

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA NO  
PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL (RS)**

**MONICA MARLISE WIGGERS**

**ORIENTADOR: PROF. DR. LUÍS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA**

**PORTO ALEGRE, MAIO DE 2013.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA NO  
PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL (RS)**

**MONICA MARLISE WIGGERS**

**Orientador: Prof. Dr. Luís Eduardo de Souza Robaina**

**Banca Examinadora:**

**Profa. Dra. Nina Simone Vilaverde Moura (PPGGEA/UFRGS)  
Prof. Dr. Laurindo Antônio Guasselli (PPGGEA/UFRGS)  
Profa. Dra. Maria Paula Casagrande Marimon (FAED/UDESC)**

**Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em  
Geografia como requisito para  
obtenção do título de Mestre em  
Geografia.**

**PORTO ALEGRE, MAIO DE 2013**

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Carlos Alexandre Netto

**Vice-Reitor:** Rui Vicente Oppermann

## INSTITUTO DE GEOCÊNCIAS

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Wiggers, Monica Marlise

Zoneamento das áreas de risco a movimentos de massa no perímetro urbano do município de Caxias do Sul (RS). / Monica Marlise Wiggers. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2013.

[131 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS - BR, 2013.

Orientador: Luís Eduardo de Souza Robaina

1. Movimento de massa. 2. Risco. 3. Caxias do Sul. I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Geociências - UFRGS  
Miriam Alves CRB 10/1947

---

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul** - Campus do Vale Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS -  
Brasil CEP: 91501-970 / Caixa Postal: 15001

**Fone:** +55 51 3308-6329

**Fax:** +55 51 3308-6337

**E-mail:** [biageo@ufrgs.br](mailto:biageo@ufrgs.br)

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, pela possibilidade de realização do curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Capes, pelo auxílio financeiro através de bolsa científica.

Ao meu orientador, o professor Luís Eduardo de Souza Robaina, pela amizade e pelos ensinamentos que contribuíram para a minha formação profissional.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Geografia da UFRGS.

Aos professores da banca, Nina Simone Vilaverde Moura, Laurindo Antônio Guasselli e Maria Paula Casagrande Marimon pela disponibilidade em avaliar o presente trabalho.

Ao Corpo de Bombeiros de Caxias do Sul, pelo apoio na realização de pesquisa de campo e na disponibilização de dados sobre as ocorrências de movimentos de massa no município.

À minha família, pelo amor e apoio incondicionais.

Aos amigos e amigas que direta ou indiretamente contribuíram para o andamento da pesquisa, seja através de palavras de incentivo, do carinho prestado ou de importantes sugestões.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

Os movimentos de massa são processos naturais da dinâmica superficial do planeta, no entanto podem ser acelerados ou deflagrados pela atuação antrópica. Com relação ao estado do Rio Grande do Sul, o município de Caxias do Sul destaca-se no número de registros destes processos naturais nas últimas décadas. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo principal realizar um zoneamento das áreas de risco à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano do referido município. O zoneamento teve como base a análise da suscetibilidade, definida por meio das condições de declividade; do perigo, definido a partir da ocupação das áreas suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa e do número de registros de ocorrências no período entre os anos de 1980 a 2011, e da vulnerabilidade da população, definida a partir do adensamento e do padrão construtivo das moradias. A análise conjunta destes fatores apontou áreas de risco muito alto, existentes em Caxias do Sul, as quais se localizam nos bairros Santa Fé, Nossa Senhora de Fátima, Santa Catarina, São Victor Cohab, Planalto, Bela Vista, Cruzeiro e Interlagos. Após a identificação, as áreas de risco muito alto foram analisadas de forma detalhada; sendo, em sua maioria, caracterizadas pela ocupação de áreas de elevada declividade pela população mais vulnerável. Observa-se em inúmeras situações a construção de moradias com técnicas construtivas inadequadas em áreas de encostas que, por não apresentarem declividade tão elevada, poderiam ser ocupadas com maior segurança. Destaca-se ainda a estreita relação entre a ocorrência de desastres e a falta de planejamento urbano que leve em consideração as características e limitações físicas das cidades.

Palavras – chave: movimentos de massa, risco, Caxias do Sul.

## **ABSTRACT**

Mass movements are natural processes of the dynamic surface of the planet, although they may be accelerated or deflagrated by the anthropic action. In relation to Rio Grande do Sul state, Caxias do Sul city, specifically, has been highlighted by the number of these natural processes registrations in the last decades. This way, this study aims, primarily, to carry out a zoning of areas at risk of mass movements occurring in the urban perimeter of the referred city. The zoning was based on the analysis of susceptibility, defined throughout declivity conditions; through danger, defined as the occupation of areas susceptible to the occurrence of mass movements and the number of occurrence registrations between 1980 and 2011; and through the vulnerability of population, defined as the densification and housing constructive pattern. In addition, the analysis of these factors together indicated areas of very high risk existent in Caxias do Sul city, which are located in Santa Fé, Nossa Senhora de Fátima, Santa Catarina, São Victor Cohab, Planalto, Bela Vista, Cruzeiro and Interlagos neighborhoods. After the identification, the areas of very high risk were analyzed thoroughly, being, most of them, characterized by the occupation of areas, with elevated declivity, by the most vulnerable population. In innumerable situations, the construction of houses with inadequate constructive techniques may be observed in hillsides areas that, for not presenting so elevated declivity, could be occupied with greater safety. Therefore, it is noteworthy a strict relation between the occurrence of disasters and the lack of urban planning that take in account the characteristics and physical limitations of the cities.

**Key words:** mass movements, risk, Caxias do Sul.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 01 - Proposta de classificação dos riscos.....	20
Ilustração 02 - Sistematização dos Riscos Geomorfológicos.....	21
Ilustração 03 - Feições dos escorregamentos planares e circulares.....	25
Ilustração 04 - Feição dos escorregamentos em cunha.....	26
Ilustração 05 - Rolamento de matacões (A), deslocamento (B) e tombamento (C): diferentes tipos de movimentos classificados como quedas.....	27
Ilustração 06 - Localização do município de Caxias do Sul, no estado do Rio Grande do Sul.....	62
Ilustração 07 - Estrutura e morfologia de um derrame basáltico.....	66
Ilustração 08 - Variações estruturais e texturais de um derrame basáltico típico.....	68
Ilustração 09 - Perfil morfológico e sua relação com as diversas zonas dos derrames.....	69
Ilustração 10 - Mapa da ocupação em áreas suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa nos bairros do perímetro urbano de Caxias do Sul.....	74
Ilustração 11 – Perímetro urbano de Caxias do Sul.....	75
Ilustração 12 - Mapa dos registros de ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul.....	76
Ilustração 13 - Mapa dos graus de perigo à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul.....	78

Ilustração 14 - Ocupação de encosta nos bairros Nossa Senhora de Fátima (A) e Pioneiro (B).....	80
Ilustração 15 - Ocupação de encosta no bairro Cidade Nova.....	80
Ilustração 16 - Presença de material coluvionar e vegetação de grande porte entre as moradias no Bairro Cidade Nova.....	81
Ilustração 17 - Ocupação de encosta no bairro Nossa Senhora de Fátima.....	82
Ilustração 18 - Ocupação de encosta no bairro Santa Fé.....	82
Ilustração 19 - Cicatriz de escorregamento no bairro Santa Fé.....	83
Ilustração 20 - Ocupação sobre área de aterro no bairro Santa Fé.....	83
Ilustração 21 - Contato solo – rocha (A) e um escorregamento em talude com esta condição.....	84
Ilustração 22 - Fratura preenchida com material argiloso, configurando-se como uma situação de suscetibilidade de ocorrência de movimento de massa.....	84
Ilustração 23 - Mapa dos graus de vulnerabilidade da população residente em áreas de perigo à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul.....	86
Ilustração 24 - Bairros Nossa Senhora de Fátima (A) e Santa Fé (B), situações de vulnerabilidade muito alta.....	87
Ilustração 25 - Mapa dos graus de risco à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul.....	90
Ilustração 26 - Áreas de risco muito alto no Bairro Santa Fé.....	91



Ilustração 27 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé - área A.....	92
Ilustração 28 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé - área B.....	93
Ilustração 29 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – área C.....	94
Ilustração 30 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – área D.....	95
Ilustração 31 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – área E.....	96
Ilustração 32 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – área F.....	97
Ilustração 33 - Assentamento Subnormal Canyon, no bairro Santa Fé.....	98
Ilustração 34 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – G.....	98
Ilustração 35 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – H.....	99
Ilustração 36 - Assentamento Subnormal Rota do Sol, no bairro Santa Fé.....	99
Ilustração 37 - Áreas de risco muito alto no bairro Cruzeiro.....	100
Ilustração 38 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Cruzeiro - área A.....	101
Ilustração 39 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Cruzeiro - área B.....	102
Ilustração 40 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Cruzeiro - área C.....	103
Ilustração 41 - Assentamento subnormal Portinari, no bairro Cruzeiro.....	104
Ilustração 42 - Área de risco muito alto no Bairro Nossa Senhora de Fátima.....	105

Ilustração 43 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Nossa Senhora de Fátima.....	106
Ilustração 44 - Assentamento Subnormal Av. Monsenhor João Meneguzzi, bairro Nossa Senhora de Fátima.....	107
Ilustração 45 - Área de risco muito alto no Bairro Interlagos.....	108
Ilustração 46 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Interlagos.....	109
Ilustração 47 - Assentamento Subnormal Dal Bó, no bairro Interlagos.....	110
Ilustração 48 - Área de risco muito alto no Bairro Santa Catarina.....	111
Ilustração 49 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Catarina.....	111
Ilustração 50 - Área de risco muito alto contínua entre os bairros Bela Vista, Planalto e São Victor Cohab.....	112
Ilustração 51 - Detalhamento da área de risco do bairro Bela Vista, a qual é contígua aos bairros Planalto e São Victor Cohab.....	113
Ilustração 52 - Assentamento Subnormal Vila Feliz, no bairro Bela Vista, divisa com Bairro Planalto.....	113
Ilustração 53 - Detalhamento da área de risco do bairro Planalto, a qual é contígua aos bairros Bela Vista e São Victor Cohab.....	114
Ilustração 54 - Assentamento Subnormal Vale do Planalto, no bairro Planalto.....	115
Ilustração 55 - Detalhamento da área de risco do bairro São Victor Cohab, a qual é contígua aos bairros Bela Vista e Planalto.....	116

Ilustração 56 - Assentamento Subnormal COOESP, no bairro São Victor Cohab, divisa com Planalto.....	117
---	-----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Classificação de risco de acordo com a origem do processo desencadeador.....	21
Quadro 02 - Tipos de movimentos de massa.....	23
Quadro 03 - Agentes condicionantes dos movimentos de massa.....	29
Quadro 04 - Efeitos adversos (A) e benéficos (B) da vegetação sobre a estabilidade das encostas.....	36
Quadro 05 – Etapas do Enfrentamento dos Desastres.....	50
Quadro 06 – A atuação governamental frente aos desastres naturais.....	50
Quadro 07 - Matriz de cruzamento para obtenção dos graus de perigo.....	58
Quadro 08 - Matriz de cruzamento para obtenção dos graus de vulnerabilidade.....	59
Quadro 09 - Matriz de cruzamento para obtenção dos graus de risco.....	60
Quadro 10 - Etapas para a realização da pesquisa.....	61

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>A Questão do Risco: conceitos relacionados .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1</b>	<i>Suscetibilidade .....</i>	<i>16</i>
<b>2.1.2</b>	<i>Perigo .....</i>	<i>17</i>
<b>2.1.3</b>	<i>Vulnerabilidade .....</i>	<i>18</i>
<b>2.1.4</b>	<i>Risco - conceituação e classificação .....</i>	<i>19</i>
<b>2.2</b>	<b>Movimentos de Massa .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1</b>	<i>Conceituação e Classificação .....</i>	<i>22</i>
<b>2.2.2</b>	<i>Agentes condicionantes .....</i>	<i>27</i>
<b>2.2.2.1</b>	<i>Clima e atuação da água .....</i>	<i>30</i>
<b>2.2.2.2</b>	<i>Substrato .....</i>	<i>32</i>
<b>2.2.2.3</b>	<i>Relevo .....</i>	<i>34</i>
<b>2.2.2.4</b>	<i>Vegetação .....</i>	<i>35</i>
<b>2.2.2.5</b>	<i>Uso e Ocupação da Terra.....</i>	<i>38</i>
<b>2.3</b>	<b>Ocupação e Urbanização de Áreas de Risco no Brasil.....</b>	<b>39</b>
<b>2.4</b>	<b>Gestão de Riscos no Brasil .....</b>	<b>44</b>
<b>2.4.1</b>	<i>Conceitos Importantes e Situação da Gestão no País .....</i>	<i>44</i>
<b>2.4.2</b>	<i>Etapas e Medidas para a Gestão de Riscos .....</i>	<i>49</i>
<b>2.4.3</b>	<i>Mapeamentos de Perigo e Risco .....</i>	<i>51</i>
<b>2.5</b>	<b>O uso dos SIGs nos mapeamentos e análises de risco .....</b>	<b>53</b>
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>56</b>
<b>4</b>	<b>O MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL.....</b>	<b>62</b>
<b>4.1</b>	<b>Características e Condicionantes físicos à ocorrência de movimentos de massa no município de Caxias do Sul .....</b>	<b>64</b>
<b>4.1.1</b>	<i>Características físicas da área de estudo .....</i>	<i>64</i>
<b>4.1.2</b>	<i>Estrutura dos derrames encontrados na região de Caxias do Sul e sua influência nos movimentos de massa .....</i>	<i>65</i>
<b>4.1.3</b>	<i>Descontinuidades .....</i>	<i>70</i>
<b>5</b>	<b>ANÁLISES E RESULTADOS .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1</b>	<b>Suscetibilidade .....</b>	<b>73</b>
<b>5.2</b>	<b>Inventário de Ocorrências .....</b>	<b>76</b>
<b>5.3</b>	<b>Perigo .....</b>	<b>77</b>
<b>5.3.1</b>	<i>Situações de Perigo em Caxias do Sul .....</i>	<i>79</i>
<b>5.4</b>	<b>Vulnerabilidade .....</b>	<b>84</b>
<b>5.5</b>	<b>Risco.....</b>	<b>88</b>
<b>5.5.1</b>	<i>Análise dos bairros que apresentam áreas de risco muito alto .....</i>	<i>91</i>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>118</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>120</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>130</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são processos naturais da dinâmica superficial do planeta e sempre ocorreram ao longo da história geológica da Terra. No entanto, a ocupação das áreas suscetíveis a estes processos é pautada em fatores econômicos, políticos, sociais e culturais. Dessa forma, é preciso desconstruir a ideia de que os desastres relacionados aos movimentos de massa sejam de responsabilidade exclusiva da natureza, sendo a sociedade apenas o agente afetado e não o agente produtor.

De acordo com Lavell (1999), o aumento do número de desastres naturais em nível global está associado ao crescimento da urbanização, ao aumento tanto da densidade populacional, quanto da deficiência de infraestrutura e principalmente à vulnerabilidade das populações expostas aos desastres. Assim sendo, a maior causa de desastres naturais não está diretamente ligada ao aumento das condições de perigo natural.

Com relação ao Brasil, Guimarães *et al.* (2008) também apontam que o elevado número de registros de ocorrências de movimentos de massa está ligado, além das próprias características físicas do território, à atuação antrópica nas áreas urbanas, principalmente às ocupações irregulares das encostas e o conseqüente desmatamento e corte dos taludes, aumentando a suscetibilidade à ocorrência dos movimentos de massa.

A ocupação de áreas suscetíveis a processos de movimento de massa é bastante antiga no país. Visto que a fundação de muitas cidades ocorreu em acrópoles, locais altos que permitiam melhor visualização do território, proteção militar e abrigo das inundações, além dos fatores ligados a beleza paisagística que estas áreas ofereciam.

Não obstante, nas últimas décadas, observou-se o surgimento de novas áreas de risco, paralelo ao agravamento da situação nas áreas já ocupadas. Os principais fatores que contribuíram para este quadro foram: o adensamento populacional, muitas vezes em locais de grande declividade e com a utilização de técnicas construtivas inadequadas; o crescimento desordenado das cidades brasileiras; a forte exclusão socioespacial da população de baixa renda, aliada a incapacidade do Estado em suprir as necessidades de moradia através de políticas habitacionais; a falta de conhecimento técnico sobre os processos causadores de desastres; a ineficiência no planejamento urbano e a incapacidade financeira e administrativa do poder público.

Outra questão que está diretamente ligada à ocupação de áreas de risco é o desrespeito à legislação. Como reflexo desse fator, o setor imobiliário e as classes de alta renda conseguem burlar a legislação urbanística e ambiental, construindo empreendimentos em Áreas de

Preservação Permanente, de acordo com seus interesses; enquanto que a população de baixa renda ocupa áreas de maneira ilegal por não ter capacidade financeira para adquirir imóveis em locais adequados do ponto de vista geomorfológico.

Maffra e Mazzola (2007) também apontam que a degradação ambiental no território brasileiro possui um vínculo estreito com a realidade de pobreza da população urbana, fato que dificulta o acesso a terra, tornando a população de baixa renda a mais vulnerável a desastres naturais.

Nesse contexto, são registrados no país significativos impactos sociais e econômicos, tanto para a população, quanto para o poder público, relacionados a eventos de movimentos de massa desde os primeiros séculos de povoamento. Como exemplo, Gonçalves (1992) aponta a cidade de Salvador, a qual em 1800 já havia registrado vários movimentos de massa com mortes e destruição de moradias.

Com relação ao Rio Grande do Sul, Reckzieguel (2007) aponta que o estado tem sido frequentemente atingido pela ocorrência de desastres naturais associados a processos da dinâmica atmosférica e da dinâmica superficial, dentre eles os movimentos de massa. O município de Caxias do Sul, localizado na região nordeste do estado, é o segundo município que mais registrou esse tipo de evento entre os anos de 1980 a 2005. No entanto, com exceção da atuação do Corpo de Bombeiros e da Defesa Civil, que acabam por atender as situações de emergência, Caxias do Sul não possui um órgão ou grupo estruturado dentro da prefeitura que trabalhe diretamente e de forma contínua com a questão das áreas de risco geomorfológico. A existência de um grupo dedicado exclusivamente à problemática e que seja capaz de realizar estudos de inventários, mapeamentos, acompanhamento das ocupações e demais ações necessárias à mitigação do risco seria uma grande contribuição à gestão e ao planejamento urbano municipal.

Estes fatos justificam a necessidade e a importância de trabalhos dedicados ao estudo das áreas de risco existentes no município. Em prol disso, o presente estudo tem como objetivo geral realizar um zoneamento das áreas de risco à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul/RS. O Zoneamento é um importante instrumento para orientar as ações públicas no sentido da implantação de medidas estruturais e não estruturais de erradicação ou mitigação das situações de risco.

Com relação aos objetivos específicos da pesquisa, estes consistem em:

- a) Realizar um inventário das ocorrências de movimentos de massa que afetaram os bairros do perímetro urbano do município ao longo das últimas três décadas (1980 – 2011);

- b) Determinar a suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa com base no parâmetro da declividade;
- c) Estabelecer os graus de perigo à ocorrência de movimentos de massa com base na suscetibilidade e no número de registros ao longo dos anos e;
- d) Estabelecer os graus de vulnerabilidade da população residente nas áreas de risco com base no adensamento e no padrão construtivo das moradias.

O presente trabalho está estruturado nos seguintes capítulos, assim organizados: Introdução, em que é apresentado o tema, a justificativa e os objetivos da pesquisa; Fundamentação Teórica, em que são abordados os conceitos envolvendo a problemática das áreas de risco, os condicionantes dos movimentos de massa, a história de ocupação das áreas suscetíveis a esses processos, a gestão do risco no país e o uso dos Sistemas de Informação Geográfica nos trabalhos sobre risco; Procedimentos Metodológicos, em que são abordadas as etapas de realização da pesquisa; O Município de Caxias do Sul, no qual são apresentados alguns dados preliminares relacionados à história de ocupação das áreas de risco no município, bem como as características e condicionantes físicos locais que influenciam diretamente na ocorrência de movimentos de massa; Análises e Resultados, em que são analisados os mapas de registros de ocorrências, suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco; em seguida é apresentado o capítulo referente às Considerações Finais e, por fim, as Referências utilizadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados os conceitos que envolvem as áreas de risco, sendo eles suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco. Os processos de movimento de massa são apresentados a partir do seu conceito, classificação e agentes condicionantes. O capítulo segue com um levantamento sobre a história de ocupação de áreas de risco no Brasil, com maior foco nas áreas de risco relacionadas à dinâmica das encostas. Posteriormente é apresentada uma discussão sobre a gestão do risco, analisando os conceitos chaves, suas etapas, medidas e importância para a prevenção da ocorrência de desastres. Finaliza-se o tópico com uma discussão sobre a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) nos trabalhos envolvendo a questão dos riscos.

### 2.1 A Questão do Risco: conceitos relacionados

Segundo Kobiyama *et al.* (2006) não existe um consenso entre os pesquisadores em relação à definição dos termos suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco, trazendo uma dificuldade de estabelecimento de métodos de pesquisa comuns. Nesse sentido, o presente item abordará estes conceitos, visto que a clareza a respeito de cada um é etapa fundamental para a compressão do tema, para permitir a aproximação com demais trabalhos que versem sobre a problemática e para orientar a escolha de medidas preventivas e mitigadoras dos danos causados pela ocorrência de desastres.

#### 2.1.1 Suscetibilidade

A suscetibilidade diz respeito às características físicas do ambiente. Dependendo do processo natural que está sendo objeto de análise (inundação, secas, movimentos de massa, vendavais, furacões, tornados, granizo, geada, ressacas do mar) as condições de suscetibilidade são diferentes para uma mesma localidade, ou seja, uma área com forte suscetibilidade à ocorrência de inundações pode ter uma baixíssima suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa. Bem como, algumas áreas podem apresentar grande suscetibilidade a ambos os processos, dependendo das suas características naturais.

Nesse sentido, com relação aos processos de movimento de massa, Vedovello e Macedo (2007, p. 84), apontam que: “dadas as diferentes características das rochas, solos, e relevo que compõem as encostas, bem como a diversidade climática de região para região,

existem terrenos mais suscetíveis (instáveis) ao desencadeamento de deslizamentos enquanto outros são menos suscetíveis (estáveis)”.

Observa-se que são as características físicas que conferem a maior ou a menor suscetibilidade de uma região à ocorrência de determinado processo natural (inundação, seca, geadas, etc.). Este processo natural pode resultar em um Evento Adverso, o qual se caracteriza como sendo uma ocorrência desfavorável, prejudicial, imprópria, que traz prejuízo e infortúnio; fenômeno causador de um desastre (CASTRO, 1998). Por sua vez, o Desastre, segundo o mesmo autor, seria “resultado de eventos adversos, naturais ou provocado pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais” (CASTRO, 1998, n.p.).

Nesse trabalho, define-se como suscetibilidade as características do meio físico que propiciam a ocorrência de eventos adversos. Dessa forma, os estudos que envolvem as áreas de risco têm como base as informações sobre suscetibilidade, pois onde não houver suscetibilidade, ou seja, condições naturais propícias à ocorrência de algum evento adverso, não haverá desastres.

### **2.1.2 Perigo**

Segundo Castro (1998), o perigo diz respeito a qualquer condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade, sendo que a tendência moderna é substituir o termo perigo por ameaça.

Nesse mesmo sentido, a Federal Emergency Management Agency - FEMA<sup>1</sup> (*apud* PINE, 2009, p.3) conceitua os perigos como "eventos ou condições físicas que têm o potencial para causar mortes, ferimentos, danos a propriedade, danos a infraestruturas, perdas agrícolas, danos ao meio ambiente, interrupção de negócios, ou outros tipos de dano ou perda".

Observa-se que o perigo possui uma grande relação com a suscetibilidade. As áreas suscetíveis a fenômenos naturais da dinâmica superficial, como inundações e movimentos de massa, quando habitadas, oferecem perigo para a população, ou seja, oferecem condições potenciais ou reais de perdas e danos econômicos e sociais. Dessa forma, trabalha-se como área de perigo, aquela área suscetível à ocorrência de algum evento que possa causar dano a alguém ou a alguma comunidade que esteja ocupando essa área.

---

<sup>1</sup> FEMA (1997). Multi-Hazard: Identification and Risk Assessment. Federal Emergency Management Agency. Washington DC.

### 2.1.3 Vulnerabilidade

Nas análises sobre o risco, a vulnerabilidade designa condições e características sociais da população, como a fragilidade social, a densidade demográfica, a infraestrutura, o conhecimento, a percepção do risco, situação econômica, etc. (KOBİYAMA *et al.*, 2006).

Nesse sentido, segundo Blaikie *et al.* (1996), o conceito de vulnerabilidade diz respeito às:

( . . . ) características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad (BLAIKIE *et al.*, 1996, p.14).

Conforme os autores, a vulnerabilidade pode ser identificada em diferentes escalas, uma vez que pode dizer respeito a um grupo ou a uma única pessoa. Dessa forma, mesmo que uma comunidade, de modo geral, apresente grande vulnerabilidade à ocorrência de um determinado evento adverso, causador de desastre, algumas pessoas podem apresentar vulnerabilidade menor ou ainda maior, dependendo das suas condições econômicas, da infraestrutura da sua moradia, do seu conhecimento e da sua percepção sobre o risco.

