cidade de Antônio Carlos. Concomitantemente com ela, ocorrem os alagamentos, a erosão marginal fluvial e os deslizamentos, pois todos são deflagrados por episódios de chuvas intensas e/ou contínuas.

Este último fenômeno tem se tornado mais freqüente, devido ao aumento das intervenções humanas nas encostas. Anteriormente, esse fenômeno correspondia às quedas de barreiras que danificavam ou interditavam as estradas ou, ao episódio de março de 1994, onde um deslizamento vitimou três pessoas de uma mesma família.

Os locais com alto risco a deslizamento se encontram nas encostas que tiveram sua forma modificada e que apresentam sinais de instabilidade e cicatrizes de processos erosivos, como formas de anfiteatro e antigos deslizamentos. As áreas com risco médio são as encostas que possuem cortes, independente da inclinação e extensão, pois a forma da encosta foi modificada e conseqüentemente, foram mudadas as forças que atuam no seu equilíbrio.

As áreas com risco baixo são aquelas que conservam a forma natural da encostas, mas estas podem desenvolver instabilidades devido às suas características naturais (estrutura geológica, morfologia da encosta, regime de chuvas) ou podem vir a desenvolver instabilidades devido à intervenção do homem no ambiente, principalmente pela realização de cortes.

Os mapas gerados – de suscetibilidades aos fenômenos perigosos, áreas de risco a alagamentos, inundações, erosão marginal e deslizamentos - apresentam as características gerais do uso e ocupação de terra e a magnitude dos eventos atuais. O que significa que as áreas delimitadas como de risco baixo à inundação e deslizamentos, podem mudar de acordo com as modificações no uso e ocupação da terra e na mudança da magnitude dos fenômenos. O mesmo pode ocorrer para as áreas de risco a alagamento e erosão marginal.

Com relação à proposta metodológica aplicada nesta pesquisa, ela é utilizada pelo IPT no mapeamento de áreas de risco no estado de São Paulo e adotada pelo Ministério das cidades nos cursos de Gestores em Área de Risco que ocorrem pelo país. Esta metodologia permite o cadastro do risco e fornece informações específicas sobre o número de residências localizadas em cada um dos setores definidos pelos níveis de risco, quais as intervenções necessárias em cada uma das áreas e o detalhamento das situações caso a caso.

Devido ao tempo de duração da pesquisa, não foi realizado o cadastro das áreas, mas apenas o zoneamento delas, que compreende a identificação dos fenômenos perigosos, a avaliação do risco e a hierarquização das áreas, estabelecendo quantas classes fossem necessárias, o que permite caracterizar cada um dos setores.

Essa metodologia deve ser utilizada por pessoas treinadas que conheçam a dinâmica do meio físico do local e o histórico dos eventos adversos ocorridos na área para poder determinar os graus de risco, de acordo com as magnitudes dos eventos.

Diante do exposto nesta dissertação é necessária a adoção de algumas medidas com o objetivo de melhorar as condições ambientais e evitar ou diminuir as prováveis perdas e danos resultantes desses fenômenos, por isso pode-se considerar as seguintes recomendações:

- Fiscalização do uso da terra por parte dos órgãos públicos com objetivo de ordenar o crescimento urbano sobre os locais suscetíveis aos fenômenos perigosos estudados.
- Criação de um banco de dados com informações e registro sobre os eventos adversos passados, os locais de ocorrência, o número de pessoas afetadas, com atualizações frequentes dos eventos que venham atingir a área de estudo, o que facilitará o acesso e o entendimento por parte dos órgãos públicos.
- Redução da vulnerabilidade através de melhorias urbanas (obras de contenção de encostas, sistema de coleta das águas do escoamento superficial e da rede de esgotos) e conscientização da população por meio de programas de educação e campanhas sobre a importância das práticas corretas do uso e ocupação da terra.
- Elaboração de um plano emergencial pela defesa civil municipal para atender as pessoas na eventualidade da ocorrência de um possível fenômeno adverso.
- Elaboração de um mapeamento cadastral identificando problemas como cortes, lançamento de águas servidas, depósitos de lixo que podem potencializar a ocorrência dos fenômenos perigosos e um cadastro dos fenômenos que podem ocorrer em cada uma das residências da área de estudo.

Espera-se que os resultados obtidos por esta pesquisa possam auxiliar na elaboração do plano diretor municipal e estabelecer estratégias que permitam aos órgãos públicos gerenciar os riscos derivados dos fenômenos aqui estudados.