Nesse sentido, as populações de baixa renda, ocupando assentamentos precários, são também as mais vulneráveis aos desastres, visto que além das condições econômicas desfavoráveis para a prevenção e a recuperação após os desastres, geralmente moram em habitações com precárias condições de infraestrutura, muitas vezes construídas com técnicas inadequadas e em áreas suscetíveis a processos naturais desencadeadores de risco.

Aponta-se que o estabelecimento da vulnerabilidade, apesar de ser etapa necessária para o correto estabelecimento dos graus de risco, visando obras de mitigação ou remoções, é uma tarefa extremamente difícil por envolver questões subjetivas, como conhecimento e percepção acerca do risco, e conhecimentos técnicos sobre segurança estrutural das moradias; podendo ser bastante variável dentro de uma mesma comunidade.

No presente trabalho a vulnerabilidade é entendida como condições e características sociais da população, dentre elas, o tipo de moradia, a disponibilidade de infraestrutura urbana, o ordenamento e a densidade da ocupação.

### **2.1.4 Risco - conceituação e classificação**

O risco refere-se à probabilidade de eventos perigosos causarem consequências indesejadas para uma área habitada, transformando um fenômeno natural em desastre (OGURA e MACEDO, 2002). De forma bastante semelhante, o Ministério das Cidades (2006), aponta que o termo risco indica a probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população, tanto às pessoas, quanto aos seus bens materiais, configurando-se como uma condição potencial de ocorrência de acidente.

Para Lavell (1999), o risco seria o resultado do perigo (ou ameaça) e da vulnerabilidade, atuando de forma conjunta:

El riesgo, o la probabilidad de daños y pérdidas, es un concepto fundamental que supone la existencia de dos factores: amenazas y vulnerabilidades. Con la idea de amenaza se refiere a la probabilidad de la ocurrencia de un evento físico dañino para la sociedad; la vulnerabilidad refiere a la propensidad de una sociedad o elemento de la sociedad de sufrir daño. El riesgo se crea en la interrelación o intersección de estos dos tipos de factores, cuyas características y especificidades son sumamente heterogéneas. Aún cuando para fines analíticos se suelen separar estos dos factores, estableciendo una aparente autonomía de ambos, en la realidad es imposible hablar de amenaza sin la presencia de vulnerabilidad y viceversa (LAVELL, 1999, p. 3).

Chacín (2008), de forma semelhante, aponta que:

los riesgos nacen así, de la relación estrecha entre las amenazas existentes en el territorio con las vulnerabilidades propias de la organización social y económica de la sociedad. Por ende, los desastres son la consecuencia, expresión o manifestación de estos riesgos que, al no ser adecuadamente intervenidos, impactan las poblaciones (CHACÍN, 2008, p. 193).

Nesse sentido, Veyret (2007) aponta que o risco é um objeto social, uma vez que este somente se configura na presença de um indivíduo, grupo ou população que o perceba e possa sofrer seus efeitos, ou seja, o risco seria a tradução de um perigo para aquele que habita uma determinada área suscetível à ocorrência de eventos. Na visão da autora, as sociedades modernas parecem mais vulneráveis às situações de risco devido à forma de interação com o meio, através da prática de atividades desencadeadoras ou aceleradoras de eventos adversos.

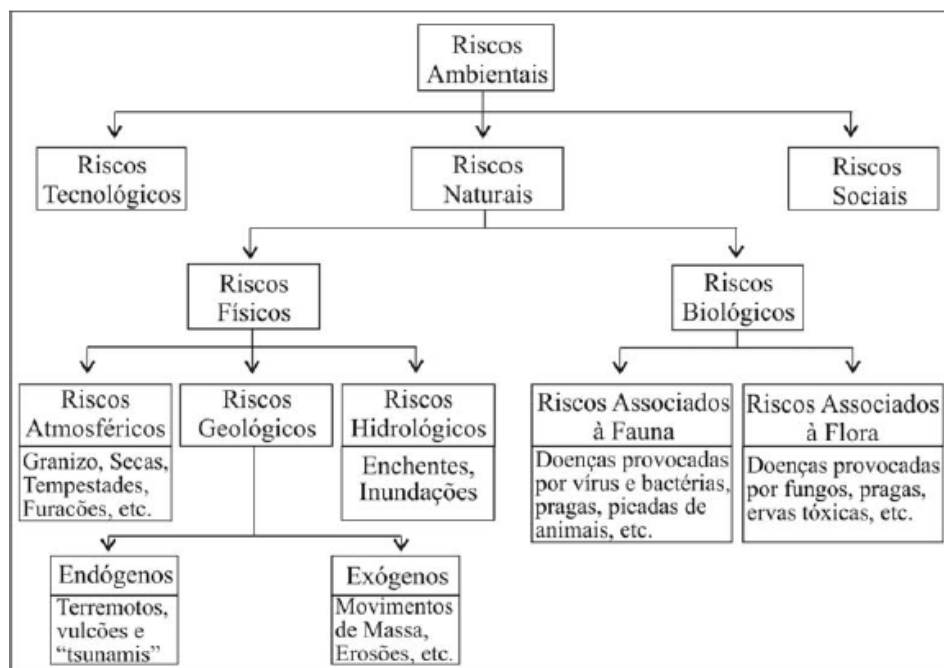
Por fim, observa-se que vários processos podem desencadear riscos. Nesse contexto, existem diversas classificações dos tipos de risco que a sociedade está exposta. A classificação proposta por Xavier (1996) divide os riscos em três grupos, segundo os agentes

causadores:

- a) Riscos naturais: produtos de processos puramente naturais e independentes da ação antrópica, como por exemplos os associados aos terremotos e ao vulcanismo;
- b) Riscos semi-naturais: originados a partir da interação entre os processos naturais e as atividades humanas, como os nevoeiros relacionados à poluição e os processos de desertificação em algumas áreas;
- c) Riscos tecnológicos: causados pelo homem, entre eles o uso de pesticidas químicos e tóxicos ou o vazamento em instalações nucleares.

Outra proposta de classificação é a de Cerri (1993), que também divide os riscos, chamados de riscos ambientais, em três grupos conforme sua origem, podendo ser Tecnológicos, Naturais e Sociais, conforme Ilustração 1:

Ilustração 1- Proposta de classificação dos riscos



Fonte: CERRI, 1993.

Com relação aos riscos chamados de Físicos pela proposta de Cerri (1993), Augusto Filho (1990) propõe uma classificação em que os mesmos são divididos em riscos atmosféricos e riscos geológicos, esses últimos bifurcando-se em endógenos e exógenos, como pode ser observado no quadro 1:

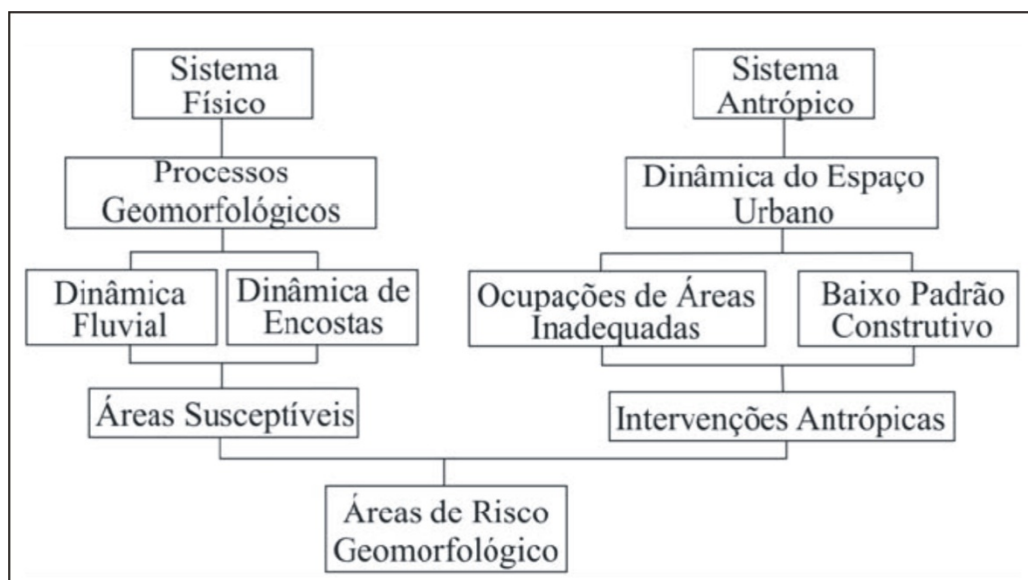
Quadro 1 - Classificação de risco de acordo com a origem do processo desencadeador.

Classificação		Processos
Atmosféricos		- Tufões - Ciclones - Tempestades - Secas
Geológicos	Endógenos	- Terremotos - Vulcanismo - Tsunamis
	Exógenos	- Escorregamentos - Enchentes - Erosão - Subsidência - Solos expansivos

Fonte: Augusto Filho, 1990.

Oliveira *et al.* (2004) trabalham com uma concepção de Risco Geomorfológico, em que os riscos são classificados a partir da integração dos processos naturais (destacando os processos geomorfológicos da dinâmica fluvial e da dinâmica das encostas) com os fatores sociais. Observa-se, na ilustração 2, a ênfase na relação entre a suscetibilidade e a vulnerabilidade do sistema, que está sob análise:

Ilustração 2 - Sistematização dos Riscos Geomorfológicos.



Fonte: Oliveira *et al.*, 2004.

Dessa maneira, as áreas de risco no presente trabalho são consideradas áreas de risco geomorfológico ligados à dinâmica das encostas, seguindo a proposta de classificação de Oliveira *et al.* (2004). Visto que os movimentos de massa em áreas urbanas se relacionam

predominantemente com formas inadequadas de ocupação, torna-se extremamente necessário analisar o sistema antrópico para compreensão das ocorrências.

Por fim, aplicando os conceitos de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco, discutidos até o presente momento, pode-se afirmar que: as áreas de risco do presente trabalho são resultado da ocupação de áreas suscetíveis aos movimentos de massa, oferecendo perigo para a população e configurando-se em áreas de risco devido à probabilidade de perdas socioeconômicas, as quais serão maiores ou menores de acordo com a vulnerabilidade da população atingida.

## **2.2 Movimentos de Massa<sup>2</sup>**

Tendo-se esclarecido os termos que envolvem a problemática do risco, no presente subitem serão discutidos os processos de movimento de massa, seu conceito, classificação e agentes condicionantes.

### ***2.2.1 Conceituação e Classificação***

Os movimentos de massa são definidos por Tominaga (2009b) como movimentos de solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. Wicander e Monroe (2009), semelhantemente, definem os movimentos de massa como movimentos de descida de material de composição diversa pelas encostas sob a influência da gravidade, podendo apresentar velocidade de deslocamento variada.

Os movimentos de massa, considerados os mais importantes processos geomorfológicos modeladores do relevo (BIGARRELA, 2003), são processos naturais que podem ocorrer em qualquer área que apresente declividade devido à atuação do intemperismo e da erosão, tendo como um dos principais agentes deflagradores a água das chuvas. Em uma escala de tempo geológico (milhares de anos), algum tipo de movimento deverá ocorrer em todas as encostas. (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

Devido à existência de diferentes tipos de movimentos de massa, estes são classificados de forma separada conforme suas características. Existem diversas classificações, de acordo

---

<sup>2</sup> Observa-se o uso, tanto em trabalhos acadêmicos, como pela sociedade e pela mídia, de termos como escorregamentos e deslizamentos para se referir a diferentes processos ocorridos nas encostas. No presente trabalho, optou-se por utilizar o termo movimento de massa, reiterando a proposta classificativa de Augusto Filho (1994), em que os escorregamentos são um dos tipos de movimentos de massa e o conceito de deslizamento não é utilizado.

com os critérios escolhidos para a realização da mesma. Segundo Augusto Filho (1994), levando em consideração, principalmente, a composição do material e a velocidade de deslocamento, os movimentos de massa podem ser divididos conforme apontado (Quadro 2):

Quadro 2 - Tipos de movimentos de massa

Rastejos	Vários planos de deslocamento (internos) Velocidades muito baixas (cm/ano) e baixas e decrescentes com a profundidade Movimentos constante, sazonais ou intermitentes Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada Geometria indefinida.
Escorregamentos	Poucos planos de deslocamento (externos) Velocidades médias (m/h) a altas (m/s) Pequenos a grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis Planares – solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza Circulares – solos espessos homogêneos e rochas mais fraturas Em cunha – solos e rochas com dois planos de fraqueza.
Quedas	Sem planos de deslocamento Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado Velocidades Muito Altas (vários m/s) Material rochoso Pequenos e Médios Volumes Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc Rolamento de Matacão Tombamento
Corridas	Muitas superfícies de deslocamento Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidades médias e altas Mobilização de solo, rocha, detritos em água Grandes volumes de material Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Fonte: Augusto Filho (1994).

De acordo com Infanti Jr. e Fornasari Filho (1998), dentre os movimentos de massa acima citados, os mais comuns no Brasil são os escorregamentos, seguidos dos movimentos de blocos rochosos (os quais os autores dividem em queda, tombamento, rolamento e deslocamento), rastejos e corridas. Dessa forma, os processos de escorregamentos e quedas de blocos serão abordados de forma mais detalhada.



Os escorregamentos desenvolvem-se a partir do rompimento inicial, em um determinado ponto da encosta, das condições de estabilidade e de equilíbrio dos materiais que constituem o terreno, com sua consequente movimentação e deposição em uma posição inferior à posição inicial, onde se deu o rompimento (VEDOVELLO e MACEDO, 2007).

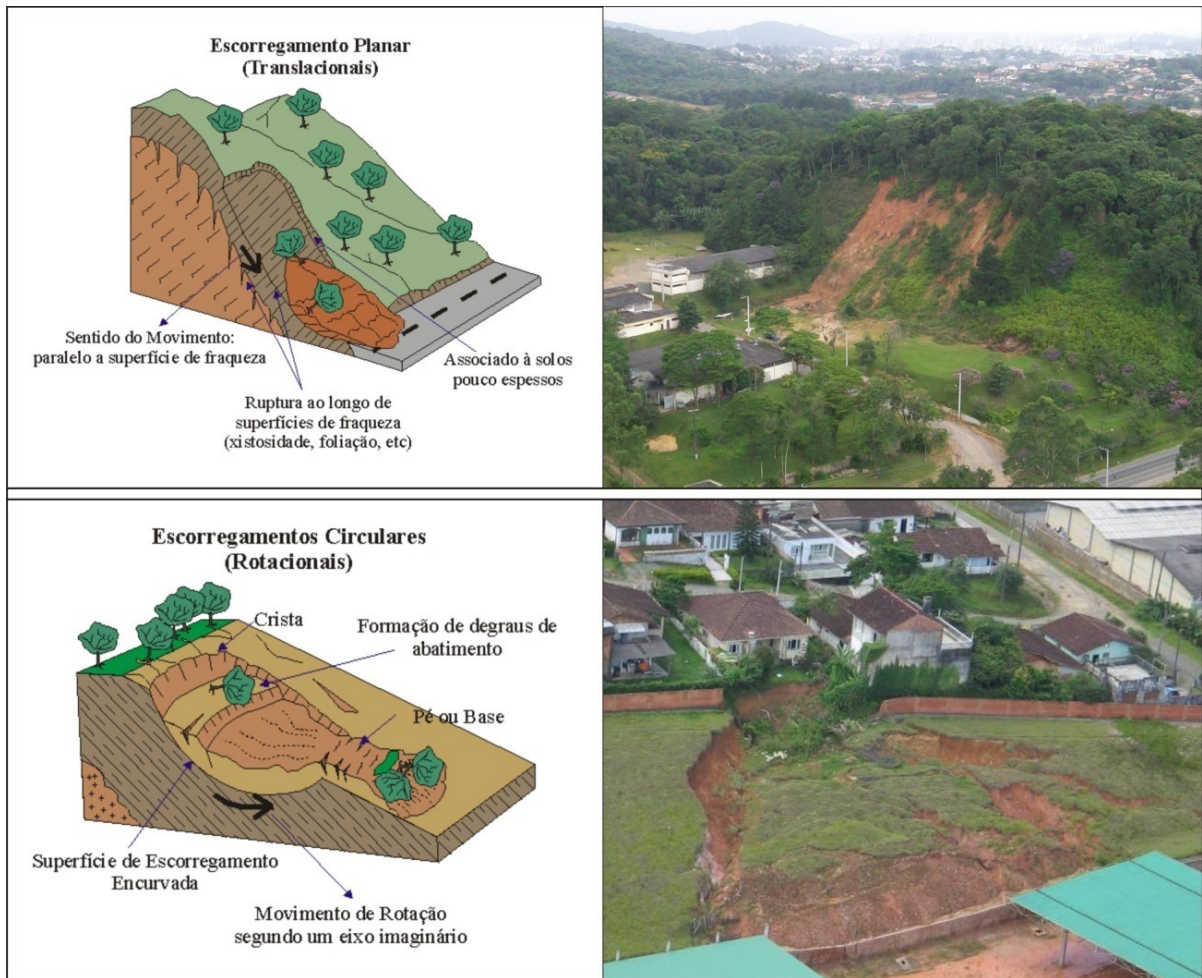
Nesse sentido, Colângelo (1991), aponta que a vertente se encontra em um estado de equilíbrio relativo quando as forças de coesão e atrito entre as partículas do solo são suficientemente resistentes às tensões de cisalhamento mais a carga sobrejacente na encosta. Quando a tensão de cisalhamento ultrapassa a resistência destes materiais, ou então quando esta última sofre uma diminuição, os materiais perdem a estabilidade, ocorrendo escorregamentos.

Os escorregamentos podem ser divididos em circulares ou rotacionais, planares ou translacionais e escorregamentos em cunha. Os escorregamentos circulares ou rotacionais possuem superfície de ruptura curva, côncava para cima, ao longo da qual se dá o movimento rotacional da massa do solo, sendo favorecidos pela presença de solos espessos e homogêneos. Já os escorregamentos planares ou translacionais apresentam superfície de ruptura com forma planar, a qual acompanha, de modo geral, descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas, existentes no interior do material, sendo em geral compridos e rasos (FERNANDES e AMARAL, 1996; GUERRA, 2005). Muitos deles ocorrem em períodos de intensa precipitação e originam-se no contato solo/rocha, o qual marca uma zona de importante descontinuidade mecânica e hidrológica. A dinâmica hidrológica nestes movimentos possui um caráter mais superficial e as rupturas tendem a ocorrer rapidamente durante os eventos de alta pluviosidade. Este comportamento difere do observado nos escorregamentos rotacionais, os quais podem estar associados a uma percolação mais profunda e lenta da água (FERNANDES e AMARAL, 1996).

Maciel Filho e Nummer (2011) dividem os escorregamentos translacionais em escorregamentos translacionais de rocha; escorregamentos translacionais de solo; escorregamentos translacionais de rocha e solo e escorregamentos translacionais remontantes. Estes últimos se desenvolvem em etapas sucessivas rumo à montante da encosta.

Já os escorregamentos rotacionais são divididos em escorregamentos rotacionais de talude e de base, sendo que o primeiro ocorre quando a superfície de ruptura se desenvolve, toda ela, acima do sopé do talude; e o segundo ocorre quando a superfície de ruptura passa abaixo do sopé do talude, em que a parte inferior do mesmo é soerguida (MACIEL FILHO E NUMMER, 2011). Os escorregamentos planares e circulares podem ser mais bem compreendidos a partir da visualização da ilustração 3:

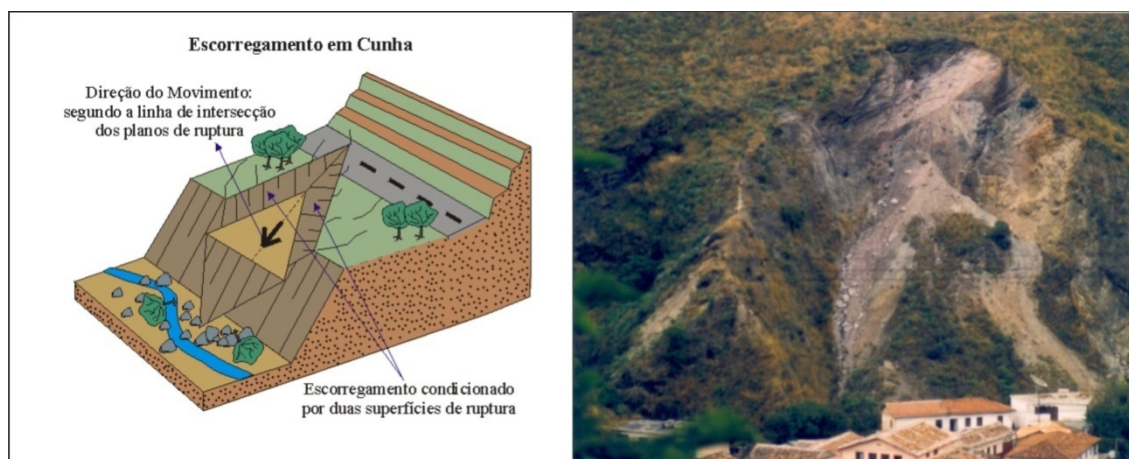
Ilustração 3 - Feições dos escorregamentos planares e circulares.



Fonte: Ilustrações adaptadas de Infanti Jr. e Fornasari Filho, 1998 com fotografias da Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão/ Prefeitura Municipal de Joinville, 2007. Organizado pela autora.

Além dos escorregamentos rotacionais e translacionais, existem ainda os escorregamentos em cunha, que têm sua ocorrência associada a regiões que apresentam um relevo fortemente controlado por estruturas geológicas, como maciços rochosos pouco ou muito alterados, nos quais a existência de duas estruturas planares, desfavoráveis à estabilidade, condiciona o deslocamento de um prisma ao longo do eixo de interseção destes planos (TOMINAGA, 2009b). Os escorregamentos em cunha, podem ser melhores compreendidos a partir da visualização da ilustração 4:

Ilustração 4 - Feição dos escorregamentos em cunha.



Fonte: Ilustração adaptada de Infanti Jr. e Fornasari Filho, 1998 com fotografia e IPT<sup>3</sup> *apud* Santoro e Gramani, 2011. Organizado pela autora.

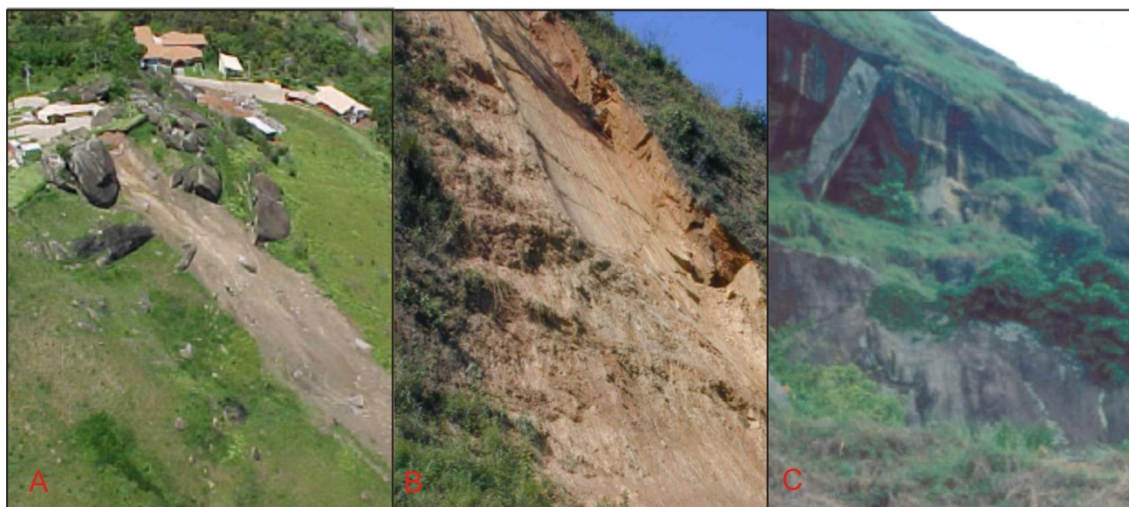
Com relação à queda de blocos, Maciel Filho e Nummer (2011) apontam que:

A queda de blocos é definida por uma ação de queda livre a partir de uma elevação, com ausência de superfície de movimentação. A queda pode ser combinada com outros movimentos, como saltos, rotação de blocos, ações de impacto no substrato, disso resultando uma fragmentação e uma diminuição de dimensão com o progresso da movimentação (MACIEL FILHO; NUMMER, 2011, p. 282).

Com relação às quedas de blocos, conforme apontado na classificação de Augusto Filho (1994), estas podem envolver materiais de diferentes geometrias, como lascas, placas ou blocos. Podendo ser identificados dois tipos de quedas, os rolamentos de matacões e os tombamentos. Já Santoro e Gramani (2011) identificam como movimentos de queda: o rolamento de matacões, deslocamento rochoso (condicionado por estruturas geológicas) e os tombamentos, os quais podem ser observados na ilustração 5:

<sup>3</sup> Acervo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Ilustração 5 - Rolamento de matacões (A), deslocamento (B) e tombamento (C): diferentes tipos de movimentos classificados como quedas.



Fonte: Fotografia de IPT (*apud*<sup>4</sup> Santoro e Gramani, 2011). Organizado pela autora.

Maciel Filho e Nummer (2011, p 283), ainda apontam mais uma classe de movimentos de massa, a queda de detritos, apontada como um termo de passagem entre a queda de blocos e os escorregamentos propriamente ditos, podendo ser definida como sendo “a queda, relativamente livre, de reduzidas massas de fragmentos terrosos ou rochosos, inconsolidados ou pouco consolidados, em movimentos de pequena magnitude”.

Embora os movimentos de massa sejam processos naturais da dinâmica superficial do planeta podem ser deflagrados ou acelerados devido a interferências antrópicas. Nesse contexto, serão discutidos os agentes condicionantes dos movimentos de massa; os quais, embora sejam apresentados separadamente, visando à compreensão mais profunda de cada fator, tendem a atuar de forma conjunta na ocorrência dos eventos.

### ***2.2.2 Agentes condicionantes***

Os movimentos de massa desenvolvem-se a partir do rompimento das condições de estabilidade e de equilíbrio dos materiais presentes na encosta. Esta instabilidade pode ser condicionada por uma série de fatores ou agentes, de origem natural ou antrópica, acarretando a ocorrência dos movimentos.

De acordo com Press *et al.* (2006), os fatores que influenciam nos movimentos de massa são a natureza do material, a quantidade de água nele contida, a declividade e a

<sup>4</sup> Acervo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

estabilidade das encostas, ou seja, são fatores geológicos, pedológicos, climáticos, geomorfológicos, a cobertura vegetal e a ação da gravidade combinados e, muitas vezes, influenciados pela atuação antrópica, que condicionam tais movimentos.

Processos como: Elevação do Nível Piezométrico em Taludes, Efeito de Oscilações Térmicas, Diminuição dos Parâmetros de Resistência por Intemperismo, Mudanças na Geometria do Sistema, Efeitos de Vibrações, Rebaixamento Rápido do Nível da Água em Barragens ou de Enchentes, Erosão Subterrânea Retrogressiva (Piping), Diminuição do Efeito de Coesão Aparente e Ruptura por Cisalhamento são apontados por Maciel Filho e Nummer (2011) como causas principais dos movimentos de massa.

Vedovello e Macedo (2007) apresentam um quadro indicando os principais agentes e as principais causas dos movimentos de massa, recorrendo às propostas de Varnes (1978); Guidicini e Nieble (1976); e Augusto Filho e Virgili (1998). Segundo Vedovello e Macedo (2007), para que ocorram os deslizamentos<sup>5</sup> (rompimento em algum ponto da encosta) é necessário que aconteçam eventos (causas primárias ou diretas) que gerem efeitos (causas secundárias ou indiretas), ou que ocorra a redução da resistência ao cisalhamento/rompimento dos materiais que compõem a encosta. Ou, ainda, que ocorra o aumento das solicitações (por exemplo, o aumento da umidade do terreno, construções, ou o aumento do peso da vegetação) em que estes materiais estão submetidos nas condições iniciais. Nesse sentido, a ocorrência dos movimentos está submetida a diferentes causas, relacionadas à atuação de diferentes agentes, os quais se caracterizam como elementos/ componentes físicos envolvidos diretamente nos mecanismos de rompimento e movimentação dos materiais que constituem a encosta, podendo atuar tanto na facilitação ou favorecimento do fenômeno, como na sua deflagração.

Estes agentes ainda podem ser divididos em:

- a) Predisponentes - quando determinam as condições iniciais que favorecem ou dificultam o rompimento e a movimentação dos materiais das encostas e;
- b) Efetivos – quando atuam alterando as condições originais dos materiais e/ou do equilíbrio inicialmente existente na encosta. Os agentes efetivos, por sua vez, podem ser diferenciados em agentes preparatórios e agentes imediatos. No primeiro caso, os agentes atuam modificando contínua e progressivamente as condições de equilíbrio inicial existente e, conseqüentemente, aumentando a suscetibilidade dos materiais aos

---

<sup>5</sup> Optou – se por manter, nas citações diretas ou indiretas, o termo deslizamento utilizado pelos autores para se referirem aos vários tipos de movimentos de massa.

deslizamentos. Já os agentes imediatos são aqueles que determinam a deflagração dos mecanismos de rompimento e movimentação que constituem o fenômeno.

As características e as formas de atuação de cada agente podem ser analisadas a partir do quadro 3:

Quadro 3 - Agentes condicionantes dos movimentos de massa.

<b>Agentes condicionantes dos deslizamentos</b> (Adaptado a partir de Varnes, 1978; Guidicini e Nieble, 1984; Augusto Filho e Virgili, 1998)			
PREDISPONENTES		EFETIVOS	
Grupo ou Tipo de Condicionante	Características condicionantes	Preparatórios	Imediatos
Clima	- pluviosidade; - temperatura; - sazonalidade.	- chuvas;  - variações de temperatura;	- chuvas intensas e/ou contínuas;  - vento;
Substrato	- tipo de material (rochas, solos, depósitos e sedimentos); - propriedades físico-químicas dos materiais; - estruturas geológicas internas (foliação, xistosidade, juntas, fraturas); - relações geométricas entre perfis de alteração e horizonte de solos.	- dissolução química;  - erosão eólica e pluvial;  - presença de nascentes ou fontes de água, mananciais e surgências d'água;	- fusão de gelo e neve;  - tremores de terra;  - vibrações produzidas por tráfego e explosões;
Relevo	- declividade; - tipo do perfil da encosta; - amplitude.	- oscilações do nível d'água subterrânea ou em sub-superfície;	- intervenções antrópicas inadequadas, como por exemplo cortes e aterros mal dimensionados;
Águas superficiais e subsuperficiais	- escoamento; - infiltração; - nível d'água; - dinâmica e geometria do fluxo de água em sub-superfície.	- desmatamento;  - lançamento de lixo e entulho;	- vazamentos nas redes de abastecimento de água, nas redes de esgoto e em fossas.
Vegetação	- cobertura e proteção superficial; - evapotranspiração; - ação radicular; - peso.	- remoção da cobertura vegetal;  - execução de cortes e aterros e deposição de materiais;	
Uso e ocupação da terra	- tipos de ocupação urbana; - densidade de ocupação; - agricultura; - obras de engenharia.	- concentração de águas pluviais e servidas.	

Fonte: Vedovello e Macedo (2007, p. 81).

Com relação a cada um dos agentes condicionantes anteriormente citados, apresenta-se uma breve explicação das suas formas de atuação na ocorrência dos movimentos de massa, visto que esta discussão é etapa fundamental para a compreensão dos processos.

Antes disso, deixamos claro que, embora não seja realizada uma discussão aprofundada sobre o tema, reconhece-se que os processos erosivos podem estar diretamente ligados à deflagração dos movimentos de massa. Os solos expostos à infiltração, principalmente da água das chuvas, podem ser saturados, reduzindo a coesão do material e, conseqüentemente, sua resistência aos processos erosivos, fato que pode favorecer a deflagração de movimentos de massa. Nas áreas de contato solo-rocha a diminuição da resistência do material aos processos erosivos pode ser um importante ponto de partida para a ocorrência de escorregamentos. Nesse contexto, Guerra (2011) aponta que nas áreas urbanas, a erosão tende a ser maior nas regiões em construção, onde o solo ainda está exposto, sem a cobertura por moradias ou pelo sistema viário e constantemente recebendo a interferência do trabalho de máquinas.

#### 2.2.2.1 Clima e atuação da água

Apesar das atividades antrópicas também lançarem água nas encostas, como os esgotos residenciais e rejeitos de processos industriais, o maior fluxo de água a atuar na desestabilização das encostas provém das precipitações atmosféricas. Assim sendo, este item abordará sobre a atuação do clima, juntamente com a atuação da água.

Os elementos do clima que mais influem na ocorrência de movimentos de massa são a precipitação, a temperatura e a umidade. A temperatura e a umidade atuam, principalmente, interferindo nos processos de intemperismo das rochas e dos materiais que compõem o solo. Regiões com climas quentes e úmidos apresentam reações mais intensas de intemperismo e erosão. Guidicini e Nieble (1984) apontam que as oscilações diárias ou sazonais de temperatura causam variações volumétricas nos maciços rochosos, contribuindo com a ocorrência de quedas e tombamentos de blocos. Os autores ainda citam que as variações diurnas da temperatura podem influenciar nos processos de movimentos de massa mais lentos, como os rastejos.

Com relação às precipitações e a atuação da água, Nummer (2003) ressalta que:

A dinâmica das águas superficiais e subterrâneas relaciona-se diretamente com as chuvas e, portanto, estas influenciam a deflagração de processos de instabilização de taludes e encostas. O efeito das águas superficiais e subsuperficiais está relacionado à saturação do solo com a redução dos parâmetros de resistência ao cisalhamento por eliminação da sucção, com o desenvolvimento de poropressões e, secundariamente com o aumento do peso do solo. Os índices pluviométricos críticos para a deflagração dos escorregamentos variam de acordo com o regime de infiltração do solo, a

dinâmica das águas subterrâneas no maciço e o tipo de instabilização (NUMMER, 2003, p.68).

Semelhantemente Tatizana *et al.* (1987), Soares (2000) e Gerscovich (2008) apontam que a presença da água no solo atua diretamente na deflagração dos movimentos de massa através da alteração da resistência do solo devido à diminuição da coesão, eliminação das tensões capilares e dissolução da cimentação; diminuição da resistência interna dos materiais devido ao aumento da pressão hidrostática; diminuição da coesão e ângulo de atrito interno por processo de alteração; aumento das solicitações externas devido ao aumento do peso específico sobre uma determinada área de encosta; concentração e desenvolvimento de fluxo, vindo a ocorrer erosões internas e/ou externas; através da saturação do solo; além de atuar como agente nos processos de intemperismo, promovendo alterações nos minerais constituintes dos solos e das rochas.

A água também atua nas discontinuidades, juntas e diáclases, favorecendo o fraturamento das rochas, enquanto que nos locais de contato entre solo e rocha ela induz a ocorrência de movimentos devido à descontinuidade gerada pela mudança de permeabilidade dos materiais.

A ocorrência de chuvas acumuladas e concentradas ocasiona a saturação do solo, favorecendo a diminuição da coesão do material e da sua resistência ao cisalhamento, contribuindo para a desestabilização da encosta e para a ocorrência de movimentos de massa. Estudos realizados por Wolle e Carvalho (1989) na Serra do Mar, apontam dois fatores pluviométricos principais na deflagração dos escorregamentos: a chuva que ocorre durante o evento e as chuvas anteriores ao evento. Segundo os autores, a ação combinada da chuva precedente e da chuva intensa, de curta ou média duração, é que será responsável pela ocorrência de um escorregamento. Nesse contexto, a configuração de uma situação favorável aos eventos estaria diretamente associada às condições de pré-saturação do solo, o qual se refere aos níveis de umidade em que o terreno se encontra quando submetido à infiltração.

De acordo com Augusto Filho e Virgili (1998), os escorregamentos em rocha tendem a estar associados a chuvas concentradas, enquanto os processos em solo apresentam maior relação com os índices pluviométricos acumulados nos dias anteriores.



### 2.2.2.2 Substrato

O substrato ou litologia oferece diferentes condições para o favorecimento de movimentos de massa. É necessário observar a resistência aos processos erosivos; sua coesão e alterabilidade; a existência de descontinuidades de origem tectônica e de origem não tectônica, como as estruturas provocadas por fluxo magmático, diáclases originadas durante o resfriamento do magma e juntas geradas por alívio de pressão; xistosidade, bandamentos e estratificações (FERNANDES; AMARAL, 1966).

As fraturas e falhas representam planos de fraqueza no interior do material rochoso, sendo menos resistentes ao fraturamento (POLIVANOV; BARROSO, 2011). As falhas são definidas como superfícies de fraturas nas rochas em que ocorre um deslocamento relativo entre dois blocos de um lado e de outro desta superfície que tende a ser plana, mas pode ser curvilínea. Já as fraturas, juntas ou diáclases, são definidas como superfícies planas de descontinuidades física das rochas, em que não se verifica deslocamento dos dois lados como nas falhas (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2012).

Com relação à origem das descontinuidades, Maciel Filho e Nummer (2011) apontam que essas podem ser geradas pela atuação de forças tectônicas (movimento das placas litosféricas) ou atectônicas (principalmente relacionadas a forças gravitacionais). Além de falhas e fraturas de origem tectônica, as foliações, os bandamentos e os lineamentos também são descontinuidades encontradas nos maciços rochosos.

Com relação às falhas, Fernandes e Amaral (1996) apontam que, de modo geral, elas apresentam caminhos preferenciais de alteração das rochas, permitindo que a frente de intemperismo avance para o interior do maciço de modo mais efetivo, sendo que:

A interseção destes planos de falha com outras descontinuidades (fraturas de alívio, fraturas tectônicas, bandamentos composicionais) resulta na individualização de blocos não alterados no interior de uma massa bem mais intemperizada, gerando um aumento na heterogeneidade do maciço rochoso como um todo (FERNANDES; AMARAL, 1966, p. 153).

Os autores ainda apontam que as falhas também afetam a dinâmica hidrológica dos fluxos subterrâneos, principalmente quando se trata das falhas não preenchidas, que atuam como caminhos preferenciais da água. No entanto, quando a falha encontra-se preenchida por material originado de soluções percolantes, ocorre, em geral, uma impermeabilização do plano de falha, gerando uma barreira ao fluxo d'água.

Com relação ao substrato, aponta-se ainda a necessidade de analisar a sua composição. O material pode ser composto pelo solo, rocha sã, rocha alterada com diversos graus de alteração, contato solo-rocha, depósitos de colúvio ou sedimentação recente. Percebe-se assim que diferentes composições de substrato acarretam em distintos comportamentos geotécnicos.

Rochas com elevado grau de alteração são mais suscetíveis a processos de queda, rolamento ou deslocamento; locais de contato solo-rocha representam importantes discontinuidades, devido mudanças de comportamento dos materiais com relação à infiltração, favorecendo, assim, a ocorrência do escorregamento translacional do solo que se encontra sobre a rocha. Os depósitos de colúvio nas encostas também indicam suscetibilidade aos movimentos de massa, decorrentes da grande heterogeneidade interna e da instabilidade do material.

Com relação às discontinuidades no solo, estas podem estar presentes dentro do saprólito e do solo residual, incluindo feições estruturais, relíquias do embasamento rochoso (fraturas, falhas, bandamentos, etc.) e horizontes de solo formados pela atuação de processos pedogenéticos, podendo atuar diretamente na distribuição das poropressões no interior da encosta e, conseqüentemente, na sua estabilidade. A presença de fraturas relíquias, por exemplo, pode gerar planos preferenciais, fazendo com que o intemperismo avance mais rapidamente (FERNANDES; AMARAL, 1966).

Maciel Filho e Nummer (2011, p. 114) definem a diferença entre rocha alterada, solo residual e saprólito. Para os autores, “a rocha alterada é um material com resistência diminuída, mas que ainda se comporta como rocha” (MACIEL FILHO E NUMMER, 2011, p. 114). Enquanto o saprólito:

É um material em que os feldspatos e os minerais ferromagnesianos já estão quase todos alterados; apresenta a estrutura de rocha e certa resistência, dificultando ser trabalhado por meios manuais [...]. Com o avanço da intemperização, todos os minerais alteráveis se modificam e o material se desagrega com facilidade, sendo então, em termos mecânicos, tipicamente chamado solo saprolítico (MACIEL FILHO E NUMMER, 2011, p. 114).

Ainda segundo os autores, no solo saprolítico podem ser identificadas a estrutura da rocha e a disposição dos minerais originais, podendo ser confundido com o horizonte C dos perfis pedológicos. Já o solo residual ocorre quando: “todo material rochoso foi convertido em solo e a estrutura original destruída. Houve uma grande mudança do volume, mas o solo não foi significativamente transportado” (MACIEL FILHO; NUMMER, 2011, p. 78).

Nesse contexto, observa-se o grande papel das descontinuidades, tanto nas rochas, quanto no solo, para a ocorrência de movimentos de massa. As descontinuidades, de modo geral, atuam como linhas preferenciais para os processos de intemperismo e erosão, ou como barreiras, representando locais de mudanças de comportamento mecânico e hidrológico nos maciços rochosos e massas de solo.

Posteriormente serão discutidas a estrutura e as descontinuidades encontradas nas rochas vulcânicas presentes na área de estudo, no interior do capítulo que tratará especificamente das características e condicionantes físicos que favorecem os movimentos de massa no município de Caxias do Sul.

### 2.2.2.3 Relevô

O relevo é estudado através de atributos como: a forma, a declividade e o comprimento da encosta. Estes atributos caracterizam o relevo e são utilizados, por exemplo, para diferenciar os morros, morrotes e colinas, uns dos outros.

Com relação à inclinação e o comprimento das encostas, observa-se que estes:

Interferem com a velocidade de escoamento das águas superficiais, que aumenta com a inclinação e com o comprimento da encosta, o que resulta em uma maior efetividade dos processos erosivos. As formas das vertentes, côncava, convexa ou retilínea, definem, por sua vez, o tipo de escoamento das águas pluviais, sendo que as encostas de contorno convexo geralmente são distribuidoras de água, enquanto que as encostas de contorno côncavo são coletoras de água (WEILL; PIRES NETO, 2007, p. 42).

Segundo Weill e Pires Neto (2007) a amplitude das formas determina a energia potencial atuante e a capacidade do agente erosivo de realizar trabalho (destacamento e transporte do material erodido). Assim a energia atuante é maior sobre os solos dos relevos com maior amplitude (desnível em relação ao nível de base local) do que nos solos que ocorrem em relevos de menor amplitude. O relevo desempenha papel importante na circulação da água pluvial, sendo que nos topos e nos relevos mais planos predominam processos de infiltração, enquanto que nos terrenos mais inclinados, ocorre o escoamento superficial e/ ou subsuperficial das águas. Os autores supracitados ainda apontam que nas posições mais baixas e aplainadas a tendência é de infiltração das águas, no entanto, a proximidade do lençol freático inibe este processo devido à proximidade da zona saturada, favorecendo a ocorrência da deposição de detritos e o assoreamento dessas áreas deprimidas.

Com relação à declividade, Christofolletti (1980) aponta que vertentes com valores acima de 30° apresentam risco mais frequente de escorregamentos.

Com relação às formas, aponta-se ainda que, de modo geral, as encostas não apresentam uma única forma ao longo do seu perfil, mas sim uma combinação destas, sendo que, segundo Parsons<sup>6</sup> (1988), *apud* Guerra (2011), em curto prazo as formas das encostas determinam os processos atuantes, mas em longo prazo são os processos que controlam as formas.

Ainda com relação à forma, Guerra (2005) aponta que nos taludes convexos, o fluxo laminar diverge em direção a sua base. Já nos taludes côncavos, o fluxo tende a se concentrar na sua base, fazendo com que essa forma de talude seja associada a processos erosivos e também a processos deposicionais.

Nesse mesmo sentido, para Sidle *et al* (1985), a maior influência das formas das vertentes nos movimentos de massa relaciona-se ao papel da distribuição da umidade, principalmente durante episódios de intensa precipitação. Os autores apontam que em encostas de forma convexa a água subterrânea é dispersa e as pressões neutras são menores do que em outros locais; já nas encostas côncavas ocorre a concentração da água de recarga, sendo mais propícias a apresentarem elevação do nível freático e a desenvolver pressões neutras mais elevadas, favorecendo a ocorrência de movimentos de massa. As encostas retilíneas também são favoráveis à ocorrência de movimentos quando associadas às declividades significantes, principalmente escorregamentos translacionais.

#### 2.2.2.4 Vegetação

A vegetação pode desempenhar papel positivo ou negativo na estabilização das vertentes, dependendo das suas próprias características, da situação do entorno e das condições da encosta. Autores como Greenway<sup>7</sup> (1987), *apud* Pinheiro, (2000) e Styczen e Morgan<sup>8</sup> (1995), *apud* Polivanov e Barroso (2011) analisam os efeitos da vegetação separando-os em efeitos hidrológicos e mecânicos, tanto negativos, quanto positivos.

---

<sup>6</sup> PARSON, A.J. **Hillslope Form**. Nova York, Estados Unidos: Routledge, 1988. 212 p.

<sup>7</sup> GREENWAY, D.R. (1987) Vegetation and Slope Stability. In: ANDERSON, M.G e RICHARDS, K.S. (Eds). Slope Stability – Geotechnical Engineering and Geomorphology. 1987, Chapter 6, p. 187-230.

<sup>8</sup> STYCZEN, M.E. e MORGAN R.P.C. Engineering properties of vegetation. In: MORGAN, R.P.C e RICKSON, R.J. (orgs). **Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach**. Cambridge, E&FNSpon, p 5- 58.

Para Styczen e Morgan<sup>9</sup> (1995), *apud* Polivanov e Barroso (2011), os efeitos hidrológicos positivos concentram-se não só na redução da água disponível para a infiltração no solo, decorrente da interceptação feita pela vegetação; e na redução da energia das gotas e do seu potencial erosivo; como também na interceptação do fluxo e redução da velocidade e erosividade devido à atuação das folhas, troncos e sistema radicular e na transferência da umidade do solo para a atmosfera. Já os efeitos hidrológicos negativos dizem respeito ao aumento do tamanho das gotas que gotejam das folhas para o solo; aumento da velocidade do fluxo, quando este se concentra na vegetação antes de escoar, e a formação de trincas na superfície, aumentando a infiltração.

Com relação aos efeitos mecânicos, os autores apontam como positiva: a restrição da movimentação das partículas do solo, pela atuação do sistema radicular; o aumento da resistência ao cisalhamento do solo devido ao sistema radicular; a ancoragem do solo em um substrato estável; o aumento da tensão normal da superfície de ruptura e a proteção contra a erosão. Os efeitos mecânicos negativos dizem respeito: a sobrecarga acarretada pela vegetação, a qual aumenta a componente na direção do movimento e o efeito alavanca, através da transmissão de força do vento para o solo.

Pinheiro (2000) elaborou um quadro baseado nas análises de Greenway (1987) sobre o efeito da vegetação na estabilidade das encostas, separando estes efeitos em hidrológicos e mecânicos, benéficos (B) e adversos (A) e apontando qual parte da vegetação atua em cada um desses efeitos, como pode ser observado no quadro 4:

Quadro 4 - Efeitos adversos (A) e benéficos (B) da vegetação sobre a estabilidade das encostas

Efeitos Hidrológicos
<p>Interceptação das chuvas pelas folhas resulta em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- absorção e evaporação reduzindo a água disponível para a infiltração (B);</li> <li>- redução da energia das gotas de chuva e conseqüentemente da erosão (B);</li> <li>- aumento no tamanho das gotas que caem, aumentando assim a chuva localizada (A).</li> </ul> <p>Caules e folhas interagindo com o fluxo de superfície resultam em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- maior armazenamento e maior volume de água armazenada (A/B);</li> <li>- grande irregularidade no fluxo de água, reduzindo a sua velocidade (B);</li> </ul> <p>Raízes provocam no solo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aberturas na superfície permitindo a infiltração (A);</li> <li>- retirada de umidade, a qual é perdida na atmosfera por transpiração (B);</li> <li>- redução da poro pressão e aumento da sucção e conseqüentemente da resistência do solo (B);</li> <li>- aumento da quantidade de canalículos no solo, resultando em aumento da permeabilidade (A).</li> </ul>

<sup>9</sup> Ibid.

Efeitos mecânicos
<p>Raízes agregam as partículas de solos, resultando em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- restrição de movimento de solo, reduzindo a erodibilidade (B);</li> <li>- aumento da resistência ao cisalhamento através da formação de uma matriz de raízes (B).</li> </ul>
<p>Raízes que penetram em grandes profundidades provocam:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ancoragem em um estrato firme (B);</li> <li>- suporte da camada de solo acima das árvores no talude, por arqueamento e contraventamento (B).</li> </ul>
<p>Crescimento de árvores altas de maneira que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- o peso pode tornar-se uma sobrecarga no talude e aumentar a força normal e a força de instabilização do talude (A/B);</li> <li>- quando expostas ao vento, forças dinâmicas são transmitidas ao solo (A).</li> </ul>
<p>Caules e folhas cobrem a superfície do solo, então:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- o impacto do trânsito é absorvido, protegendo a superfície contra danos (B);</li> <li>- as folhas caem no solo, cobrindo e protegendo-o contra a erosão (B).</li> </ul>

Fonte: Greenway<sup>10</sup> (1987, *apud* Pinheiro, 2000).

Observa-se que, principalmente em áreas urbanas, onde a vegetação não apresenta os três estratos (arbóreo, arbustivo e herbáceo) e se encontra no meio das moradias e construções, muitas vezes apresentando espécies de grande porte isoladas, ela pode atuar como agente negativo na ocorrência de movimentos, principalmente em períodos de fortes chuvas, em que ocorre a intensificação dos processos erosivos, contribuindo para a desestabilização da base da vegetação. As árvores de grande porte ocasionam aumento de peso sobre a encosta e a consequente sobrecarga vertical no talude. As raízes também são responsáveis pelo efeito alavanca, transmitindo força cisalhante ao solo, e pelo efeito cunha, atuando nas fraturas das rochas e nas áreas de contato entre solo-rocha.

Segundo Maciel Filho e Nummer (2011), as árvores introduzem suas raízes em fraturas já existentes, provocando o deslocamento dos blocos diaclasados e propiciando o surgimento de novos fraturamentos, devido ao crescimento das raízes. Esta força, muitas vezes, provém da ação do vento sobre a árvore, que, por sua vez, transmite as tensões às raízes. Por fim, a ação dos ventos contribui para a desestabilização e o tombamento das árvores, podendo favorecer a ocorrência de movimentos de massa posteriores.

<sup>10</sup>GREENWAY, D.R. (1987) Vegetation and Slope Stability. In: ANDERSON, M.G e RICHARDS, K.S. (Eds). Slope Stability – Geotechnical Engineering and Geomorphology. 1987, Chapter 6, p. 187-230.