REFERÊNCIAS

ALACANTARA-AYALA, Irsaema. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of disasters in developing countries. **Geomorphology**, n. 47, p. 107-124, 2002.

A Notícia, Florianópolis, 1994.

A Notícia, Florianópolis, 27-28 dez. 1995.

A Notícia, Florianópolis, 12 dez. 1998.

ARAÚJO, Alex P.; ROCHA, P. C. Magnitudes e identificação de processos de erosão de margens no córrego do cedro em Presidente Prudente-SP. In: SIMPOSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7 / ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2, 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2008 (CD-ROM).

AUGUSTO FILHO, Oswaldo; VIRGILI, José Carlos. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. (org) **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação brasileira de geologia e engenharia, 1998, p. 243-269.

BIGARELLA, J.J.; PASSOS, E; HERRMANN, M.L. de P.; SANTOS, G. F, dos; MENDONÇA, M.; SALAMUNI, E.; SUGUIO, K. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 3. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. p. 877-1436.

BINI, Graziela M. P. **Susceptibilidade a eventos perigosos do meio físico da comunidade da bacia do rio Cachoeira, Caieira do Saco dos Limões, Florianópolis – SC**. 2007. 54 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia), Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sistema de Recuperação Automática (SIDRA). **Censo Demográfico**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 agosto 2008.

BRASIL Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **População recenseada, por situação do domicílio e sexo, segundo os municípios/ Santa Catarina**, 2007. Disponível em:

<www.ibge.gov.br> . Acesso em: 05 janeiro 2009.

BRÜSEKE, F. J. **A técnica e os riscos da modernidade**. Florianópolis: EdUFSC, 2001. 216 p.

BURTON, I; KATES, R.W. The perception of natural hazards in resource management. In: ENGLISH, P. W.; MAYFIELD, R. C. (Ed.). **Man, Space and Environment**. New York: Oxford University Press, 1972. p. 282-304.

CAMPOS, Alexandre V. **Variabilidade espaço-temporal dos parâmetros físico-químicos da zona estuarina do rio Biguaçu**. 2003. 62 f. Monografia (Trabalhos de Conclusão de Curso em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CARDONA, Omar. D. The need rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective. A necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G; FRERKS, G.; HILHORST, D (Ed). **Mapping vulnerability: disasters, development and people**. Earthscan Publishers, in press, London, 2003.

CARDOZO, Francielle da S. **Análise das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilhas, São José / SC**. 2009. 226 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CASTRO, Antônio L. C. de. **Manual de desastres: desastres naturais**. Volume I. Ministério da Integração Nacional/ Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília, 2003. p. 174.

_____ **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina dos desastres**. Ministério da Integração Nacional/ Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília, 2008. p. 173.

CASTRO, C. M. de; PEIXOTO, M. N. de O.; RIOS, G. A. P. do. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro. v. 2, n. 28, p. 11-30. 2005.

CASTRO, Susana D. A. de. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. **Scripta Nova**, Barcelona v. 4, n. 60, mar. 2000. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>>. Acesso em: 02 agosto 2008.

CERRI, L. E. da S.; AMARAL, C. P. do. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. (org) **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1998. p. 300 - 310.

CHARDON, Anne-Catherine. A geographic approach of the global vulnerability in urban area: case of Manizales, Colombian Andes. **Geojournal**, n.49, p. 197–212, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 149 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher. v. 1, 1981. 313 p.

COLLISCHONN, Erika. **Inundações em Venâncio Aires/RS: interações entre as dinâmicas natural e social na formação de riscos socioambientais urbanos**. 2009. 327 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal da Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CRISTO, Sandro S. V. de. **Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis – SC**. 2002. 195 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CROSS, John A. Megacities and small towns: different perspectives on hazard vulnerability. **Environmental Hazard**, n. 3, p. 63-80, 2001.

CUNHA, Marcio A. (Org). **Ocupação de encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1991. 230 p.

CUNHA, Sandra B. da e GUERRA, Antonio, J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, Antonio J. T.; CUNHA, Sandra B. da (Org). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 337-379.

CUNHA, Sandra B. da. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, Antonio J. T & CUNHA, Sandra B. da (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 211-247.

CUTTER, Susan L; MITCHELL, Jerry T; SCOTT, Michael S. Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. **Annals of The Association of American Geographers**, v. 4, n. 90, p. 713-737, 2000.

CUTTER, Susan L.; BORUFF, Bryan J.; SHIRLEY, W. Lynn. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quartely**, v. 84, n. 2, p. 242-261, Jun. 2003.