#### 2.2.2.5 Uso e Ocupação da Terra

O uso e a ocupação da terra são os principais agentes que influenciam diretamente na deflagração dos movimentos de massa, principalmente em áreas urbanas. Tominaga (2009b) aponta que o expressivo aumento do número de acidentes associados a escorregamentos nas encostas urbanas tem como principal causa a ocupação desordenada de áreas que apresentam alta suscetibilidade aos processos de Movimento de Massa.

As ações antrópicas são responsáveis por modificar as características naturais das encostas, causando instabilidades. Dentre as principais atividades humanas responsáveis por auxiliar na desestabilização das vertentes, deflagrando e aumentando não só a magnitude, como também a probabilidade de ocorrência de acidentes, está o desmatamento, a realização de cortes com a formação de patamares, os depósitos tecnogênicos com materiais que apresentam comportamento heterogêneo e de baixa compactação, como lixo, rejeitos de construções e de antigas pedreiras. A ocupação adensada e/ou com técnicas construtivas inadequadas para as características da encosta, a ocupação de antigas áreas de extração de rochas, a impermeabilização de determinadas áreas, favorecendo a concentração do escoamento em outras áreas próximas, a realização de obras de engenharia mal dimensionadas, a deficiência ou ausência de sistemas de drenagem superficial, o vazamento da rede de abastecimento de água, muito comum quando esta é autoconstruída pelos moradores, também são fatores humanos que ampliam a probabilidade de acidentes.

De acordo com Selby (1987), as instabilizações nas encostas diretamente relacionadas à ocupação humana ocorrem devido a uma série de fatores, dentre eles aos cortes nos sopés, reduzindo o suporte para os solos e rochas situados à montante; à remoção de solo, expondo juntas, falhas e pontos de fraqueza que estavam anteriormente sobre a superfície e que podem estar mergulhando na direção da encosta; e a oferta de mais água na superfície e subsuperfície.

Visto a grande importância da atuação antrópica nos processos desencadeadores de risco, como os movimentos de massa, serão apresentados uma breve discussão a respeito da forma de uso e de ocupação da terra que se deu no país e como esta forma de organização espacial refletiu na configuração de áreas de risco.

### 2.3 Ocupação e Urbanização de Áreas de Risco no Brasil

Ao longo da história de ocupação e de urbanização do país, inúmeras cidades brasileiras consolidaram-se a partir de núcleos que se estabeleceram em locais de fortes condicionantes geomorfológicos, como as áreas de grande declividade e as margens de cursos d'água. Podem ser citados, como exemplos, as cidades localizadas ao longo da Serra do Mar e de seus contrafortes, além das cidades localizadas em outras regiões serranas e os inúmeros municípios que se consolidaram a partir de uma ocupação iniciada nas planícies inundáveis de importantes rios.

Desde o período colonial, o Brasil registra ocupações nas encostas como uma herança da Idade Média trazida pelos portugueses, em que as cidades eram construídas em sítios elevados por questões militares. Esse fato orientou a escolha de locais para a fundação de inúmeros núcleos de ocupação no Brasil. No entanto, as diferentes condições geológicas e climáticas fizeram com que as técnicas de construção aqui empregadas não obtivessem o mesmo resultado observado na Europa e no Mediterrâneo. Nestas regiões, a maioria dos lugares apresenta solos pouco profundos, às vezes ausentes, e as construções fundam-se praticamente na rocha sã. No entanto, com frequência, muitas construções aqui realizadas pelos portugueses acabaram ocorrendo em terrenos com camadas profundas de solo em encostas, propiciando a ocorrência de desastres (FARAH, 2003). Nesse contexto, Gonçalves (1992) aponta que até o ano de 1800, a cidade de Salvador já havia registrado vários movimentos de massa, seis deles com registro de mortes, destruição de casas e obras públicas, fato relacionado às inúmeras construções realizadas nas encostas da cidade.

Posteriormente a estes primeiros séculos de ocupação, muitas áreas declivosas continuaram a receber parcela da população que não se encontrava em condições socioeconômicas para habitarem outras áreas. Com relação a este fato, aponta-se que a Lei das Terras, de 1850 (a qual instituiu a posse da terra por via monetária), e a abolição da escravatura, em 1888, influenciaram fortemente no início do processo de urbanização brasileira. A concomitância de ambos os fatores refletiu na forte ocupação de áreas de risco no país.

Há uma extensa discussão sobre o contexto político e econômico no qual a Lei das Terras foi sancionada. Historiadores apontam que a necessidade de restringir a posse da terra se fez necessária por dois motivos. Primeiro para que os latifundiários, principalmente do Sudeste, não tivessem a concorrência no cultivo do café pelos imigrantes que vieram para o Brasil no século XIX e, em segundo, para restringir a posse aos escravos, pois a abolição era



um acontecimento iminente, vindo a ocorrer em 1888 (PINTO; LEITE, 2000-2001). Neste contexto surgem os primeiros núcleos habitacionais em áreas inadequadas e com falta de infraestrutura no Rio de Janeiro:

As favelas do Rio surgem como conseqüência da abolição do trabalho escravo do negro no final do século XIX. [...] Impedidos de se converterem em camponeses independentes, uma parcela numerosa dos ex-escravos preferiu tentar a sobrevivência nos centros urbanos que permanecer como assalariados ou agregados de seus ex-senhores agrários. [ . . . ] Na impossibilidade dos ex-escravos conseguirem lotes e moradias dignas nas áreas já urbanizadas, a opção foi construir seu próprio espaço dentro da cidade, nas desvalorizadas áreas de morros e grotas, mais tarde também sobre pântanos (CAMPOS, 2001, n.p.).

Em decorrência da situação sociopolítica que se espalhou pelo país, os centros das cidades foram ocupados por cortiços e demais moradias de uma população de baixo poder aquisitivo, tanto descendentes de escravos, como dos imigrantes ítalo-germânicos, quanto dos “brasileiros” vindos de outras regiões do país. Nesse contexto, os centros urbanos, notadamente do Rio de Janeiro e São Paulo começaram a apresentar problemas de diversas ordens devido ao adensamento habitacional, as más condições de infraestrutura e saneamento, originando, por exemplo, graves epidemias.

O final do século XIX e o início do século XX são marcados pela realização de reformas urbanas no país, através de obras de saneamento básico, pela implantação de bases legais para o mercado imobiliário e pela promoção do embelezamento paisagístico, marcado pela exclusão da população mais pobre, a qual geralmente era expulsa para as áreas periféricas da cidade ou terras menos valorizadas, como os morros e alagados. Porto Alegre, Belém, Manaus, Curitiba, Santos, Recife, São Paulo e, principalmente, o Rio de Janeiro, foram as cidades marcadas por esse tipo de planejamento urbano, realizado através do embelezamento paisagístico de algumas áreas e a segregação territorial da população mais pobre (MARICATO, 2001).

Estas reformas urbanas realizadas em várias capitais nacionais ocorreram sob influência da Política Higienista, adotada pelo governo brasileiro desde as últimas décadas do século XIX. Segundo Villaça (1999), em 1870 surgem os Planos de Embelezamento Urbano, os quais marcam o nascimento do Planejamento Urbano (*lato sensu*) no Brasil e são os documentos que sintetizam as ações públicas nas cidades até 1940.

Segundo Robaina (2008), essa nova concepção de saneamento e de planejamento das cidades privilegiou os terrenos menos acidentados, que facilitavam a implantação de sistemas

de abastecimento de água e de destinação de esgotos, fato aliado também ao desenvolvimento dos meios de transporte que reforçou a tendência da busca de terrenos mais planos.

Esta opção por terrenos menos acidentados trouxe duas consequências principais com relação à ocupação de áreas suscetíveis a processos naturais desencadeadores de risco. Por um lado, muitas planícies de inundação foram ocupadas, tanto por obras públicas, quanto por empreendimentos particulares. Por outro lado, a desvalorização das áreas íngremes, deixadas de lado pelo mercado imobiliário formal, e a ausência de uma política clara e eficiente de produção de habitações de interesse social por parte do poder público, fez com que estas áreas se transformassem em local de ocupações por parte da população de baixa renda, através de construções precárias e sem a infraestrutura recomendada para terrenos declivosos.

Ainda com relação ao Rio de Janeiro, Abreu (1988) aponta que a partir da segunda metade do século XIX, devido à abolição da escravatura, o surgimento da indústria e o incremento do comércio e serviços na área central da cidade, solidificam-se as classes sociais, iniciando uma disputa pelo espaço da cidade. No ano de 1866, proíbe-se a construção de novos cortiços e se instala a “ideologia da Higiene”, dando início ao processo de destruição dos cortiços e a migração da população de baixa renda para áreas periféricas.

Nesse contexto, a ocupação de morros na zona sul da cidade se deu pela classe baixa, que ocupou estas áreas não valorizadas pelo mercado imobiliário. Aponta-se que a Zona Sul, devido à necessidade de mão de obra em serviços para atender a população abastada que ali se instalou, atraiu para estas áreas grande parte dos trabalhadores que chegavam à cidade a partir de 1940. A necessidade de morar perto do local de trabalho também se relaciona ao alto custo dos transportes dificultando o deslocamento da população pobre (MEDEIROS, 2009).

O município de Porto Alegre, nas primeiras décadas do século XX, também sofreu os reflexos da Política Higienista e de Embelezamento que caracterizava a atuação do poder público nas cidades do país. Para Ueda (2006), as reformas urbanas realizadas nesta época atendiam à nova concepção que a elite porto-alegrense tinha de cidade, onde o centro deveria ser um lugar de conduta “civilizada”. As construções, destruições e reconstruções observadas no espaço urbano, geralmente significavam a remoção de becos e pessoas de baixo poder aquisitivo. Segundo Pesavento (1995), as avenidas, os viadutos e as obras de saneamento urbano representavam a “varrida dos pobres”, do centro da cidade. Sendo que a urbanização da área central e a expulsão dos extratos mais pobres para as áreas periféricas contribuíram para a criação da dicotomia entre bairros pobres e um centro rico (D’ÁVILA, 2000).

Em escala nacional, aponta-se que a partir de 1930 o Estado passa a incentivar o padrão urbano-industrial da sociedade, mas é principalmente após a década de 1950 que as políticas

de capitalização e mecanização do campo reforçam os movimentos migratórios em direção aos centros urbanos, em que as atividades mais dinâmicas geradas pela industrialização e pela urbanização estavam sendo implantadas, atraindo a população e ocasionando o inchaço destas áreas (STROHAECKER, 2004).

O período entre os anos de 1967 e 1982 é marcado pelo aumento da especulação imobiliária e pela maior dificuldade de acesso à moradia pela população de baixa renda, principalmente após a criação do Banco Nacional de Habitação (BNH), em 1964. O intenso fluxo de financiamentos, relacionados a programas federais de habitação, serviu principalmente para atender aos interesses do setor imobiliário e da construção civil, porém, sem causar as transformações necessárias na estrutura fundiária e na situação habitacional do país que apresentava graves problemas devido ao rápido crescimento das cidades (MARICATO, 2001).

Com relação ao período entre os anos de 1960 e 1985, Muñoz (2005) aponta que além da atuação do BNH, na prática, ter priorizado o acesso das classes médias e altas ao mercado imobiliário, os governos municipais e estaduais desviaram suas atenções dos vazios urbanos beneficiários da valorização devido a investimentos públicos e privados, contribuindo com a especulação imobiliária e apontando para a continuidade de uma postura de acomodação por parte do poder público com relação a um eficaz enfrentamento da questão fundiária e habitacional urbana.

A década de 1980 é marcada pela recessão econômica e pelo crescimento da população urbana, que supera a população rural. Em 1980 a população urbana chega a representar quase 70% da população total, sendo que em 1930 ela correspondia a menos de 40% da população do país (BARCELLOS, 1990). Em decorrência da densidade de ocupação das cidades e dos problemas econômicos, a concentração da pobreza nesta época é notadamente urbana, localizando-se principalmente em morros, alagados e várzeas (MARICATO, 2001).

A tendência da rápida urbanização se intensificou ao longo do século XX, ocasionando o predomínio cada vez maior da população urbana sobre a rural. Nesse viés, registrou-se no ano de 2000, que 81, 2 % da população brasileira residia em áreas urbanas, passando atualmente, em 2010, a corresponder 84% do total da população do país. O aumento, de mais de 23 milhões de habitantes vivendo nas cidades, tem como causa não só o próprio crescimento vegetativo nas áreas urbanas, mas também as migrações com destino urbano (IBGE, 2010a).

Destarte, observa-se um rápido e desordenado crescimento das cidades, visto que, enquanto a urbanização na Europa prolongou-se por mais de um século, no Brasil durou

aproximadamente cinquenta anos, fato que trouxe consigo severas consequências de ordem social, econômica e ambiental (ROBAINA, 2008).

Aponta-se que, a partir da década de 1970, o inchaço urbano (relacionado entre outros fatores ao êxodo rural) e o alto custo para a aquisição de lotes e para a construção de moradias (decorrente da especulação imobiliária e das exigências de padrão construtivo) fizeram com que grande parcela da população das áreas urbanas construísse sua casa em áreas irregulares, por não conseguirem participar do mercado imobiliário formal. Estas ocupações além de gerarem problemas com relação à ilegalidade jurídica dos locais ocupados, fixaram-se muitas vezes em áreas ambientalmente frágeis e suscetíveis a processos naturais, como as regiões declivosas dos morros e regiões serranas, configurando a raiz dos problemas urbanos relacionados às áreas de risco.

Martine e McGranahan (2010) apontam que o descaso com as questões de habitação popular caracteriza a expansão urbana no último século, estendendo-se nos dias atuais, sendo que a maioria da população de baixa renda no Brasil (o maior grupo social nas cidades brasileiras) vive em lugares e moradias inadequadas devido à ausência de medidas apropriadas para preparar e acomodar o crescimento urbano. Diante dessa situação, nas últimas décadas salienta-se a exclusão socioespacial de significativa parcela da população, o crescimento e agravamento dos problemas ambientais e a ocorrência de Desastres (SILVA; TRAVASSOS, 2008).

Os assentamentos e núcleos de habitação ilegais presentes nas cidades brasileiras, muitas vezes em locais que oferecem risco para os moradores, é tolerada pelo poder público como forma de válvula de escape diante da problemática habitacional de grande parcela da população, quase que legitimando a segregação espacial e a exclusão social (MUÑOZ, 2005).

Observa-se que as médias e grandes cidades brasileiras sofreram ao longo do seu processo de ocupação e urbanização uma cisão, a qual deu origem a duas cidades distintas: uma formal ou legal, caracterizada por uma ocupação pautada em preceitos urbanísticos, e outra informal ou ilegal, a qual compreende ocupações com diversas situações fundiárias e características espaciais de distribuição e construção de moradias (FARAH, 2003). Esta cidade informal é destinada predominantemente às classes sociais de baixa renda e, invariavelmente, localiza-se em áreas de morros ou planícies alagáveis tanto em vazios urbanos, no centro das cidades, quanto nas suas periferias. Dessa forma, a exclusão socioespacial favoreceu e induziu a ocupação de áreas ambientalmente frágeis, como as áreas de preservação permanente (APPs), dando origem a áreas de risco de movimentos de massa e também de inundações nas cidades brasileiras.

## 2.4 Gestão de Riscos no Brasil

Diante da grande relação entre a atuação antrópica, através das diversas formas de uso e ocupação da terra, e a incapacidade do poder público na diminuição ou mitigação dos riscos nas cidades brasileiras, será apresentada uma breve discussão a respeito da Gestão dos Riscos no Brasil, ferramenta indispensável para a diminuição da ocorrência de desastres no país.

### 2.4.1 Conceitos Importantes e Situação da Gestão no País

Observa-se que não há um consenso na utilização dos termos Gestão e Gerenciamento, quando discutidas as medidas de prevenção de Riscos e Desastres. Como exemplos dessa mutabilidade citam-se: Kobiyama *et al.* (2006) e o Instituto Geológico de São Paulo (2009) utilizando o termo Gerenciamento de Desastres Naturais; Nogueira (2002) opta por Gerenciamento de Riscos Ambientais; Lavell (1999) e Alheiros (2011) optam por Gestão de Riscos. Aponta-se ainda que a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) abriu recentemente vagas para o curso de especialização em Gestão dos Riscos de Desastres para o Desenvolvimento Socioambiental.

Embora os termos utilizados sejam diferentes, na prática os autores citados se referem a um conjunto de ações de avaliação, redução, mitigação, preparação e prevenção dos riscos e dos desastres, que dizem respeito tanto a atividades de planejamento, quanto de gestão e gerenciamento.

Segundo Santos (2007), há diferenças entre os termos planejamento, planejamento ambiental (em que as áreas de risco seriam consideradas como importantes elementos nas análises), gerenciamento e gestão:

- a) planejamento significa um processo contínuo que visa tomar decisões sobre a composição, estrutura, desenvolvimento e atividades de um espaço, baseadas na interpretação e verificação da situação diagnosticada no território e frente aos objetivos propostos;
- b) planejamento ambiental diz respeito ao planejamento de um território baseado na interpretação das potencialidades, vulnerabilidades, acertos, conflitos e riscos ocorrentes no ambiente;

- c) gerenciamento é caracterizado como sendo um processo que visa administrar, controlar e monitorar as alternativas propostas pelo planejamento, pelas políticas e pela legislação ambiental;
- d) gestão ambiental seria o processo que visa planejar, organizar e conduzir o uso dos recursos naturais sem reduzir a sua qualidade ambiental.

Alheiros (2011) também aponta diferenças entre planejamento, gerenciamento e gestão e ressalta o uso do termo *gestão* com grande frequência no que se refere aos riscos e desastres, abrangendo, muitas vezes, funções do próprio planejamento. No entanto, suas conceituações para os termos diferem de Santos (2007). O conceito de gestão para Alheiros, por exemplo, é muito semelhante ao conceito de gerenciamento registrado por Santos:

O planejamento deve prever processos futuros, identificando a evolução dos fenômenos naturais e humanos, para buscar implementos que evitem, controlem ou enfrentem tais fenômenos e suas consequências. A gestão, por sua vez, é responsável pela implantação das ações e de seus objetivos e metas (ALHEIROS, 2011, p. 109–110).

O autor ainda aponta que, embora o termo gerenciamento seja utilizado como sinônimo de gestão, esta é considerada mais abrangente que o gerenciamento, o qual compreende ações de monitoramento de risco nas áreas perigosas e resposta a desastres, entre outras.

Por sua vez, Nogueira (2002) ressalta as diferenças entre gerenciamento e gestão e, indo ao encontro do que sugere Alheiros, aponta a gestão como um processo mais abrangente:

Gerenciamento envolve o conjunto de medidas de organização e operação institucional para o tratamento de situações de risco existentes, no âmbito da competência e atribuição do órgão público que o executa. A gestão dos riscos urbanos, mais abrangente, é parte da gestão do ambiente urbano e compreende, além do gerenciamento de riscos, políticas públicas de habitação e desenvolvimento urbano e de inclusão social e mecanismos de regulação e aplicação dessas políticas (NOGUEIRA, 2002, p. 77).

Segundo Chacín (2008), a Gestão dos Riscos pode ser entendida como:

la capacidad de los actores sociales de desarrollar y conducir una propuesta de intervención consciente, concertada y planificada, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo existente en una localidad o en una región para llevarla a un desarrollo sostenible y que es necesario intervenir ese proceso de desarrollo con las tareas que se requieran para reducir el riesgo (CHACÍN, 2008, p. 193).

Diante desse contexto, optou-se por utilizar ao longo do trabalho o termo Gestão de Riscos. Visto que, segundo Alheio (2011) e Nogueira (2002) o termo gestão é mais

abrangente do que o termo gerenciamento, sendo utilizado por grande número de pesquisados nas atividades que englobam tanto as ações de planejamento, como as atividades de gerenciamento e de gestão propriamente ditas. Da mesma forma, optou-se por utilizar o termo Risco e não Desastres, visto que para se reduzir os desastres é necessário ter conhecimento prévio sobre os riscos, uma vez que não há desastres sem risco. Dessa forma, falar em gestão de riscos é mais abrangente do que falar em gestão de desastres.

Vedovello e Macedo (2007) apontam que:

[ . . . ] a gestão do território deve considerar três premissas essenciais: evitar o aparecimento de áreas e situações de risco; identificar e caracterizar as áreas e situações de risco já existentes; e solucionar ou minimizar os riscos existentes. Essas premissas contemplam, certamente, ações de planejamento e gerenciamento do território, que reúnem estratégias para diagnosticar, definir alternativas e acompanhar as decisões tomadas (VEDOVELLO; MACEDO, 2007, p. 84).

Observa-se que as primeiras ações devem ser de prevenção, evitando o surgimento de áreas e situação de risco. No entanto, como aponta Tominaga (2009a), as ações de prevenção de desastres no país ainda ficam em segundo plano, em detrimento das ações emergenciais. Este fato atrela-se a falta de um planejamento de uso e ocupação do território que leve em consideração as suas limitações físicas, o respeito à legislação ambiental e urbanística e a falta de políticas habitacionais eficazes que permitam o acesso a locais seguros para moradia, tanto para aquelas famílias que ainda não estão instaladas, quanto àquelas que já se encontram em áreas de risco e necessitam deixar suas casas.

Uma das formas de aumentar as ações preventivas é incluir nos documentos de planejamento urbano análises que levem em consideração de forma mais efetiva as características e condicionantes físicos dos territórios na elaboração das diretrizes de uso e ocupação da terra. Nesse sentido, o Plano Diretor deve ser um dos documentos bases para evitar a ocupação de áreas de risco. E como aponta Kobiyama *et al* (2006), o estabelecimento de legislação pertinente à prevenção de desastres naturais deve ser uma das ações governamentais prioritárias. Segundo Polivanov e Barroso (2011):

Para que esse instrumento legal seja efetivo, deve-se levar em consideração no planejamento urbano a dinâmica do meio físico e como esse responde às ações dos agentes socioeconômicos. Para isso procura-se, de forma integrada, conhecer a dinâmica da natureza e da sociedade e suas articulações (POLIVANOV; BARROSO, 2011, p. 160).

Os autores ainda apontam que a escolha de áreas adequadas para o desenvolvimento urbano deve considerar aquelas que minimizem riscos e que, portanto, não onerem o poder público com a implantação de medidas de remediação, como as vultosas obras de contenção de taludes; ou que causam grande impacto social, como as remoções e realocações de famílias ou comunidades inteiras.

Observa-se que os municípios tendem a negligenciar o risco e os desastres nos seus documentos de planejamento, não contemplando esta problemática. Jorge (2011) verifica que as políticas para controle em áreas de risco são geralmente uma resposta aos desastres e não uma forma de prevenção. Como exemplo, o autor cita as cidades do Rio de Janeiro, Petrópolis, Belo Horizonte, Outro Preto, São Paulo, Salvador, Recife, municípios do médio e baixo Itajaí, em Santa Catarina, municípios do litoral sudeste brasileiro envoltos pela Serra do Mar e, de uma forma geral, os municípios situados em regiões serranas, onde a tipologia dos acidentes é sobejamente conhecida e invariavelmente associada à ocupação habitacional de encostas com alta declividade, margens e várzeas de cursos d'água.

Chacín (2008) aponta que diante dos componentes do risco, perigo e vulnerabilidade, pouco se pode intervir com relação ao primeiro, uma vez que são através das condições de vulnerabilidade que se podem realizar modificações significativas para reduzir os riscos. Esta redução se dá através de uma Gestão de Riscos que inclua, entre outras ações, medidas de prevenção e mitigação, fazendo da ocupação do território um processo mais seguro.

Com relação a este fator, aponta-se novamente a importância de políticas habitacionais que atendam a população de baixa renda de forma eficaz, pois sem condições financeiras esta camada da população continuará a ocupar as áreas de risco, menos valorizadas pelo mercado imobiliário formal. Este fato pode ser comprovado uma vez que já existe uma legislação ambiental e urbanística que proíbe a ocupação de áreas declivosas e margens de cursos d'água, no entanto, ela não é respeitada. Este desrespeito se dá tanto pela população de alta renda e pelos promotores imobiliários, quando essas são áreas dos seus interesses, quanto pela população de baixa renda, devido à incapacidade de adquirir moradias em outros locais.

Sendo assim, é reconhecido que o poder público deva incluir as áreas de risco de forma mais séria nos seus planos de uso e ocupação do solo, seja as áreas de risco já existente, seja as áreas suscetíveis, que possam se transformar em áreas de risco, caso sejam ocupadas. É necessário conciliar esta mudança no planejamento com as políticas sociais. Caso contrário, a evolução na legislação de uso e ocupação do solo trará sim uma importante garantia constitucional na prevenção das ocupações inadequadas, mas não será acompanhada de uma diminuição real das áreas de risco nas cidades brasileiras. Nesse sentido, Vedovello e Macedo



(2007) apontam as políticas habitacionais como sendo um dos quatro dispositivos principais que devem ser contemplados nas ações de Gestão de Riscos, juntamente com a legislação, o planejamento urbano e sistemas de alerta e contingência.

Com relação aos sistemas de Alerta e Contingências, os autores citam como principal órgão de atuação o Sistema Nacional de Defesa Civil, que foi criado em 1988, objetivando a redução dos desastres, tendo como órgão central em âmbito federal a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), além dos órgãos regionais, estaduais, municipais, setoriais e de apoio (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2012).