Diário Catarinense, 23 fev. 1994. p. 22-24.

DIAS, Fernando P. **Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis - SC.** 2000. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DIAS, Fernando P.; HERRMANN, Maria L. de P. Susceptibilidade a deslizamentos: estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis –SC. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.6, n.3, p. 57-73, jun. 2002.

ERICKSEN, Neil. **‘Natural’ Hazards and Disasters: Basic Concepts.** 5 ed. The International Global Change Institute/ The University of Waikato, 2004. 21 p.

ESTEVES, Marcelo. B. **Aplicação de métodos geofísicos ao estudo das coberturas superficiais:** caso de Sorocaba do Sul – Biguaçu/SC. 2001. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

FERNANDEZ, Oscar V. Q; FULFARO, Vicente J. Magnitudes e processos da erosão marginal no rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR. **Geografia**, Rio Claro, v. 18, n. 1, p. 97-114, abril. 1993.

FERNANDES, Nelson F. & AMARAL, Cláudio P. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, Antonio J. T.; CUNHA, Sandra B. da (Org). **Geomorfologia e meio Ambiente.** 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, p. 123-194.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBER, H. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOMORFOLOGIA**, vol. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.

FORTES, Edson. **A planície Costeira da região de Biguaçu – SC:** abordagem dos aspectos ambientais da bacia hidrográfica do rio Biguaçu. 1996. 195 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

FUJIMOTO, Nina S. V. M. Implicações ambientais na área metropolitana de Porto Alegre - RS: um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana. **Geosp** - Espaço e Tempo, São Paulo, n.12, p. 141-177, 2002.

GÁRCÍA-TORNEL, Francisco. C. Algunas cuestiones sobre Geografía de los Riesgos. **Scripta Nova**, Barcelona, v. 01, n. 10, nov. 1997. Disponível em: < <http://www.ub.es/geocrit/sn-10.htm>>. Acesso em: 02 agosto 2008.

GUERRA, J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: GUERRA, Antônio. J. T.; CUNHA, Sandra B. da (Org). **Geomorfologia do Brasil**, 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.181-227.

GUIDICINI, G; NIEBLE, C. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1984. 216 p.

HERRMANN, Maria L. P.; MENDONÇA, Magaly; CAMPOS, Nazareno J. São José: Avaliação das Enchentes e Deslizamentos Ocorridos em Novembro de 1991 e Fevereiro de 1994. **Geosul**, Florianópolis, n° 16, p. 46-77, 2° sem. 1994.

_____. **Problemas geoambientais na faixa central do litoral catarinense**. 1999. 307 f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

_____; PELLERIN, Joel R.G.M., SAITO, Silvia M. Análise da ocorrência de escorregamentos no estado de Santa Catarina com base nos formulários de avaliação de danos da Defesa Civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, p.159-173, 2004. (CD-ROM).

_____. (Org.). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis. IOESC(CD-RAM) 146p. 2007.

_____; KOBIYAMA, Masato; MARCELINO, Emerson V. Inundação gradual. In: HERRMANN, Maria L. de P. (Org.). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis. IOESC(CD-RAM), 2007. p. 89-92.

HÉTU, Bernard, Uma Geomorfologia socialmente útil: os riscos naturais em evidência. **Mercator** – Revista de Geografia da UFC, ano 2, n. 03, p. 83-97, 2003.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. DE O., MARCELINO; E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F., RUDORFF, F. DE M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006. 109 p.

KREMER, Rogério. **Datas históricas de Antônio Carlos: 1830 – 1992**. Florianópolis: Papalivros, 1993. 104 p.

LEPSCH, Igo F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

LIEBER, Renato R.; ROMANO-LIEBER, Nicolina S. Risco e precaução no desastre tecnológico. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 1, n. 13, p. 67-84, 2005.

LIMA, Adalto G. de. **Controle geológico e hidráulico na morfologia do perfil longitudinal em rio sobre rochas vulcânicas básicas da formação Serra Geral no estado do Paraná**. 2009. 219 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

LIMA, Camila de S.; MELO, Rhaíssa F. T. de; CORRÊA, Antonio C. de B. Análise de áreas de risco a alagamentos no setor conurbado dos municípios do Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes ao longo do ano de 2005. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GEOMORFOLOGIA, 7 / ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2, 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2008 (CD-ROM).