Alheiros (2011) aponta que no Brasil criou-se uma dicotomia nas ações de Gestão de Risco. As ações preventivas ficaram a cargo do Ministério das Cidades, após sua criação em 2003, enquanto a resposta aos desastres ficou a cargo da Defesa Civil, principalmente diante da falta de respaldo político e das deficiências técnicas em termos quantitativos e qualitativos.

Observa-se ainda que a sociedade, de forma geral, possui pouco conhecimento a respeito da Defesa Civil, sua estrutura, funcionamento e importância. Sem esse (re) conhecimento ações conjuntas se tornam mais difíceis. A participação das comunidades nas atividades de prevenção, mitigação e reconstrução, como agentes ativos, seria um grande avanço na gestão de riscos no país. Com relação ao pré-evento, a comunidade poderia auxiliar na identificação e no monitoramento dos locais de maior risco, bem como auxiliar na elaboração dos planos de contingência, aprendendo sobre o risco e as situações de risco. Este conhecimento auxiliaria na diminuição da vulnerabilidade dessas comunidades e se refletiria nas ações durante o evento, pois a comunidade estaria mais bem preparada para colocar os planos de emergência em prática, evitando perdas de vidas.

No pós-evento, as comunidades deveriam acompanhar a administração dos recursos, dinheiro e doações. A fiscalização do correto uso das verbas e da qualidade das obras, sejam de contenção, sejam de infraestrutura básica, como pontes e rodovias, evita a necessidade de constantes reformas e reconstruções ou a ineficiência das mesmas. É importante ressaltar que as obras realizadas devem não somente garantir a reconstrução da comunidade, mas também aumentar a resiliência da mesma, visando a não ocorrência ou a diminuição dos impactos causados, caso venham a ocorrer novos desastres. Este acompanhamento também deveria ser realizado com relação às verbas destinadas à prevenção de desastres e às verbas destinadas à política habitacional repassadas às comunidades em áreas de risco.

#### ***2.4.2 Etapas e Medidas para a Gestão de Riscos***

A Gestão dos de Riscos deve ser construída através da definição de etapas e de um conjunto de medidas, orientando as ações do poder público e da comunidade. Paralelo a isso, Farah (2003) aponta as formas de atuação técnica para atenuação dos efeitos de desastres naturais, as quais seriam bases importantes para a construção de uma política de Gestão de Riscos:

- a) Prevenir significa controlar novas ocupações em áreas expostas a riscos e assegurar que novas construções sejam resistentes aos fenômenos envolvidos;
- b) Avaliar significa reconhecer a natureza e a expressão dos riscos presentes, contemplando a pesquisa do histórico dos efeitos dos desastres e a estimativa de sua provável evolução, frente às mudanças verificadas nas comunidades que afetam (tais como o crescimento populacional e o incremento do patrimônio). A avaliação traduz-se em mapeamentos (zoneamento de risco), os quais devem apontar as áreas que podem ser afetadas dentro da região em estudo e com que intensidade;
- c) Mitigar significa reformar as ocupações existentes, criando ou reforçando as estruturas que resistem ao fenômeno;
- d) Prever significa desenvolver tecnologia que permita o conhecimento antecipado do momento e dos locais prováveis de ocorrência de eventos que geram os acidentes, assim como da intensidade provável em que este irá ocorrer;
- e) Preparar significa desenvolver planos de Defesa Civil capazes de minimizar os efeitos dos acidentes, contemplando, principalmente, medidas de organização da comunidade envolvida e a organização de uma infraestrutura específica para atender situações emergenciais.

Observa-se que a primeira etapa diz respeito à prevenção, ação que, conforme já apontado anteriormente, garante economia de verbas ao poder público com a implantação de obras de engenharia para mitigação ou redução dos riscos já implantados, evitando ações de grande impacto social, como as remoções e realocações.

Com relação às áreas que já apresentam ocupação, a ONU, através da UNDRR (Office of the United Nations Disaster Relief Co – Coordinator), elaborou um modelo para Gestão dos de Riscos, contendo as seguintes etapas:

- a) Identificação dos riscos;
- b) Análise e cartografia dos riscos;
- c) Medidas estruturais e não estruturais de prevenção de desastres;

- d) Planejamento para situações de emergência;  
 e) Informações Públicas e treinamento (*apud* ALHEIROS, 2011).

Cardona<sup>11</sup> (1996, *apud* NOGUEIRA, 2002) também elaborou um modelo de enfrentamento de desastres, o qual é dividido em oito etapas dentro de três fases (antes, durante e depois do evento), apresentadas no quadro 5:

Quadro 5- Etapas do Enfrentamento dos Desastres.

Antes do desastre			
Prevenção	Mitigação	Preparação	Alerta
Visa evitar que ocorra o evento	Objetiva minimizar o impacto do evento	Pretende estruturar a resposta ao desastre	Corresponde à notificação formal de um perigo iminente
Durante o desastre			
A resposta consiste nas atividades que são desenvolvidas no período de emergência ou imediatamente após a ocorrência do evento, podendo envolver ações de evacuação, busca, resgate e assistência à população atingida.			
Depois do desastre			
Reabilitação		Reconstrução	
Diz respeito ao período de transição que se inicia ao final da emergência, quando se restabelecem os serviços vitais indispensáveis e os sistemas de abastecimento da comunidade atingida.		Caracteriza-se pelos esforços para reparar a infraestrutura danificada e restaurar o sistema de produção, revitalizar a economia, buscando alcançar ou superar o nível de desenvolvimento anterior ao desastre.	

Fonte: CARDONA, O.D.<sup>12</sup> (1996, *apud* Nogueira, 2002).

Com relação à atuação governamental, Kobiyama *et al.* (2006) aponta que cada uma das fases apontadas por Cardona (antes, durante e depois do evento), exige ações diferenciadas do poder público. As principais ações em cada uma dessas fases são apresentadas no quadro 6:

Quadro 6 - A atuação governamental frente aos desastres naturais

Fase	Ações
Pré-evento	Levantar, identificar e mapear os perigos e riscos de desastres naturais; Estabelecer legislação pertinente à prevenção de desastres naturais; Elaborar e divulgar os resultados de estudos de vulnerabilidade; Planejar medidas emergências; Promover a educação e desenvolvimento de uma cultura de prevenção de desastres; Evitar o processo de ocupação de áreas suscetíveis à ocorrência de desastre;

<sup>11</sup> CARDONA, O.D. El manejo de riesgos y los preparativos para desastres: compromiso institucional para mejorar la calidad de vida. In: MASKREY, A. (Ed.) **Desastres: modelo para armar**. 1996. (Colección de piezas de un rompecabezas social, Cap.9). Disponível em: < <http://www.lared.org.pe/Publicaciones/libros/3350/3350.htm> >. Acesso em: out. 1999.

<sup>12</sup> *Ibid.*

	Buscar integração entre população, cientistas e técnicos na tomada de decisão.
Durante o evento	Levantar os danos e prejuízos; Fortalecer os sistemas de coleta; Processar e divulgar dados; Mobilizar a população a ser retirada das áreas de risco; Mobilizar equipes de saúde e alimentação para atender os atingidos.
Pós-evento	Identificar a situação anterior e atual das vítimas dos desastres; Orçar os prejuízos e a reconstrução; Revisar o Plano Diretor do local destruído; Orientar o processo de limpeza e higienização.

Fonte: Kobiyama *et al.* (2006).

Embora uma eficaz Gestão dos Riscos exija ações antes, durante e depois do evento, Veyret (2007) aponta que as ações de redução dos riscos (pré-evento) possuem menor visibilidade do que as ações emergenciais (durante e pós-evento), as quais geralmente conseguem arrecadar mais fundos junto a organismos oficiais nacionais e internacionais, uma vez que possuem maior exposição na mídia.

Por fim, aponta-se que as medidas de Gestão dos Riscos podem ser divididas em medidas estruturais e não estruturais. As ações estruturais são aquelas em que se aplicam soluções da engenharia (muros de contenção, retaludamentos, canalizações, etc.) sendo, normalmente, muito custosas. Já as não estruturais referem-se às ações em que se aplica um rol de medidas relacionadas às políticas urbanas, planejamento urbano, legislação, planos de defesa civil e educação, tendo, normalmente, custo muito mais baixo que as medidas estruturais e resultados muito bons, principalmente na prevenção dos desastres (MACEDO, 2004).

Os mapeamentos de perigo e os mapeamentos de risco enquadram-se como medidas não estruturais, sendo discutidos de forma mais detalhada no subitem a seguir.

#### **2.4.3 Mapeamentos de Perigo e Risco**

É necessário fazer uma diferenciação entre os mapeamentos de perigo e de risco. Segundo Tominaga (2009c), o mapa de perigo indica a probabilidade espacial e temporal de ocorrer um processo ou um fenômeno com potencial de causar danos, sendo que, os métodos para a avaliação dos perigos variam conforme o processo em análise. Com relação aos movimentos de massa, a autora considera a suscetibilidade natural do terreno, as

características do uso e ocupação do solo e os registros de ocorrências (inventário de eventos) como indicativos do perigo potencial. Os atributos dos mapas podem ser analisados qualitativamente, classificando-se, por exemplo, o perigo em baixo, médio e alto.

Com relação aos mapeamentos de risco, Tominaga (2009c), aponta que estes são resultados da avaliação de risco, referem-se à estimativa da extensão dos prováveis danos (feridos, mortos e perda de recursos econômicos e materiais) decorrentes de um desastre. Estes mapas representam a análise conjunta do perigo, da vulnerabilidade e dos danos potenciais.

Segundo Vedovello e Macedo (2007), os mapeamentos de risco consistem em:

Identificar, conhecer e caracterizar os riscos existentes, de maneira que se possa hierarquizar, priorizar, definir e adotar medidas adequadas para a eliminação ou para a minimização dos riscos e de eventuais acidentes (VEDOVELLO; MACEDO, 2007, p. 86).

Dessa forma, um mapeamento de perigo diz respeito à identificação de áreas com potencial de ocorrência de processos, como os movimentos de massa, e que estejam ocupadas por moradias ou demais construções humanas, podendo resultar em perdas sociais e econômicas por ocasião de um desastre. Já o mapeamento de risco, avalia estas perdas e danos, através da análise do perigo, juntamente com a vulnerabilidade das populações potencialmente afetadas.

Para Sobreira (2004), a estimativa da magnitude e da probabilidade de ocorrência de movimentos de massa em encostas requer o conhecimento de vários fatores físicos (topografia, litologia, atuação das águas, propriedades geomecânicas dos materiais envolvidos, ação e intensidade dos fatores desencadeadores) e das ações humanas, entre outros, gerando como consequência um grande número de produtos cartográficos, de acordo com a abordagem, os objetivos e a escala de trabalho. Dessa forma, não é possível estabelecer uma única metodologia para abordar as questões envolvendo os movimentos de massa, mas é possível apontar que a grande maioria dos trabalhos desenvolvidos aborda a análise da suscetibilidade e dos riscos de forma qualitativa, em detrimento das abordagens quantitativas. O autor também aponta que são poucos os trabalhos que conseguem chegar ao estabelecimento do Risco propriamente dito, devido à falta ou precariedade de dados e a falta de métodos e procedimentos adequados para quantificar as perdas e danos e para conseguir estimar a probabilidade de ocorrência dos eventos, uma vez que são vários os fatores envolvidos na deflagração dos movimentos de massa.

Tominaga (2009c) também aponta a dificuldade da realização dos mapeamentos de risco ao propor os seguintes procedimentos para se chegar a esse produto cartográfico:

- a) Definir o fenômeno em potencial (localização, dimensão, mecanismo) e as ocorrências anteriores (mapa de inventário ou cadastro);
- b) Analisar e mapear os fatores condicionantes do meio físico e dos tipos de uso e ocupação do solo, os quais interferem no aumento ou na redução da probabilidade de ocorrência do processo potencialmente perigoso (mapas de perigo);
- c) Analisar o risco das áreas de perigo em conjunto com a vulnerabilidade e dano potencial do elemento em risco (mapa de risco), os quais, geralmente, têm sido realizados em pequenas áreas, devido a grande complexidade e dificuldade de se fazer uma composição entre perigo, vulnerabilidade e perdas potenciais.

No presente trabalho o zoneamento do Risco utiliza a relação entre o Perigo, determinado pela suscetibilidade natural do terreno, as características do uso e ocupação do solo e os registros de ocorrências (inventário de eventos) e a Vulnerabilidade, caracterizada pelas habitações e a densidade ocupacional, sem abordar o Dano Potencial. Trata-se, portanto, de uma proposta inicial de zoneamento, a qual se configura como um importante instrumento para espacializar as situações de risco no município e orientar sobre as áreas que necessitam de uma atuação mais efetiva do poder público.

Diversos trabalhos envolvendo áreas de risco, assim como a presente pesquisa, utilizam os SIGs (Sistemas de Informação Geográfica), para a construção cartográfica e para o cruzamento de dados necessários para o estabelecimento de graus de perigo ou de risco. Dessa maneira, o subitem a seguir discutirá um pouco do papel desta ferramenta.

## **2.5 O uso dos SIGs nos mapeamentos e análises de risco**

Para Câmara e Medeiros (1998, p. 3), “o termo Geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas”. O Geoprocessamento também pode ser visto como uma tecnologia transdisciplinar, que integra vários equipamentos, programas, processos, dados, metodologias e pessoas para a coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados (ROCHA, 2000).

O surgimento e a evolução do geoprocessamento acompanharam o desenvolvimento de métodos matemáticos e estatísticos e a evolução das tecnologias de computação que aperfeiçoaram a coleta e transformação de informações geográficas.

Nesse sentido, somente na segunda metade do século XX, com o desenvolvimento da informática é que se tornou possível armazenar e representar informações geográficas em ambiente computacional, possibilitando o aparecimento do Geoprocessamento. Os primeiros SIGs surgiram no Canadá, na década de 1960, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes primeiros sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar, tanto a capacidade de armazenamento, quanto a velocidade de processamento eram muito baixas. Ao longo dos anos 1970 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos computacionais, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Nesta década também foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo questões de geometria computacional que auxiliaram no aperfeiçoamento das ferramentas de Geoprocessamento. No entanto, devido aos custos e a necessidade de computadores de grande porte, apenas grandes organizações tinham acesso à tecnologia. A década de 1980 representa o momento em que o geoprocessamento inicia um período de acelerado crescimento que dura até os dias atuais, devido à evolução da informática e a massificação do computador. Nesta mesma década se deu a introdução do Geoprocessamento no Brasil (CARVALHO *et al.*, 2007).

Um dos instrumentos computacionais do geoprocessamento são os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), em que o dado trabalhado tem, como um dos atributos básicos, a sua posição geográfica. O SIG é normalmente apoiado em um banco de dados que, associado ao terreno, possibilita a produção de diversificadas informações sobre o mesmo. Uma característica importante do SIG é a possibilidade de adquirir dados das mais variadas fontes, homogeneizá-los segundo um padrão definido e exibi-los, ao final, também em vários formatos (INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA, 2010). Estas fontes podem ser imagens de satélite, cartas topográficas, mapas temáticos, dados censitários, entre outras.

Dessa forma, os SIGs podem ser utilizados como ferramentas de produção de mapas, como suporte para análise espacial de fenômenos ou como um banco de dados georreferenciados, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial. (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

Os SIGs possibilitam integrar dados de diversas fontes e formatos (reunir informações sobre as características naturais e sociais do município, por exemplo) e gerar informações adicionais pelo cruzamento ou sobreposição destes dados, podendo, dessa forma, ser empregado em atividades que demandem análise espacial e apresentação cartográfica (PEREIRA; SILVA, 2010).

Com relação aos trabalhos envolvendo áreas de risco, Sobreira (2004) aponta que o surgimento e a evolução dos SIGs possibilitou o armazenamento, o tratamento e a análise de um grande volume de dados necessários ao estudo da suscetibilidade, do perigo e da vulnerabilidade das populações; estudos que, por sua vez, são requisitos básicos para as avaliações de risco.

Os Sistemas de Informação Geográficas permitem analisar, de forma conjunta, diversos fatores envolvidos na deflagração dos processos causadores de risco, entre eles os movimentos de massa, como declividade, solo, vegetação, precipitação, ocupação, densidade demográfica, registro de ocorrências, entre outros. Essas análises são realizadas através da escolha dos fatores que serão relacionados em conjunto, de acordo com os objetivos e a metodologia do trabalho em desenvolvimento. Dessa maneira é possível realizar uma série de análises espaço-temporais, como a identificação dos locais de maior ocorrência de eventos, os fatores responsáveis pela sua deflagração e os períodos de maior registro de ocorrência, relacionando-os, por exemplo, com a intensificação nas precipitações.

Nesse contexto, o geoprocessamento e os SIGs são ferramentas de extrema importância nos mapeamentos e análises que envolvem áreas de risco.



### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos iniciaram com o levantamento bibliográfico sobre o tema, o qual foi dividido em duas etapas. A primeira consistiu na pesquisa sobre os conceitos envolvendo as áreas de risco; os processos de movimentos de massa, com foco nos agentes condicionantes; e sobre a Gestão de Riscos no país. Este levantamento foi realizado em livros, teses, dissertações, monografias e artigos relacionados à problemática.

Após esta primeira etapa de construção teórica, importante para a melhor compreensão e qualificação das análises realizadas ao longo da dissertação, iniciou-se a segunda etapa, a qual consistiu nas pesquisas sobre o surgimento e a evolução da ocupação de áreas de risco no município de Caxias do Sul. Também foram pesquisadas as características físicas encontradas no local e que atuam como condicionantes aos movimentos de massa. Esta etapa foi de grande importância para compreender sobre a situação das áreas de risco e dos movimentos de massa na área de estudo.

Posteriormente foi realizado o inventário das ocorrências de movimentos de massa em Caxias do Sul, o qual teve como base o levantamento realizado por Reckzieguel (2007) e Argenta, *et. al* em 2009. Reckzieguel (2007) fez um levantamento das ocorrências de movimentos de massa em Caxias do Sul entre os anos de 1980 a 2005, partindo de dados do Diário Oficial, de Decretos de Estado de Calamidade Pública e de Situação de Emergência, dados da Defesa Civil Estadual, além de pesquisa na imprensa, mais especificamente no jornal *Zero Hora*. No entanto, a autora não estabeleceu os bairros de ocorrência dos movimentos de massa registrados nessas fontes.

De maneira complementar, Argenta G. *et. al.* (2009), consultaram um jornal local, *O Pioneiro*, para verificar os bairros de ocorrência dos registros levantados entre 1980 a 2005, também atualizaram o levantamento para os anos de 2006 e 2007. Ressalta-se que algumas das ocorrências noticiadas no referido jornal situavam-se fora do perímetro urbano ou com localidade mal informada na reportagem, fato que impossibilitou identificar em qual bairro ocorreu o evento e fez com que o mesmo não fosse contabilizado nas análises.

Para a atualização dos dados dos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011 foi consultado o banco de dados do grupo Geodesastres Sul (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CENTRO REGIONAL SUL. GEODESASTRES SUL, 2007–2011), que, desde 2007, faz a atualização das ocorrências de desastres no estado do Rio Grande do Sul, através de consultas junto a Defesa Civil e a jornais *on line* cadastrados no seu banco de dados. Dentre eles, destacam-se os jornais *Zero Hora* e *O Pioneiro*. A consulta realizada na

imprensa local justifica-se uma vez que grande parte das ocorrências, por não gerarem decretos de emergência ou de calamidade pública, é noticiada e registrada apenas em jornais de circulação regional ou municipal. Aponta-se que alguns registros de ocorrência obtidos junto ao Geodesastres Sul não possuíam informação sobre o bairro da mesma. Dessa maneira, foi consultado o Corpo de Bombeiros de Caxias do Sul para complementar os dados referentes aos bairros destas ocorrências (Corpo de Bombeiros de Caxias do Sul, 2012). Por fim, observa-se que além dos dados do Geodesastres Sul e do Corpo de Bombeiros Municipal, foi consultado o site da Defesa Civil Estadual, para os anos de 2003 a 2011 (DEFESA CIVIL ESTADUAL, 2012).

As informações obtidas foram organizadas em um banco de dados, em forma de tabelas, no programa *Word*, 2007. Os registros de movimento de massa foram separados e espacializados indicando o número de registros de movimento de massa ocorridos em cada bairro do perímetro urbano do município de Caxias do Sul. A elaboração do mapa se deu no Programa *Arc Gis*, versão 9.3, com finalização no programa *Corel Draw*, versão 12.

Para a determinação da suscetibilidade foi escolhido o parâmetro declividade, uma vez que o fator clima é homogêneo dentro da área de estudo e a vegetação está descaracterizada pela ocupação. A inclinação das vertentes em áreas ocupadas exige modificações na encosta com a realização de cortes e aterros para a construção das moradias e instalação de equipamentos urbanos, modificando drasticamente as condições do relevo. Além disso, o fator declividade é o que melhor responde na escala de trabalho que abrangeu todo o perímetro urbano de Caxias do Sul. No entanto, nas análises sobre situações de perigo, vulnerabilidade e nas áreas identificadas como de risco muito alto, a escala permitiu análises mais detalhadas, em que foram considerados fatores como a vegetação, as condições do substrato rochoso e a atuação da água, através das análises de fotografias e croquis das vertentes ocupadas.

A determinação das áreas suscetíveis teve como base a declividade acima de 30% e acima de 45%. O valor de 30% de declividade foi escolhido por ser definido pela lei 6.766, de 1979, como local restrito para o parcelamento do solo, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes, pois locais, com esta declividade, já necessitam da realização de cortes/aterros para construção. Já o valor de 45% foi escolhido a partir de uma adaptação do Antigo Código Florestal de 1965, Lei 4.771, a qual proibia a derrubada de florestas, só sendo tolerada a extração de toras em regime de utilização racional, que visasse a rendimentos permanentes, nas áreas com declives superiores a 47%. Devido ao fato da área de estudo se tratar de uma área urbana, utilizou-se dessa base, porém foi diminuída a tolerância

para 45%, visto que a partir deste valor o relevo estabelece severas restrições para a ocupação, principalmente com moradias que causam grandes mudanças na topografia natural através de cortes e aterros para a sua implantação.

Os mapas de declividade foram gerados no programa *Arcgis*, versão 9.3, utilizando as curvas de nível, de 20 em 20 metros, obtidas através da digitalização da carta topográfica de Caxias do Sul, folha SH 22 – V – D – III – 2, MI 2953/2, na escala de 1: 50 000, além de dados topográficos disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, levando em consideração também a drenagem e os pontos cotados. A utilização da rede de drenagem, como linhas de quebras, possibilita maior exatidão na obtenção da declividade do local em análise.

O mapa de declividade foi sobreposto à imagem de satélite disponível no *Google Earth*, para identificação das áreas suscetíveis que se encontravam ocupadas. Foram desconsideradas as áreas ocupadas predominantemente por empresas e indústrias, nas demais foram estabelecidos posteriormente seus graus de perigo, vulnerabilidade e finalmente de risco.

O mapa de perigo representa as áreas com suscetibilidade e ocupadas, tendo seu grau de perigo estabelecido a partir do número de registros de movimentos de massa no bairro em que se encontram. Sendo que para o mesmo número de registros, mas em situações diferentes de declividade, foram estabelecidos diferentes graus de perigo. Os valores considerados são apresentados no quadro 7:

Quadro 7 - Matriz de cruzamento para obtenção dos graus de perigo

Registros	Perigo para declividade acima de 30%	Perigo para declividade acima de 45%
0	Baixo	Médio
1	Baixo	Médio
2	Médio	Alto
3	Médio	Alto
4	Alto	Muito Alto
5	Muito Alto	Muito Alto
6	Muito Alto	Muito Alto
7	Muito Alto	Muito Alto

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir do estabelecimento destes graus, foram atribuídas as cores vermelha, laranja, amarela e verde para o perigo muito alto, alto, médio e baixo, respectivamente. O mapa foi elaborado no programa *Arcgis*, versão 9.3, com finalização do *Corel Draw*, versão 12.

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade foram analisados o adensamento e o padrão construtivo das moradias. A determinação das áreas de adensamento muito alto, alto, médio e baixo se deu através da análise comparativa. Depois de identificadas todas as áreas suscetíveis ocupadas, as áreas de maior adensamento foram consideradas de adensamento muito alto, as de menor adensamento foram consideradas de adensamento baixo, e as de adensamento intermediário foram consideradas de adensamento médio ou alto, quando se aproximavam mais do adensamento baixo ou do adensamento muito alto, respectivamente. De maneira semelhante, a análise do padrão construtivo também se deu através de análise comparativa das áreas estudadas, levando em consideração o tamanho e tipologia construtiva da moradia, além da infraestrutura do local, como existência ou não de calçamento das vias, sendo classificado em alto, médio, baixo e muito baixo. A determinação dos graus de adensamento e padrão construtivo tiveram como base a imagem de satélite disponível no *Google Earth*, e o campo realizado no mês de julho de 2012. A matriz de cruzamento das duas informações é apresentada no quadro 8:

Quadro 8 - Matriz de cruzamento para obtenção dos graus de vulnerabilidade

Adensamento Padrão	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Alto	Baixa	Baixa	Baixa	Média
Médio	Baixa	Baixa	Média	Média
Baixo	Média	Alta	Alta	Muito Alta
Muito Baixo	Média	Alta	Muito Alta	Muito Alta

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir do cruzamento das informações, foram identificados os graus de vulnerabilidade das áreas de perigo e para os mesmos foram atribuídas às cores vermelha, laranja, amarela e verde para as vulnerabilidades muito alta, alta, média e baixa, respectivamente. O mapa foi elaborado no programa *Arcgis*, versão 9.3, com finalização do *Corel Draw*, versão 12.

Para definição dos graus de risco à ocorrência de movimentos de massa foram analisados os dados do perigo (declividade, ocupação e registros/inventários) e da vulnerabilidade (padrão construtivo e adensamento das moradias), através da seguinte matriz de cruzamento (Quadro 9):

Quadro 9 - Matriz de cruzamento para obtenção dos graus de risco

Vulnerabilidade	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Perigo				
Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Alto
Médio	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Alto	Médio	Alto	Alto	Muito Alto
Muito Alto	Alto	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto

Fonte: Elaborado pela autora.

Foram atribuídas as cores vermelha, laranja, amarela e verde para os graus de risco muito alto, alto, médio e baixo, respectivamente. O mapa foi elaborado no programa *Arcgis*, versão 9.3, com finalização do *Corel Draw*, versão 12.

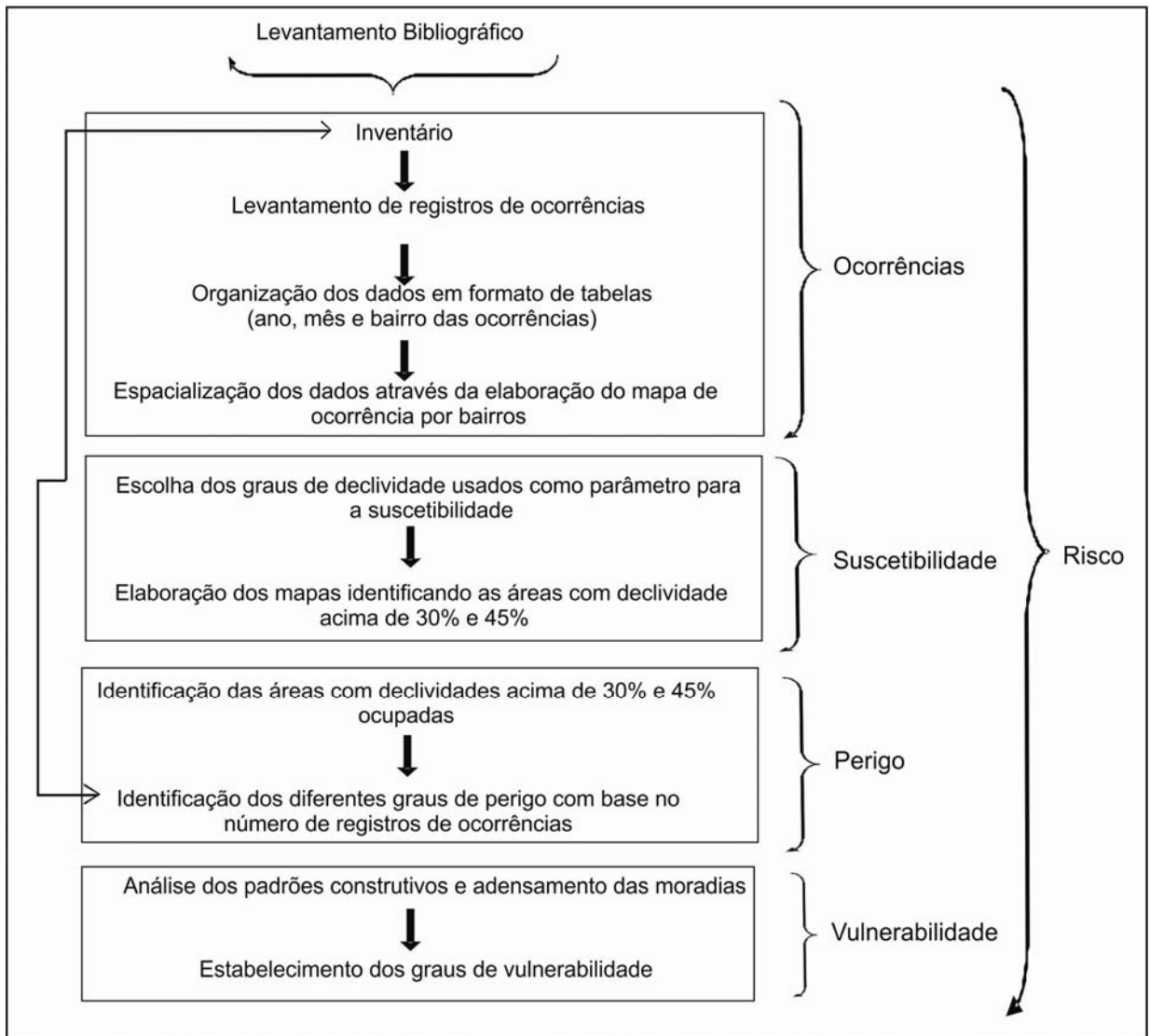
Após a identificação das áreas de risco muito alto, estas foram analisadas de forma mais detalhada, sendo elaborados mapas individuais de cada uma delas, utilizando-se de imagens disponíveis no *Google Earth*, e imagens obtidas em campo. Aponta-se que estas áreas identificadas como de risco muito alto sofreram modificação do seu perímetro por ocasião do estudo de detalhe. A partir da análise das fotografias retiradas em campo e da utilização da ferramenta *street view* do *Google Earth*, essas áreas sofreram aumento ou diminuição do perímetro com relação ao contorno dos mapas anteriormente citados (susceptibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco).

Posteriormente, foi realizado *download* dos assentamentos subnormais delimitados pelo IBGE (1986; 2010b) e disponíveis no site do mesmo em formato *shapefile* e *kmz* para verificação de áreas onde existisse sobreposição destes assentamentos com as áreas de risco muito alto. Por fim, foram gerados mapas das áreas onde ocorreu esta sobreposição.

Ressalta-se ainda que, em alguns dos mapas apresentados, os bairros foram numerados para a sua melhor identificação. Esta numeração é utilizada também ao longo do trabalho nas análises e resultados da pesquisa e não está relacionada a nenhuma ordem ou hierarquia.

No quadro 10 é possível observar o organograma das etapas seguidas desde a identificação da susceptibilidade até o estabelecimento dos graus de risco para os bairros do perímetro urbano do município de Caxias do Sul.

Quadro 10 - Etapas para a realização da pesquisa

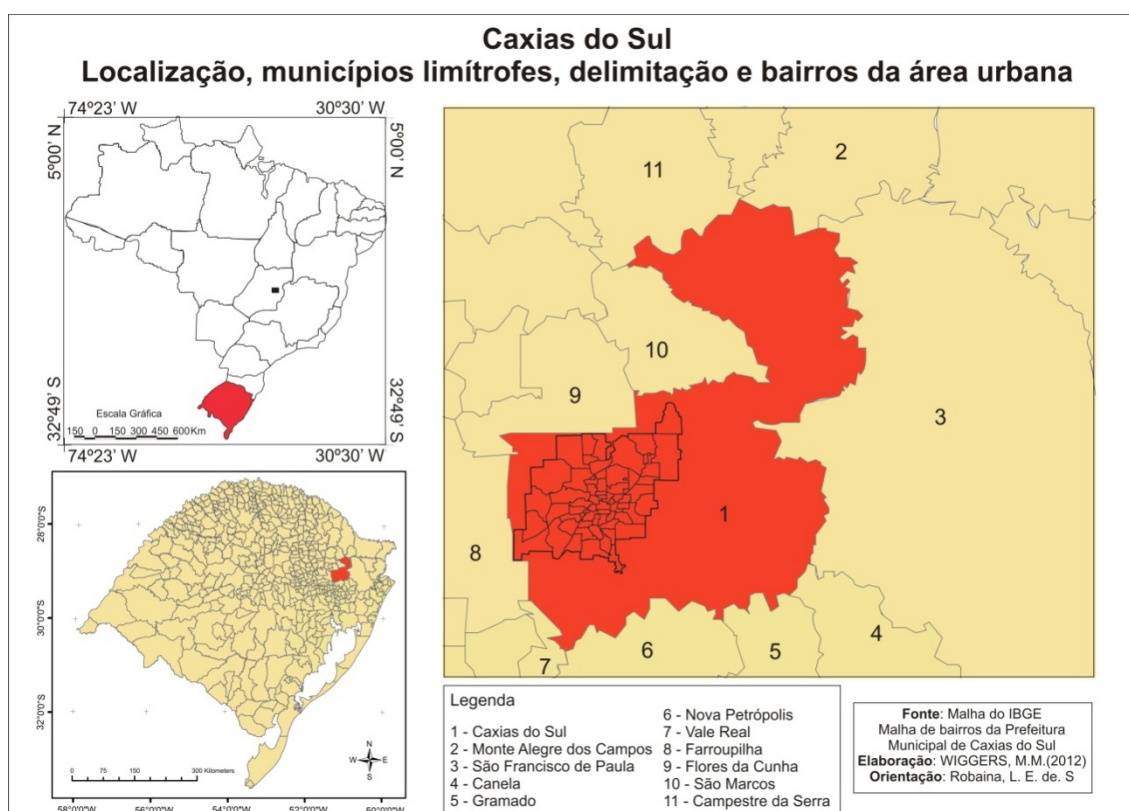


Fonte: Elaborado pela autora.

## 4 O MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL

O município de Caxias do Sul (Ilustração 6), com aproximadamente 435.564 mil habitantes (IBGE, 2010a), registra historicamente a ocorrência de desastres relacionados aos movimentos de massa. Esse fato relaciona-se aos condicionantes geológicos e de relevo, além da forma da ocupação do espaço.

Ilustração 6- Localização do município de Caxias do Sul, no estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo Machado (2001), as regiões das planícies dos Vales do rio Caí e do rio dos Sinos e as terras do Planalto, localizadas na chamada Encosta Superior da Serra do Nordeste, entre os rios Caí, Antas e Taquari, constituíam terras devolutas, cobertas de mata virgem e que despertaram o interesse do governo da província do Rio Grande do Sul, o qual planejou um povoamento com imigrantes europeus. Esta imigração se enquadrava na necessidade de ocupar espaços ainda vazios e considerados importantes no sul do país. Nesse contexto, a ocupação de Caxias do Sul teve início por volta de 1880, ano da chegada dos primeiros imigrantes italianos na região.

A economia caxiense inicialmente baseada nas atividades agrícolas passou a ser predominantemente fundamentada na produção industrial após as primeiras décadas do século XX. O expressivo crescimento econômico neste setor impulsionou o êxodo rural no município e atraiu também mão-de-obra de outras cidades do estado.

Na década de 1940, é construída a BR 116, que facilitou a ligação de Caxias do Sul com o país, fortalecendo a economia da região e ao mesmo tempo atraindo mais pessoas para o município; agravando, assim, a demanda habitacional. Neste período, na periferia da cidade, em terras devolutas e com relevo acidentado, surgiram os primeiros assentamentos subnormais<sup>13</sup> de Caxias do Sul. Sendo eles: Euzébio Beltrão de Queiróz, conhecido como “Zona do Cemitério”, o Complexo Jardelino Ramos, conhecido como “Buraco Quente” e “Burgo”. Sobre o surgimento do “Burgo”, segundo pesquisas de Machado (2001), têm-se registros que devido à falta de recursos, esta população construiu moradias feitas com papelão e latas de azeite, para poderem residir em Caxias do Sul, aonde chegaram à busca de emprego na casa das famílias de classe alta da região. Com o passar do tempo estas moradias foram se multiplicando e, devido às características que a ocupação adquiriu, o local passou a ser chamado de Burgo, sendo considerado a primeira “favela” da cidade.

Entre as décadas de 1950 e 1960 também se iniciou a ocupação de alguns dos bairros que atualmente apresentam maiores problemas com movimentos de massa, como os bairros Santa Fé e Cruzeiro (ROBAINA *et al.*, 2010).

Segundo levantamento realizado pela Prefeitura Municipal de Caxias do Sul (2004), o déficit habitacional no município agravou-se na década de 50. Devido ao contínuo crescimento econômico principalmente no setor industrial, Caxias do Sul atraiu cada vez mais migrantes de outros municípios do estado e de fora dele. Conseqüentemente, neste período, cresceram também as subabitações através de novos assentamentos com falta de infraestrutura na periferia urbana. A década de 1970 também é marcada pela expansão de loteamentos ilegais, sendo um dos períodos mais significativos em termos de surgimento de novas ocupações, principalmente devido ao crescimento do setor industrial da cidade. Aponta-se também que a ocupação ocorreu primeiramente nos bairros próximos ao Centro e posteriormente expandiu-se para áreas mais periféricas (WIGGERS, 2010).

Ainda de acordo com pesquisa realizada pela Prefeitura Municipal, em 2002, havia 110 núcleos de subabitação, onde moravam aproximadamente 28.000 pessoas. Em 2009, segundo

---

<sup>13</sup> “Assentamentos Subnormais” é o termo utilizado pela Prefeitura Municipal de Caxias do Sul para se referir às áreas de risco e com grande precariedade de infraestrutura. Optou-se, ao longo do trabalho, por manter este termo.



Sandra Mara Echamender de Brum, Arquiteta da Secretaria do Planejamento de Caxias do Sul, o número de núcleos permanece o mesmo, porém a densidade de ocupação interna vem crescendo. A pesquisa realizada pela Prefeitura Municipal constatou ainda a substituição de assentamentos, uma vez que concomitante à erradicação de alguns, através de reassentamento ou de regularização fundiária, há o surgimento de novos núcleos.

Aponta-se que diante do crescimento econômico e demográfico, o poder público não conseguiu ordenar a ocupação do território municipal e as políticas habitacionais não foram suficientes para suprir a demanda da população de baixa renda, acarretando na ocupação de áreas de risco de movimentos de massa no município.

#### **4.1 Características e Condicionantes físicos à ocorrência de movimentos de massa no município de Caxias do Sul**

Neste item abordam-se, em termos gerais, as características geológicas, geomorfológicas, do clima, da vegetação e da rede de drenagem do município. Seguidamente será apresentada uma discussão a respeito da estrutura dos derrames vulcânicos encontrados na região de Caxias do Sul, importantes para a compreensão da estrutura das rochas e das discontinuidades existentes nas mesmas, as quais serão abordadas na terceira parte deste subitem, visto que as discontinuidades representam importantes caminhos preferenciais para os processos de intemperismo, contribuindo com a ocorrência de movimentos de massa.

##### ***4.1.1 Características físicas da área de estudo***

Com relação as características climáticas, segundo classificação de Rossato (2011), o município de Caxias do Sul localiza-se em área de clima Subtropical IVb: muito úmido, com inverno frio e verão fresco. A precipitação é abundante, oscilando entre 1700 e 2000 mm de chuva anuais, distribuídos entre 130 a 150 dias. A temperatura média anual varia entre 14 e 17 °C.

No que diz respeito a vegetação, o município apresenta formação florestal com presença de Araucárias, as quais se encontram nas partes mais elevadas da região. Observa-se também áreas de formação campestre, onde são encontradas gramíneas, arbustos e capões (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL, 2004)

A sede urbana municipal localiza-se no divisor de águas das bacias hidrográficas do Taquari-Antas e do Caí, ambas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Guaíba. Dessa maneira,

encontram-se inúmeras nascentes no município, sendo que os cursos de água que fluem para o norte, nordeste e noroeste deságuam do Rio das Antas, enquanto os rios que fluem nas direções sul, sudeste e sudoeste deságuam no Rio Caí

Com relação às características geológicas e geomorfológicas, o município está inserido na Região Geomorfológica do Planalto das Araucárias, pertencente à Província Geológica do Paraná (RADAM, 1986).

A região geomorfológica do Planalto das Araucárias caracteriza-se por formas de relevo esculpidas em rochas vulcânicas ácidas e básicas da Formação Serra Geral, podendo citar riolitos, riolitos, basaltos e andesitos. A Formação Serra Geral caracteriza-se também pela presença de disjunções colunares e camadas de arenitos eólicos entre os derrames, chamados de arenitos intertrapp (CPRM, 1998; IBGE, 1986).

Segundo Pinheiro (2000), a unidade Geomorfológica da Serra Geral, por sua vez, subdivide-se em dois compartimentos, Aparados da Serra e Área Serrana (na qual o município de Caxias do Sul encontra-se inserido). A Área Serrana caracteriza-se por formas de relevo marcadas pela profunda e intensa dissecação com marcante controle estrutural, ocorrência de sulcos estruturais de diversas orientações e canais fluviais a eles adaptados. Os principais eixos de drenagem referem-se aos rios dos Sinos, Caí, Taquari-Antas e especialmente o Jacuí.

Nesse contexto, o relevo de Caxias do Sul apresenta formas variadas, desde áreas de relevo bastante movimentado, principalmente nas porções central e sul do município, onde são observadas bordas de escarpas e vertentes de grande declividade, até áreas de relevo menos movimentado, na porção norte.

#### ***4.1.2 Estrutura dos derrames encontrados na região de Caxias do Sul e sua influência nos movimentos de massa***

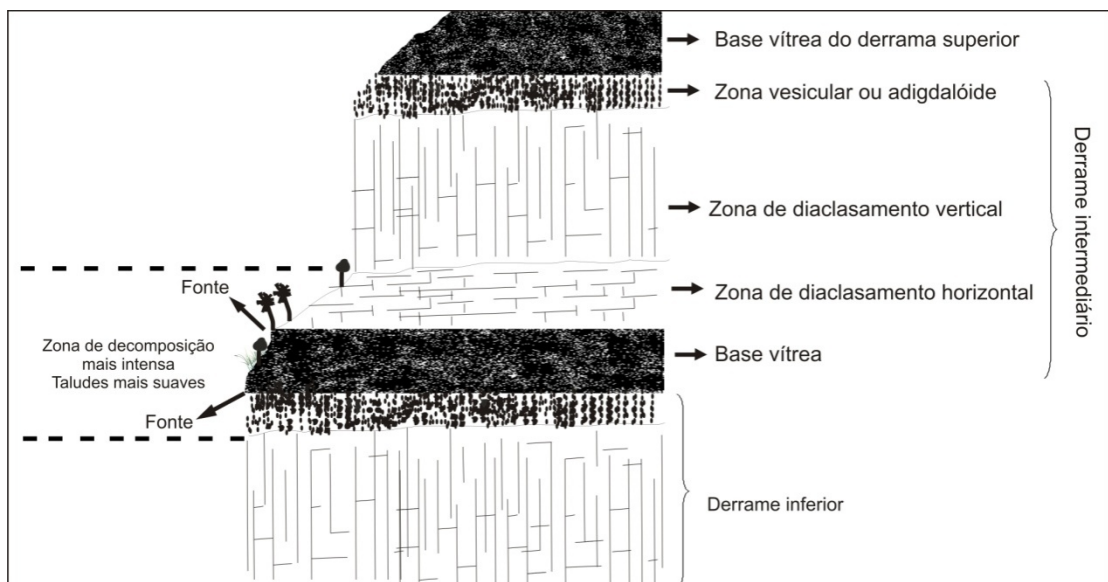
Segundo Schneider (1972), a estrutura das rochas ígneas refere-se a um conjunto de aspectos que estão relacionados com as condições de formação das mesmas e devem-se, principalmente, à ação de esforços aplicados durante ou após a fase de consolidação do magma, a qual pode ocorrer no interior da Terra, gerando as rochas ígneas intrusivas ou plutônicas; ou então na superfície terrestre, gerando as rochas extrusivas, efusivas ou vulcânicas. Produzem-se, dessa maneira, feições específicas, sendo que os principais aspectos estruturais das rochas ígneas são: juntas, lineamentos, bandas de fluxo, faixas, planos de clivagem, entre outras.

Essas características estruturais são importantes para a compreensão do comportamento geotécnico dos maciços rochosos e, conseqüentemente, para sua maior ou menor suscetibilidade aos processos de movimento de massa.

Maciel Filho e Nummer (2011) apontam que no vulcanismo do tipo fissural (observado na região de Caxias do Sul) ocorrem sucessivos derrames de lava que recobrem grandes áreas, formando camadas aproximadamente horizontais. Os autores dividem estes derrames em três zonas principais, a base em que se desenvolve um diaclasamento predominantemente horizontal; o meio do derrame, em que se observa um diaclasamento vertical ou colunar e o topo, lugar em que ocorre um diaclasamento horizontal, formando, às vezes, estruturas chamadas de lajes. Na parte superior também são encontradas vesículas dentro da rocha, resultado das bolhas formadas pelos gases não desprendidos durante o resfriamento do magma; geodos, caracterizando os vazios parcialmente preenchidos por cristais; e amígdalas, correspondendo a vesículas totalmente preenchidas por mineralizações semelhantes às do geodo. Os autores ainda apontam que entre um derrame e o seguinte pode-se encontrar um contato simples, um arenito intertrapp (interderrames), paleo-solo ou brecha com argila.

O perfil dos derrames com as camadas apontadas pode ser observado na ilustração 7:

Ilustração 7 - Estrutura e morfologia de um derrame basáltico

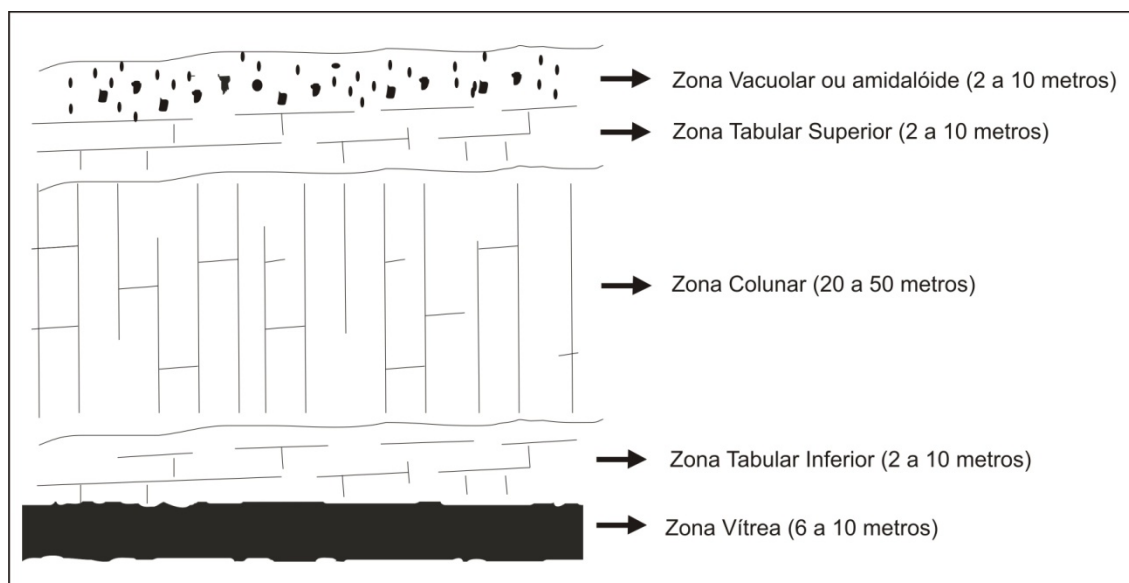


Fonte: Adaptado de LEINZ; AMARAL, 1989.

Segundo Schneider (1972), para um derrame de ordem de cinquenta metros de espessura, pode-se encontrar as seguintes variações estruturais e texturais, da base para o topo do mesmo, as quais podem ser observadas na ilustração 8:

- a) Zona 1: esta zona é chamada de zona vítrea, caracterizada pela presença de um basalto preto ou marrom, com brilho resinoso, frequentemente muito alterado; juntas de contração mal definidas, com tendência para superfícies curvadas. Aparecem às vezes alguns vacúolos ou amígdalas bem como fenocristais de feldspato e piroxênio. A espessura dessa zona varia normalmente entre cinco e dez metros, podendo atingir espessuras maiores em algumas áreas;
- b) Zona 2: chamada de zona tabular inferior, caracteriza-se pela modificação gradual da textura e da estrutura da rocha, na direção do topo. A textura passa a mesocristalina, tendendo à textura microlítica, com teores ainda elevados de vidro; as juntas são predominantemente horizontais, com pequeno espaçamento entre si, formando pequenas “tábuas”, geralmente sub-horizontais, dando ao conjunto um aspecto de rocha sedimentar bem estratificada. A espessura desta zona varia entre dois e dez metros;
- c) Zona 3: chamada de zona colunar, apresenta uma textura holocristalina, fanerítica, em derrames espessos; as juntas são predominantemente verticais, resultando em disjunção colunar típica, sendo os eixos das colunas geralmente quase verticais. As espessuras variam de vinte a mais de cinquenta metros;
- d) Zona 4: conhecida como zona tabular superior, apresenta textura mesocristalina, às vezes porfírica; juntas horizontais a sub-horizontais dominantes, com pequeno espaçamento, dando origem a “tábuas”. Esta zona assemelha-se muito à zona tabular inferior, com espessura de dois a dez metros;
- e) Zona 5: zona amigdalóide, que apresenta basalto de textura mesocristalina, rico em vidro, com juntas mal definidas, muitas vezes encurvadas. Nesta zona há abundantes vacúolos, frequentemente preenchidos com minerais secundários (hidrotermais), como quartzo, calcedônia, zeolitas, calcita, minerais verdes da família das cloritas (viridita, celadonita, etc.). A sua espessura varia entre dois a dez metros.

Ilustração 8 - Variações estruturais e texturais de um derrame basáltico típico.



Fonte: Adaptado de Schneider, 1972.