LIMA, Marilene de; MONTEIRO, Maurici. Sistemas atmosféricos responsáveis pelas chuvas em Santa Catarina entre os dias 21 e 23 de novembro de 2008. Disponível em: < ciram.epagri.rct-sc.br/portal/Controlador?command=ExibirNoticia&module=website&idNotic=439&tipo_notic=meteorologia&ixFoto=0&pag=0 > Acessado em: 06 de dezembro de 2008. Acesso em: 15 mar. 2009.

LUIZ, Edna. L. **Estudo de movimento de massa na bacia do rio Inferninho e sua influencia na evolução das vertentes, Sorocaba de Dentro – Biguaçu/SC**. 1996, 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

_____ **Influência da Dinâmica Hidrológica e das Características das Formações Superficiais nos Mecanismos de Ruptura das Encostas com Rochas granitóides de Áreas Subtropicais - São Pedro de Alcântara/SC**. 2003, 239 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

_____ Dinâmica dos sistemas físico-naturais e sua importância para a definição de áreas de risco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 368-378. (CD-ROM).

MACEDO, E. S. de; OGURA, A. T.; CANIL, K.; ALMEIDA FILHO, G. S.; GRAMANI, M. F.; SILVA, F. C.; CORSI, A. C.; MIRANDOLA, F. A. Modelos de fichas descritivas para áreas de risco a escorregamento, inundação e erosão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 892-907. (CD-ROM).

MARANDOLA JR, E; HOGAN, D.J. *Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos*. **Ambiente e Sociedade**, v. 8, n.2, jul/dez. 2004. Disponível em:

<www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=51414-753x2004000200006>. Acesso em: 27 setembro 2008.

MARCELINO, Emerson V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. **Cadernos Didáticos**, n. 1, p.1-38, fev. 2008.

MITCHELL, James K. Megacities and natural disasters: a comparative analyse. **Geojournal**, n. 49, p. 137-142, 1999.

MONTEIRO, Carlos A. F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991. 241 p.

MONTEIRO, Maurici A. & FURTADO, Sandra M. A. O clima do trecho Florianópolis - Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **Geosul**, Florianópolis, v. 10, n. 19/20, p. 117-183, 1º/2º sem. 1995.

_____. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v.16, n. 31, p. 69-78, jan./jun. 2001.

_____; MENDONÇA, Magaly. Dinâmica atmosférica no estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, Maria L. de P. (org.). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis. IOESC(CD-RAM), 2007. p. 05-10.

NÉIS, Agnes. **Análise Comparativa (1956 – 1995)**: uso do solo sub-bacia do rio Rachadel, Antônio Carlos, SC. 1997. 57 f (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

O Estado, Florianópolis, 10 fev. 1993.

OLIVEIRA, Edson L. de A.; ROBAINA, Luiz E. de S.; RECKZIEGEL, Bernadete W. Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 248-261.(CD-ROM)

PALÁCIOS, Júlio Dias; CHUQUISENGO, Orlando; FERRADAS, Pedro. **Gestión de riesgo em los gobiernos locales**. Lima: Soluciones Prácticas – ITDG, 2005. 107 p.

PALMIERI, Francesco; LARACH, Jorge. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, Antônio J. T.; CUNHA, Sandra B. da (Org). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 59-85.

PELLERIN, J.R.G.M; DUARTE, G. M.; SCHEIBE, L. F.; MENDONÇA, M.; BUSS, M. D.; MONTEIRO, M. A. Timbé do Sul – Jacinto Machado: avaliação preliminar da extensão da catástrofe de 23 – 24/12/95. **Geosul**, Florianópolis, v. 12, n. 23, p. 71-83, 1997a.

_____; VIEIRA, A. F. G.; LIMA, M. S.; ESTEVES, M. B. Análise tridimensional da cobertura pedológica de uma pequena depressão fechada. In: ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 6, 1997, Buenos Aires (Argentina). **Anais...** Sessione Temas Libres: Buenos Aires, 1997b (CD-ROM).

PFLUCK, Lia D. **Riscos ambientais**: enxurradas e desabamentos na cidade de Marechal Cândido Rondon-PR, 1980 a 2007. 2009. 272 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

REITZ, Raulino. **Alto Biguaçu**: narrativa cultural tetrarracial. Florianópolis: Lunardelli; Editora da UFSC, 1988. 581 p.

RECKZIEGEL, Bernadete W.; ROBAINA, Luiz E. de S.; OLIVEIRA, Edson L. de A. Mapeamento de áreas de risco geomorfológico nas bacias hidrográficas dos Arroios Cancela e Sanga do Hospital, Santa Maria – RS. **Geografia**, Londrina, v. 14, n. 1, p. 05-18, jan./jun. 2005. Disponível em: < <http://www.geo.uel.br/revista> >. Acesso em: 18 outubro 2008.