Schneider (1972) ainda aponta as diferenças nos processos de intemperismo e erosão nas diferentes zonas ou camadas do derrame, devido às diferenças texturais e estruturais. A zona vítrea, a zona amigdalóide e as zonas de disjunção tabular tendem a apresentar maior facilidade aos processos de intemperismo, pois retêm mais a água das chuvas. A zona colunar, por sua vez, apresentaria maior resistência, uma vez que, devido à predominância de juntas verticais, a água pode escoar com facilidade e permanecer menos tempo em contato com a rocha. Esta diferente resistência aos processos de intemperismo fará com que se observe uma faixa de relevo suave, correspondendo às zonas amigdalóide e tabular superior. Já, na zona colunar, devido a sua maior resistência, tende-se a observar um relevo de caráter mais vertical, o qual tenderá a sofrer com quedas de material rochoso, devido ao apoio insuficiente das colunas sobre a zona tabular e vítrea inferior. No entanto, quando os processos de intemperismo atingirem novamente a parte inferior do derrame o relevo se apresentará suave. Sendo que nas faixas de menor declividade, observam-se solos residuais e o acúmulo de material argiloso e fragmentos de rocha transportados por gravidade e pelas enxurradas, formando depósitos de talus, oferecendo perigo de escorregamento, principalmente durante episódios de intensa precipitação.

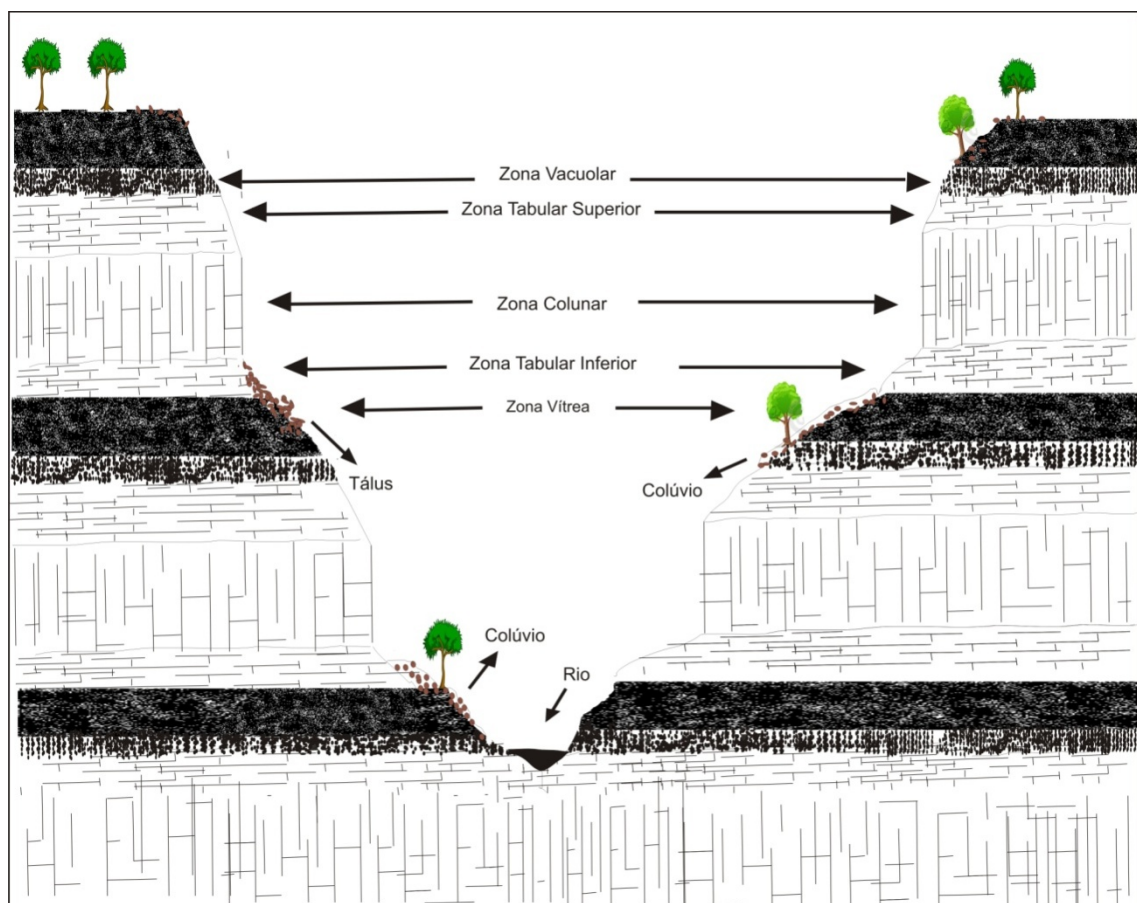
Nesse sentido, Pinheiro (2000) também aponta que a zona de diaclasamento horizontal, a brecha vulcânica e o material vítreo presente na base e no topo do derrame, tendem a sofrer um processo de alteração mais acelerado, fato relacionado à sua mineralogia e ao maior acúmulo de água nestes locais, resultando em uma variação do grau de alteração das camadas

do derrame e a na formação de perfis irregulares, como camadas de rocha praticamente sã, rocha alterada e solos de alteração, como solos residuais e saprolíticos. O autor ainda aponta a presença de depósitos de tálus e de colúvio recobrimdo estas encostas.

Os depósitos de tálus são caracterizados por encontrar-se no sopé da encosta, sendo composto por material grosseiro e anguloso, em que predominam os blocos rochosos, sem presença de estratificação regular. Já os depósitos de colúvio encontram-se próximos ao sopé das vertentes, transportado de zonas mais altas à montante, sendo compostos por um solo e fragmentos de rochas mal selecionados, apresentando diferentes tamanhos (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2012).

Na ilustração 9, é possível observar as relações entre as diferentes camadas dos derrames e a morfologia das encostas.

Ilustração 9 - Perfil morfológico e sua relação com as diversas zonas dos derrames.



Fonte: Adaptado de Schneider, 1972. p.79.

Observa-se a formação de patamares de relevo mais suave, correspondente às zonas menos resistentes aos processos de intemperismo, intercalados com zonas de relevo mais

abrupto, com paredões praticamente verticais, nas zonas em que as rochas se apresentam mais resistentes. Essa sucessão de zonas de relevo suave e abrupto tende a se repetir ao longo dos diversos derrames, configurando na paisagem diversos degraus, os quais podem ficar encobertos pelos depósitos de tálus e de colúvios, como é possível observar na ilustração 9.

#### **4.1.3 Descontinuidades**

As descontinuidades em rochas vulcânicas estão relacionadas, principalmente, às fraturas e diáclases. Essas podem ser de origem magmática, como resfriamento e fluxo; de origem tectônica, originadas durante os esforços que ocorrem no ambiente tectônico e também por alívio de pressão, originada por processos erosivos de camadas sobrejacentes.

Segundo o Glossário Geológico da Universidade Nacional de Brasília (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2012), as diáclases (juntas ou fraturas) podem estar relacionadas a tensões que originam planos quase ortogonais e outros associados de fraturas (o conjunto das atitudes preferenciais chama-se sistema de juntas); podem relacionar-se também ao aquecimento diurno e resfriamento noturno provocando juntas como lascas curvas que acompanham o modelado da superfície do bloco rochoso; e, por fim, ao resfriamento do magma e sua consolidação com diminuição de volume, principalmente de baixa profundidade e extravasado como derrame de lava, provocando a formação de juntas colunares que tendem a ser hexagonais, comumente encontrado nas rochas vulcânicas.

Maciel Filho e Nummer (2011) apontam como causas das diáclases ou juntas a secagem de sedimentos argilosos (juntas de dissecação), as tensões tectônicas de compressão ou cisalhamento, o alívio de tensões de compressão por erosão das camadas adjacentes e/ou variação de temperatura do maciço (intemperismo físico, juntas de alívio, deslocamentos), e o resfriamento de rochas magmáticas, principalmente vulcânicas.

Segundo Schneider (1972), as fraturas em rochas ígneas (vulcânicas e/ou plutônicas) constituem superfícies ou planos de descontinuidade, as quais são visíveis macroscopicamente ou existentes apenas sob forma latente, ao longo das mesmas a rocha se separa com facilidade, tendo origem:

- a) devido à contração do maciço rochoso, durante o esfriamento subsequente à solidificação, pois o esfriamento acarreta diminuição de volume;

- b) devido à aplicação de forças externas, geralmente de natureza tectônica, as quais produzem o fraturamento da rocha, sem provocar deslocamentos sensíveis das partes, pois quando há deslocamento trata-se de falha e não de junta;
- c) devido ao alívio de pressões durante a erosão, pois à medida que a erosão retira os materiais decompostos pelo intemperismo, a rocha subjacente terá que suportar sobrecargas cada vez menores e, devido ao alívio experimentado, o maciço rochoso sofre uma espécie de “expansão”, podendo resultar no aparecimento de juntas.

Para o autor, é comum a formação de três sistemas de juntas perpendiculares entre si, que dividem o maciço em corpos cuja forma tende para cubóide; podendo, também, apresentar outras formas, como prismática, tabular, etc. De acordo com a forma distinguem-se diferentes tipos de disjunção: disjunção cúbica, quando as partes em que se divide o maciço têm forma cúbica, disjunção prismática ou colunar, quando se originam corpos com a forma de prismas ou colunas, disjunção tabular, quando apresentam forma de tábuas, etc. Aponta-se ainda, que nas rochas plutônicas ou intrusivas, devido ao lento resfriamento, as juntas de contração tendem a apresentar grande espaçamento entre si, dando origem a blocos de grandes dimensões; já nas rochas vulcânicas ou extrusivas, de esfriamento relativamente rápido, as juntas de contração apresentam pequeno espaçamento e menor regularidade; sendo a intemperização das rochas um fator responsável por evidenciar as juntas, principalmente a atuação da água, a qual consegue penetrar com maior facilidade ao longo das discontinuidades.

Com relação às fraturas de alívio de pressão, Fernandes e Amaral (1996, p. 149) apontam que:

[ . . . ] estas fraturas tendem a acompanhar a topografia do terreno e a mostrar uma diminuição do espaçamento entre os planos quando se aproxima da superfície. A geometria e a continuidade das fraturas de alívio de tensão nos afloramentos são condicionadas, em muito, pelas características litológicas da rocha. Em geral, quanto mais homogênea for a rocha mais paralelas à superfície e mais contínuas serão as fraturas de alívio geradas (FERNANDES; AMARAL, 1966, p. 149).

Para os autores, o avanço da frente de intemperismo nos maciços rochosos é influenciado diretamente pela presença desse tipo de fratura. Nela, a água infiltrada nas porções mais elevadas do maciço percola lateralmente ao longo dos planos existentes, fazendo com que logo acima da fratura de alívio o material se encontre em estágio mais avançado de alteração, enquanto abaixo dela, a rocha se apresente praticamente sã.



Para Maciel Filho e Nummer (2011) as juntas de alívio de tensão originam-se devido à remoção de camadas sobrejacentes devido ao intemperismo físico, o qual expõe a rocha ao contato com a atmosfera, além de liberar tensões ali existentes. Segundo os autores, devido à liberação de carga sobre a rocha, esta vai se expandir livremente para cima, porém, como estará confinada lateralmente, sofrerá compressão paralela à superfície, criando condições de fraturamento paralelo à superfície, sendo tanto mais intenso, quanto mais próximo da mesma. Já com relação ao deslocamento ou diaclasamento devido à variação de temperatura, este ocorre através do aquecimento e expansão da rocha, gerando um aumento do seu volume no sentido perpendicular à superfície do terreno e, sem sentido paralelo ao terreno, leva à criação de tensões, as quais provocam fraturamento das rochas.

Loczy e Ladeira (1976) apontam que as fraturas de deslocamento são mais notáveis nas zonas superficiais do corpo rochoso, sendo paralelas à topografia, tendendo a se horizontalizar em profundidade e apresentar um espaçamento de poucos centímetros próximo à superfície, tornado-se maior com a profundidade e desaparecendo a dezenas de metros. Os autores ainda apontam que esse tipo de junta não mantém formas muito regulares, podendo haver a fusão de duas em uma só.

## 5 ANÁLISES E RESULTADOS

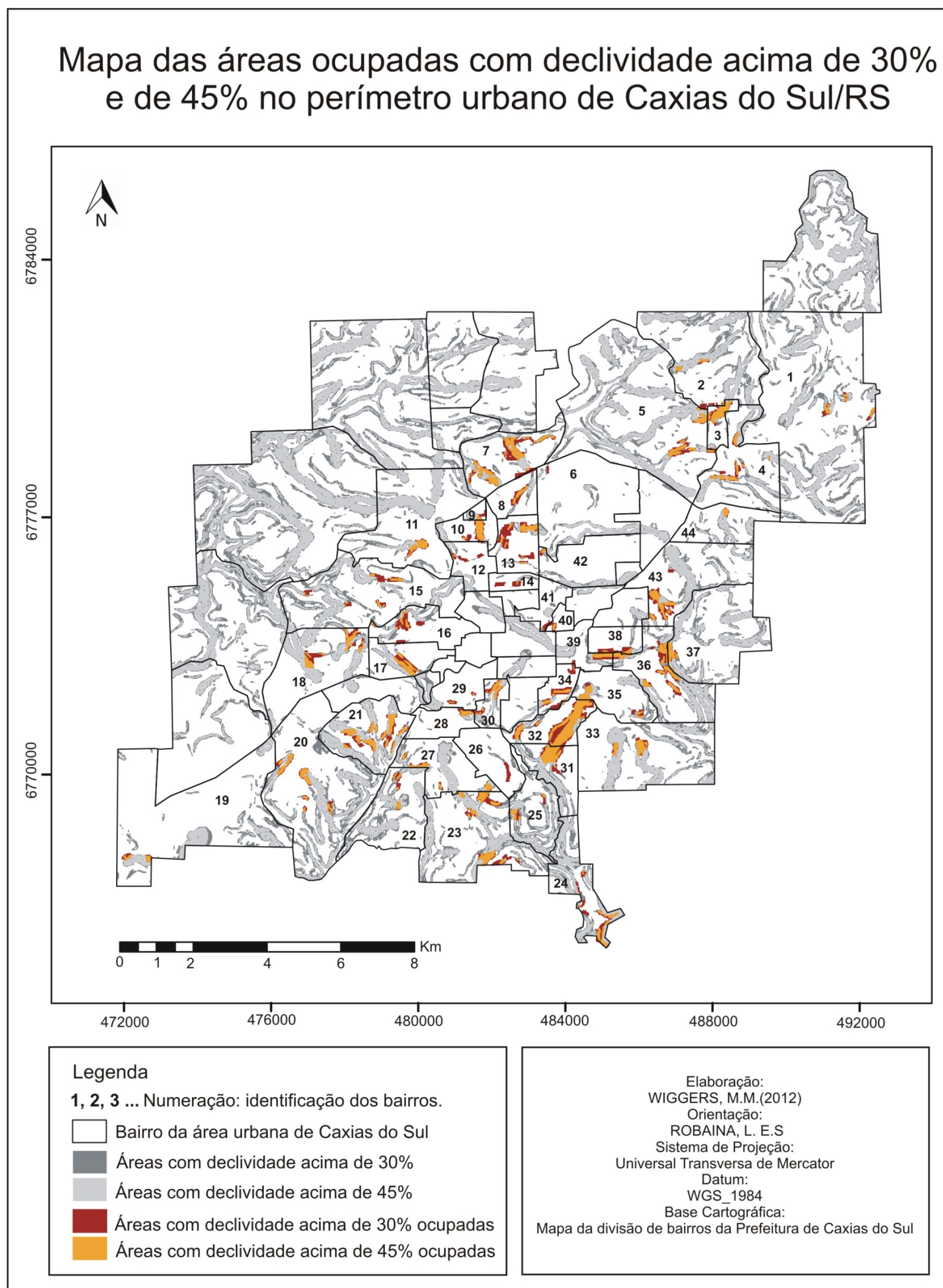
Neste item serão apresentados os mapeamentos gerados ao longo da pesquisa, bem como as análises das situações de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco, que a população da área de estudo está exposta.

### 5.1 Suscetibilidade

A suscetibilidade, como explicado anteriormente, diz respeito às características físicas que contribuem para a deflagração dos movimentos de massa. Para o presente trabalho, o parâmetro escolhido para a determinação da suscetibilidade foi a declividade, com duas situações distintas: declividade acima de 30% e declividade acima de 45%. No entanto, o mapa a seguir (Ilustração 10), além de mostrar as áreas suscetíveis, aponta as áreas suscetíveis ocupadas pela população, as quais foram constituídas em áreas de perigo. Os graus de perigo destas áreas serão analisados a seguir, com base no número de registros de ocorrência, configurando-se nos mapas de perigo do presente trabalho.

O mapa correspondente à ilustração 10 mostra os 44 bairros, dentre os 65 que fazem parte do perímetro urbano de Caxias do Sul, que apresentam áreas suscetíveis ocupadas pela população, sendo eles: Ana Rech (1), Santo Antônio (2), Jardim Eldorado (3), São Cristóvão (4), Serrano (5), Nossa Senhora do Rosário (6), Santa Fé (7), Centenário (8), Pôr-do-sol (9), Pioneiro (10), Nossa Senhora da Saúde (11), São José (12), Nossa Senhora de Fátima (13), Universitário (14), Santa Catarina (15), Marechal Floriano (16), Cinquentenário (17), Cidade Nova (18), Forqueta (19), Desvio Rizzo (20), Charqueadas (21), São Caetano (22), Nossa Senhora das Graças (23), Galópolis (24), Santa Corona (25), Salgado Filho (26), Esplanada (27), Kayser (28), Rio Branco (29), São Leopoldo (30), São Victor Cohab (31), Planalto (32), São Virgílio (33), Cristo Redentor (34), Bela Vista (35), Cruzeiro (36), São Luiz (37), Petrópolis (38), Nossa Senhora de Lourdes (39), Jardelino Ramos (40), Jardim América (41), Interlagos (42), Diamantino (43) e Jardim das Hortências (44).

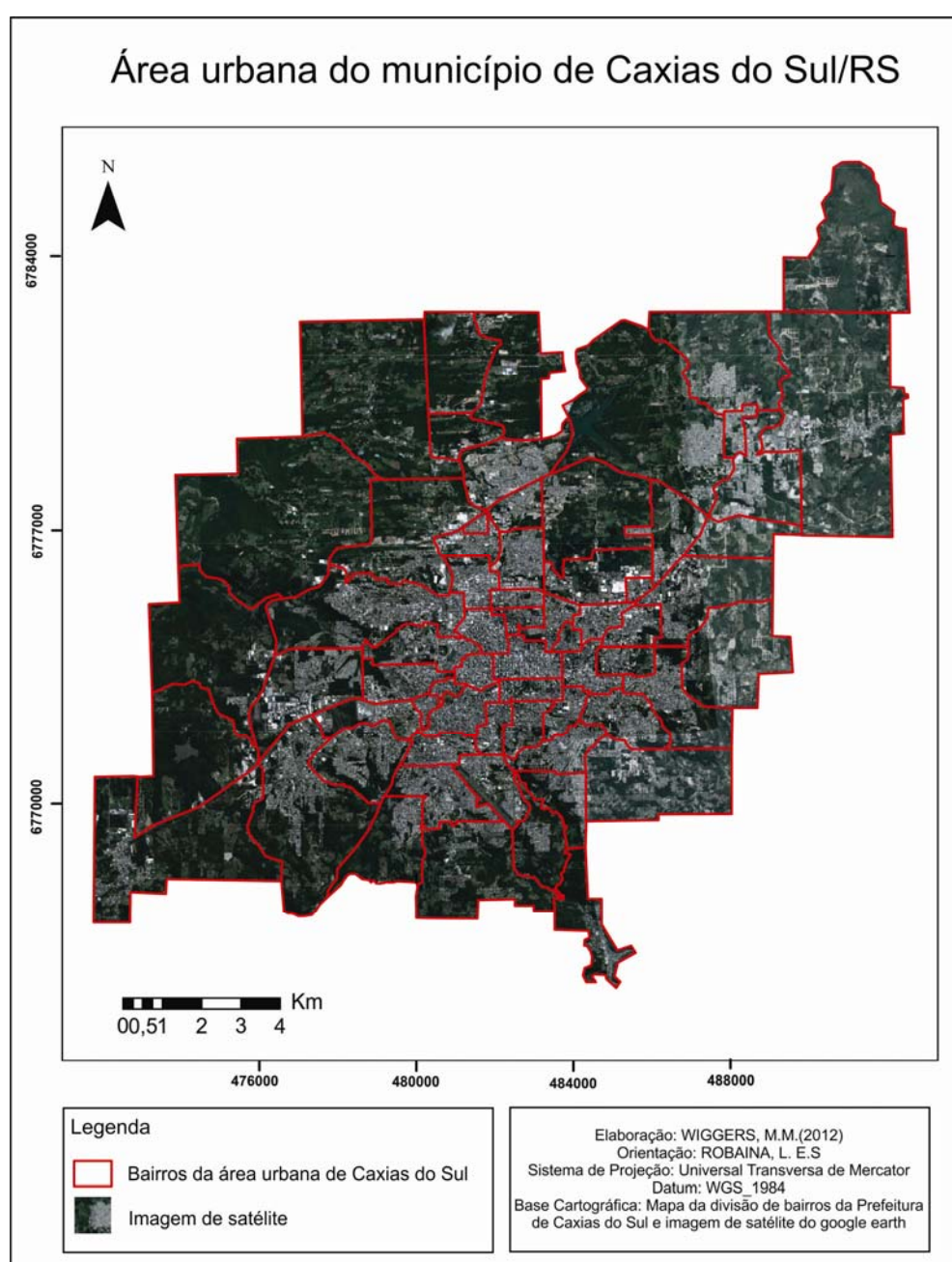
Ilustração 10 - Mapa da ocupação em áreas suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa nos bairros do perímetro urbano de Caxias do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que os bairros que se localizam nos limites norte e oeste do perímetro urbano são os que apresentam menor ocupação de áreas suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa. Estes bairros, apesar de constarem como área urbana pela delimitação da prefeitura municipal, ainda apresentam inúmeras áreas com vegetação preservada, ocupações menos concentradas e muitas vezes com características rurais. Este fato pode ser observado através da análise da imagem de satélite do perímetro urbano de Caxias do Sul, conforme ilustração 11.

Ilustração 11- Perímetro urbano de Caxias do Sul.



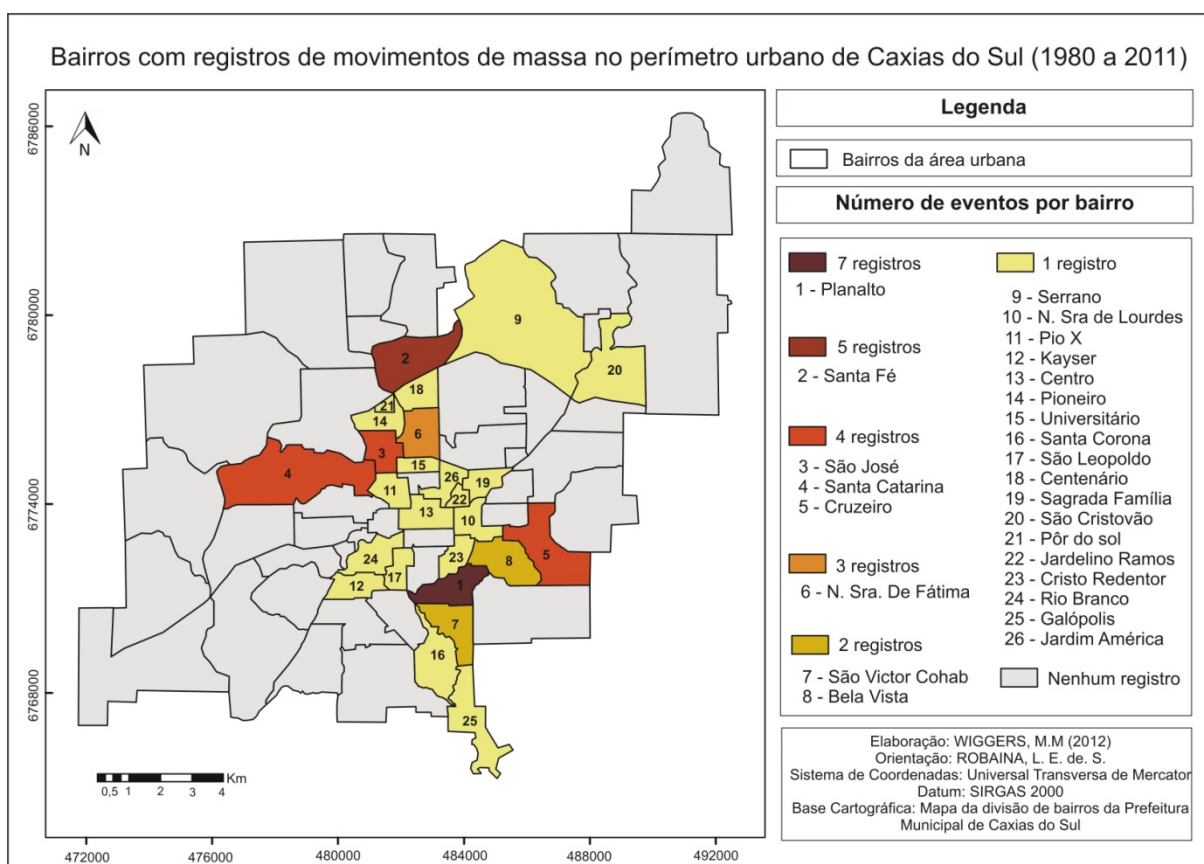
Fonte: Elaborado pela autora.