ROCHA, Paulo César; SOUZA FILHO, E. E. Erosão marginal em canais associados ao Rio Paraná na região de Porto Rico-PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 44, p 97-116, 1996.

ROSA, Caroline H. **As mudanças com a instalação dos parques aquáticos no município de Antônio Carlos – SC**. 2008. 63 f (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ROSA, R. de O. **Estudos Ambientais da Grande Florianópolis**: Geomorfologia. Florianópolis. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1995. 16 p.

SAITO, Silvia M. **Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamentos e quedas de blocos no Maciço Central de Florianópolis**. Florianópolis, 2004. 130f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SANTOS, Gilberto F. dos; PINHEIRO, Adilson. Transformações geomorfológicas e fluviais decorrentes da canalização do Rio Itajaí-Açu na divisa dos municípios de Blumenau e Gaspar (SC). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 3, n. 1, p. 1-9, 2002.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral (GAPLAN). Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173 p.

SANTA CATARINA. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM). Boletim de Monitoramento Climático Mensal e Diário de janeiro de 2008.

SELBY, M. J. **Hillslope materials and processes**. Oxford University Press. New York, 1993. 451 p.

SILVA, Vicente R. **Análise sócio-ambiental da bacia do rio Biguaçu – SC**: subsídios ao planejamento e ordenamento ambiental. 2007. 227 f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SOUZA, C. R. G. Riscos a inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 231-247. (CD-ROM)

SOUZA, Marcelo L. de. Dos problemas sócio-espaciais à degradação ambiental – e de volta aos primeiros. In: __ **O desafio metropolitano**: um estudo sobre a problemática espacial das metrópoles brasileiras. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2000. p. 113-139.

SOUZA, Mirela I. **Perigos Geoambientais nos Bairros Forquilha, Flor de Nápoles e Picadas do Sul – São José / SC**. 2006, 104f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia), Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TESTA, Grazieli. **Análise de suscetibilidade a inundações no sítio urbano do município de Biguaçu**. 2006. 102f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia), Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

THORNE, C. R.; TOVEY, N. Keith. Stability of composite river banks. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.6, p.469-484, 1981.

THYWISSEN, Katharina. Components of risk: a comparative glossary. **Source** - ‘Studies of the University: Research, Counsel, Education’, n.º. 2, p. 1-47, 2006.

TRANINI, Douglas R. *et al.* **Projeto Vidal Ramos – Biguaçu**. v 1. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM). Porto Alegre, 1978.

TUCCI, Carlos E.M. Escoamento superficial. In: ____ (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP/ABRH/Editora da UFRGS, 1993, p. 391-437.

UITTO, J. I. The geography of Disasters Vulnerability in Megacities. **Applied Geography**, v. 18, n. 1, p. 7-16, 1998.

VALDATI, Jairo. **Riscos e Desastres Naturais: a área de risco de inundação na sub-bacia do rio da Pedra – Jacinto Machado / SC**. Florianópolis, 2000. 145f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

VEYRET, Yvette. Introdução. In: ____ (org.) **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo. Ed. Contexto, 2007. p. 11-21.

VEYRET, Yvette; RICHEMOND, Nancy M. de. O risco, os riscos. In: VEYRET, Yvette (org.) **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo. Ed. Contexto, 2007. p. 23-24.

VIEIRA, Rafaela. **Um olhar sobre a paisagem e o lugar como expressão do comportamento frente ao risco de deslizamento**. Florianópolis, 2004. 197f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

VIEIRA, Solange F. **Análise e mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa no setor central da Serra da Esperança, na divisa entre os municípios de Guarapuava e Prudentópolis – PR**. 2008, 191b f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VILLAGRÁN DE LEON, Juan Carlos. **La natureza de los riegos, um enfoque conceptual**. Guatemala: Centro de Investigación y Mitigación de Desastres Naturales (CIMDEN). s/d. 53 p.

WILVERT, Solange R. **Modificações antrópicas no relevo da área urbana de Antônio Carlos**. 2006. 85f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia). Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ZANNINI, Luiz F.P; BRANCO, Pércio M; CAMOZZATO, Eduardo; RAMGRAB, Gilberto E. **Programa de levantamentos básicos do Brasil**. Folha Florianópolis/Lagoa. CPRM/MME, Brasília, 1997. 223 p.