Caso o poder público não realize um acompanhamento do processo de expansão urbana para estes bairros, através de um planejamento que leve em consideração os processos relacionados à dinâmica das vertentes, futuramente poderá aumentar o número de áreas suscetíveis ocupadas nestes bairros, bem como o surgimento das primeiras áreas de risco nos bairros onde elas ainda não foram diagnosticadas.

## 5.2 Inventário de Ocorrências

O inventário de ocorrências abrangeu os anos de 1980 a 2011. Período no qual foram registradas 49 ocorrências em 26 dos 65 bairros do perímetro urbano do município de Caxias do Sul (Em anexo dados referentes ao mês e ano de ocorrência de cada evento). O mapa dos registros de ocorrências é apresentado na ilustração 12:

Ilustração 12 - Mapa dos registros de ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim como na distribuição das áreas suscetíveis ocupadas pela população, os bairros limítrofes do perímetro urbano foram os que registraram menor número de eventos. A maioria deles não apresentou nenhum evento.

O bairro que mais registrou ocorrências foi o bairro Planalto, com sete registros. Seguido do bairro Santa Fé, com cinco registros. Ambos apresentam os maiores números de ocorrências devido à combinação de inúmeros locais de declividade elevada ocupados por uma população que apresenta em sua grande maioria vulnerabilidade muito alta e alta. Este fato pode ser verificado na ilustração 23, em que há visibilidade do mapa com os graus de vulnerabilidade da população em áreas de perigo a ocorrência de movimentos de massa em Caxias do Sul. Com relação aos bairros que apresentam quatro registros de movimentos de massa estão São José, Santa Catarina e Cruzeiro. O bairro Nossa Senhora de Fátima apresentou três registros. São Victor Cohab e Bela Vista, limítrofes ao bairro Planalto, apresentam dois registros cada. Os demais bairros apresentam um ou nenhum registro para o período analisado.

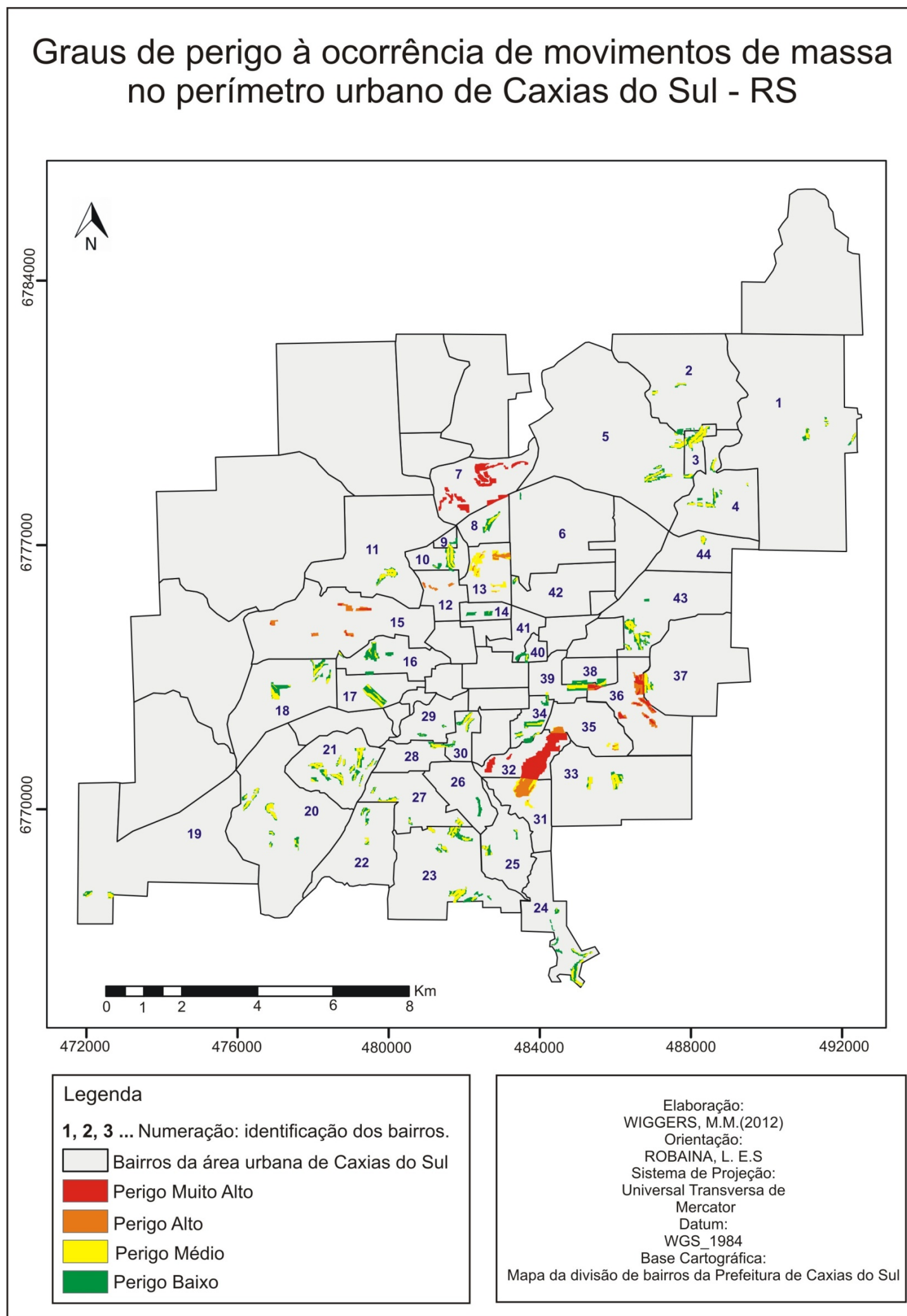
### **5.3 Perigo**

O perigo diz respeito a ocupação de áreas suscetíveis a fenômenos naturais da dinâmica superficial, neste caso os movimentos de massa. Essas áreas, quando habitadas, oferecem condições potenciais ou reais de perdas e danos econômicos e sociais.

Os graus de perigo na presente pesquisas foram atribuídos através da análise de dois fatores, declividade e histórico de ocorrência de registros, ambos apresentados anteriormente, originando o mapa com os graus de perigo à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul, conforme a ilustração 13.

Os bairros que apresentam áreas com perigo muito alto são: Santa Fé (7), São José (12), Santa Catarina (15), Planalto (32) e Cruzeiro (36). Já os bairros que apresentam áreas de perigo alto são: São José (12), Nossa Senhora de Fátima (13), Santa Catarina (15), São Victor Cohab (31), Bela Vista (35) e Cruzeiro (36).

Ilustração 13 - Mapa dos graus de perigo à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora.

No subitem a seguir serão detalhadas algumas situações de perigo encontradas nos bairros do perímetro urbano de Caxias do Sul. A partir das fotografias obtidas em campo ou cedidas pela Prefeitura Municipal foram desenhados croquis com a intenção de demonstrar a situação inicial da encosta, as alterações realizadas, como cortes para a implantação das moradias, e o resultado desta ocupação, a qual seria a situação atual, representada pela referida fotografia.

### ***5.3.1 Situações de Perigo em Caxias do Sul***

As ocorrências de movimentos de massa em Caxias do Sul estão ligadas à forma de ocupação e modificação das encostas pela ação antrópica. Observa-se o predomínio da ocupação nas vertentes côncavas, devido à concentração dos fluxos de água que diminui a resistência da rocha, tornando mais fácil a realização de cortes para a construção. Já as vertentes convexas, por apresentarem muitas vezes a rocha ainda pouco alterada pelos processos de intemperismo e erosão, não apresentam uma ocupação tão expressiva e adensada.

O perigo é agravado quando as ocupações se dão sobre material coluvionar, composto por fragmentos de solo e rocha bastante heterogêneos e de fácil desestabilização. Devido às características geológicas do município, a presença dos diaclasamentos horizontais e verticais gera inúmeras situações envolvendo possibilidade de deslocamento e quedas de blocos rochosos. As fraturas comumente encontradas no material rochoso funcionam como frentes de intemperismo, propiciando a infiltração da água e a consequente alteração das rochas. Por fim, a vegetação de grande porte, isolada entre as moradias, causa peso sobre os taludes já instáveis, contribuindo para o agravamento do perigo. As figuras a seguir ilustram situações de perigo envolvendo estes fatores.

Conforme demonstra a ilustração 14, as situações de perigo encontram-se predominantemente em encostas de declividade média a acentuada, ocupadas de forma inadequada, através de cortes localizados nos fundos e laterais das moradias. Observa-se também nesta situação a formação de patamares e exposição de blocos rochosos e, em alguns casos, a presença de vegetação de médio à grande porte entre as moradias.



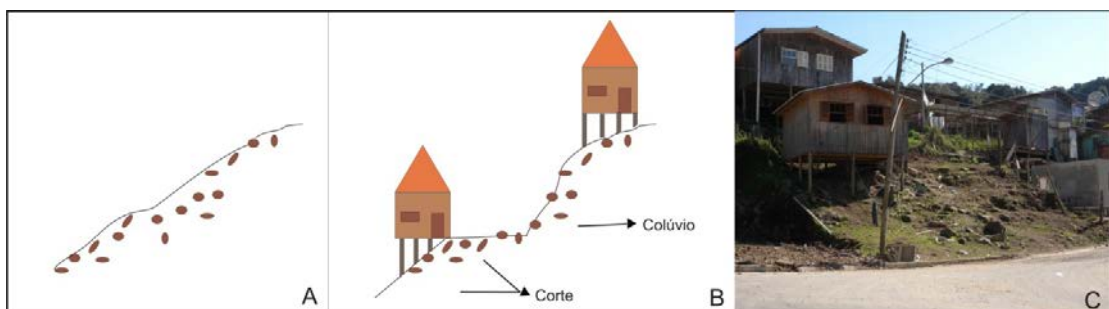
Ilustração 14 - Ocupação de encosta nos bairros Nossa Senhora de Fátima (A) e Pioneiro (B).



Fonte: Acervo pessoal da autora.

A ilustração 15 (A) caracteriza uma encosta, declivosa e com presença de colúvio, ocupada por moradias (Ilustração 15B). Na situação ilustrativa (Ilustração 15C), observa-se que as casas são construídas sobre estruturas de pilotis, as quais permitem menor modificação da vertente, se comparado com a realização de cortes e aterros para a construção. Apesar da existência de pilotis; aponta-se, no entanto, a presença de um patamar formado por corte atrás da moradia em primeiro plano e o material coluvionar, o qual não apresenta boas condições de estabilidade para servir de base aos pilotis. Observa-se também a vulnerabilidade da comunidade local. O bairro Cidade Nova constitui um dos bairros de ocupação mais recente no perímetro urbano de Caxias do Sul, ainda não registrando eventos de movimentos de massa, segundo inventário realizado no presente trabalho. No entanto já é possível observar a proliferação de moradias com infraestrutura inadequada diante da conformidade do terreno, oferecendo perigo à população residente.

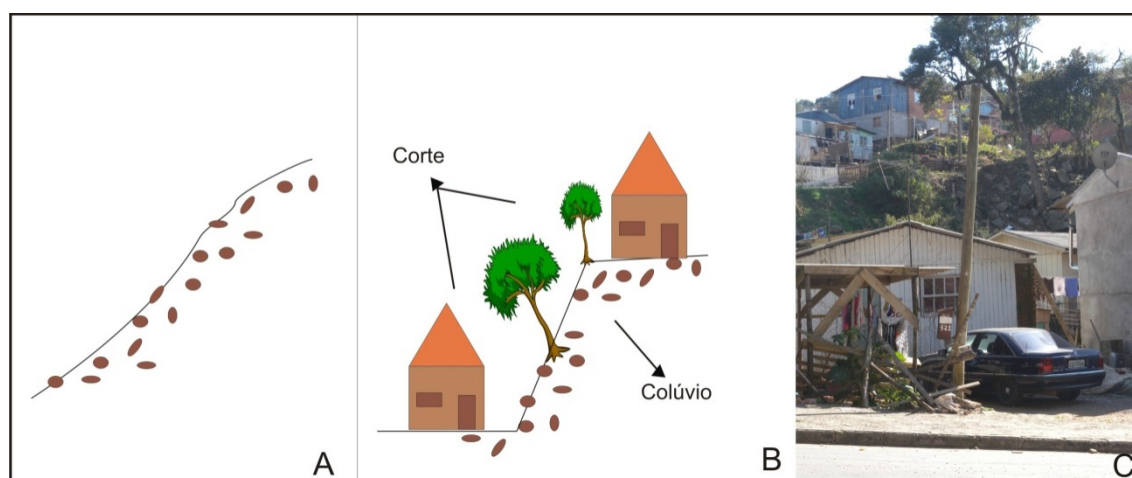
Ilustração 15 - Ocupação de encosta no bairro Cidade Nova.



Fonte: Acervo pessoal da autora.

Outra situação de corte com posterior ocupação comumente observadas no município é representada na ilustração 16. Neste caso a imagem ilustrativa desse tipo de situação é novamente uma fotografia do bairro Cidade Nova. No entanto, ao contrário do observado na ilustração 15, não são utilizados os pilotis, necessitando-se de maiores intervenções (cortes e aterros para aplainar o terreno) antes da construção das moradias. Observa-se ainda a grande declividade do paredão rochoso atrás das moradias em primeiro plano, situação de perigo agravada pela presença da vegetação de grande porte próxima às residências, as quais podem cair sobre as moradias em situação de chuva ou vento forte. Observa-se ainda, que uma das árvores já se encontra inclinada, apontando a existência de movimentos lentos do solo. Expõe-se ainda a maior densidade de habitações, se comparada com a situação anterior, visto que algumas das moradias apresentam mais de um andar, fato que associado à declividade, a presença de material coluvionar e vegetação em condições de instabilidade constituem situação de perigo à população.

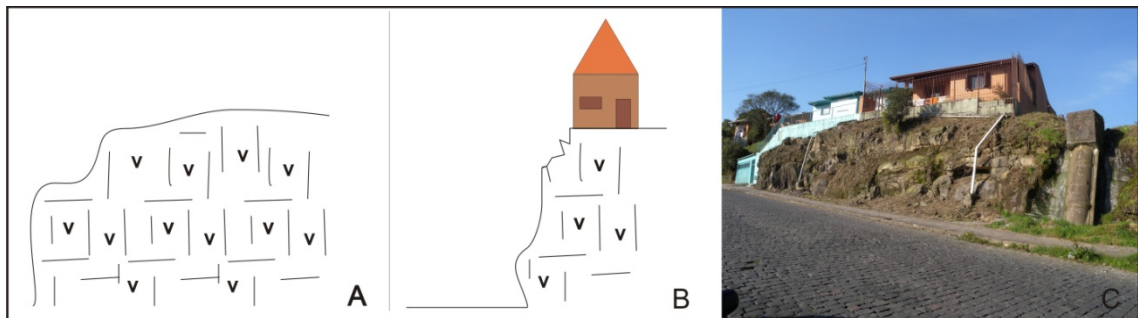
Ilustração 16 - Presença de material coluvionar e vegetação de grande porte entre as moradias no Bairro Cidade Nova.



Fonte: Acervo pessoal da autora.

Outra situação de perigo tipicamente encontrada na área de estudo são as construções sobre os taludes rochosos ou no sopé dos mesmos, com exposição de colunas e blocos rochosos, caracterizando uma situação de instabilidade para as moradias sobre o talude e de perigo de quedas e tombamentos para as moradias abaixo. Na ilustração 17 é possível observar uma situação de ocupação deste tipo de talude, no bairro Nossa Senhora de Fátima.

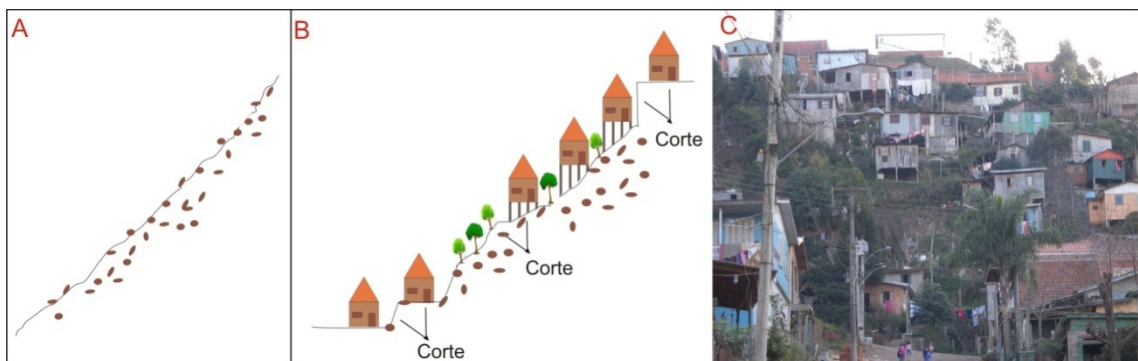
Ilustração 17 - Ocupação de encosta no bairro Nossa Senhora de Fátima.



Fonte: Acervo pessoal da autora.

Na ilustração 18 apresenta-se uma situação de grande número de patamares formados na encosta, através da realização de cortes, intercalados com áreas onde a declividade natural foi menos alterada, devido às construções que utilizaram palafita. Observa-se novamente a presença da vegetação de grande porte entre as moradias e de depósitos de colúvio. Com relação a estes depósitos, aponta-se que processos erosivos provocados pela água e induzidos pelos cortes que expõem ainda mais os blocos rochosos, podem provocar o descalçamento dos mesmos, causando rolamento ou queda.

Ilustração 18 - Ocupação de encosta no bairro Santa Fé.

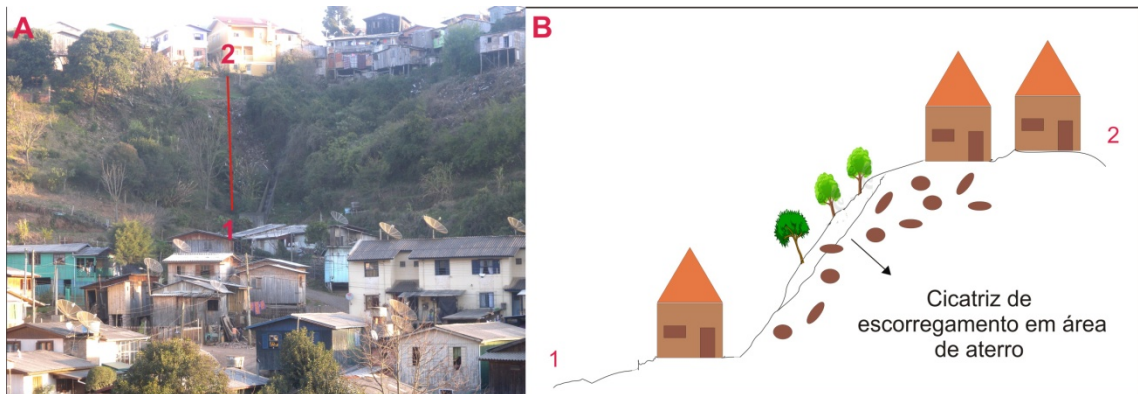


Fonte: Acervo pessoal da autora.

Na ilustração 19, observa-se uma cicatriz de escorregamento em área de aterro realizado com resíduos sólidos. O despejo destes materiais em algumas encostas gera uma situação de perigo para as moradias logo abaixo da mesma. Além da suscetibilidade aos movimentos de massa gerada pela própria inclinação do talude e pela presença de alguns blocos instáveis, a ação humana refletida no despejo de lixo, que se caracteriza por ser um material heterogêneo e de comportamento geotécnico bastante instável, atua no aumento do peso sobre a encosta, ajudando a deflagrar a ocorrência de movimentos. Por fim, o lançamento de água servida das

casas sobre a encosta também contribui para a desestabilização da mesma e para a ocorrência de movimentos de massa que podem afetar tanto a base destas moradias, quanto as moradias que se encontram logo abaixo.

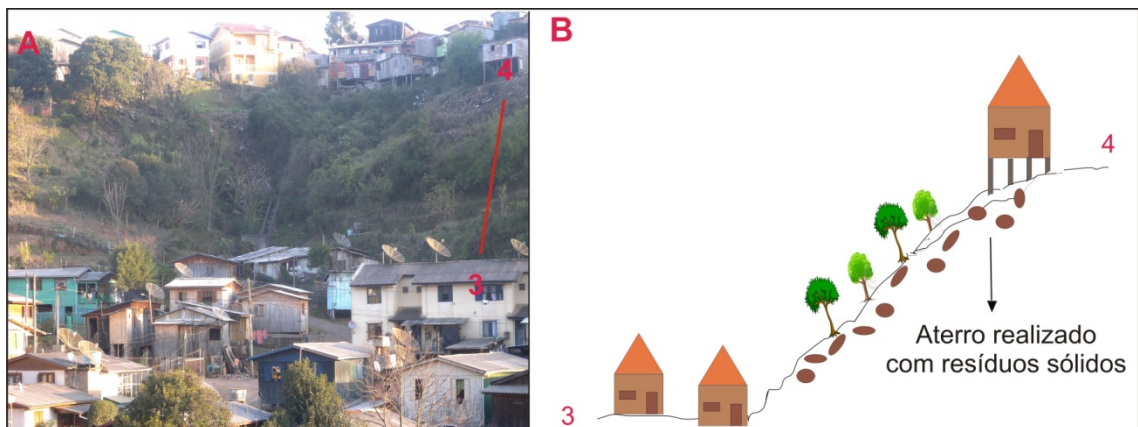
Ilustração 19 - Cicatriz de escorregamento no bairro Santa Fé.



Fonte: Acervo pessoal da autora.

Além do problema gerado para as casas abaixo da encosta, observa-se algumas situações em que as moradias são construídas sobre estes aterros bastante instáveis, como é demonstrado na ilustração 20.

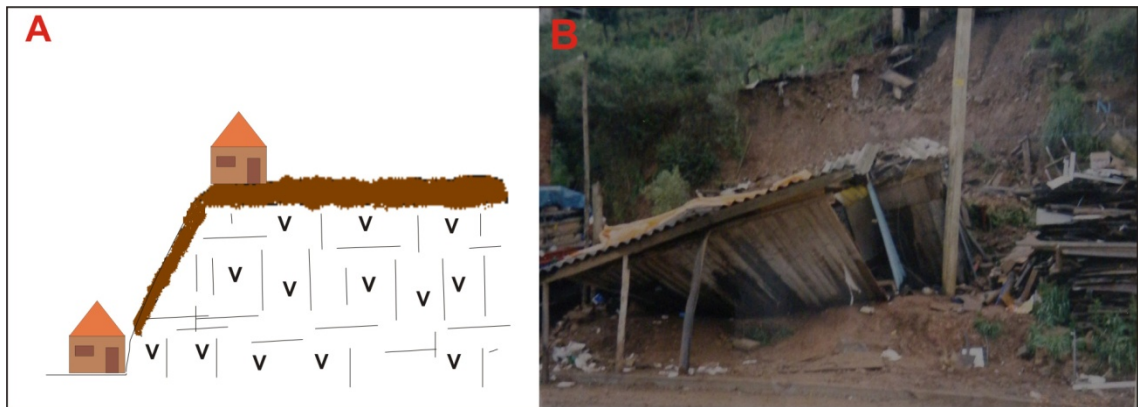
Ilustração 20 - Ocupação sobre área de aterro no bairro Santa Fé



Fonte: Acervo pessoal da autora.

Outras situações de perigo encontradas na área de estudo são relacionadas a escorregamento de solos superficial pela ação de fluxo de água concentrado entre o contato do solo e rocha (Ilustração 21).

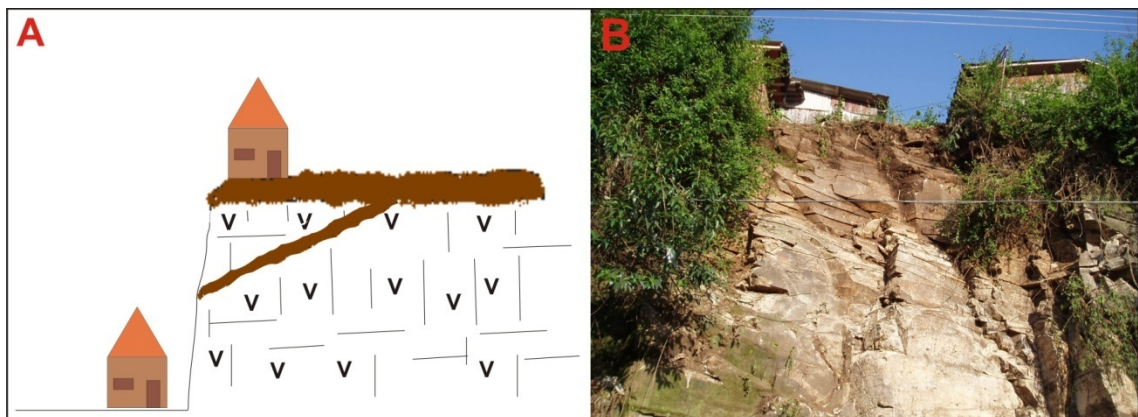
Ilustração 21- Contato solo – rocha (A) e um escorregamento em talude com esta condição



Fonte: WIGGERS, M.M, 2012; PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL, 2000.

Em outras situações, observa-se a ocorrência de frações argilosas, preenchendo as fraturas e aumentando a instabilidade do talude. A ilustração 22 exemplifica um dos papéis das diáclases na ocorrência de eventos.

Ilustração 22 - Fratura preenchida com material argiloso, configurando-se como uma situação de suscetibilidade de ocorrência de movimento de massa.



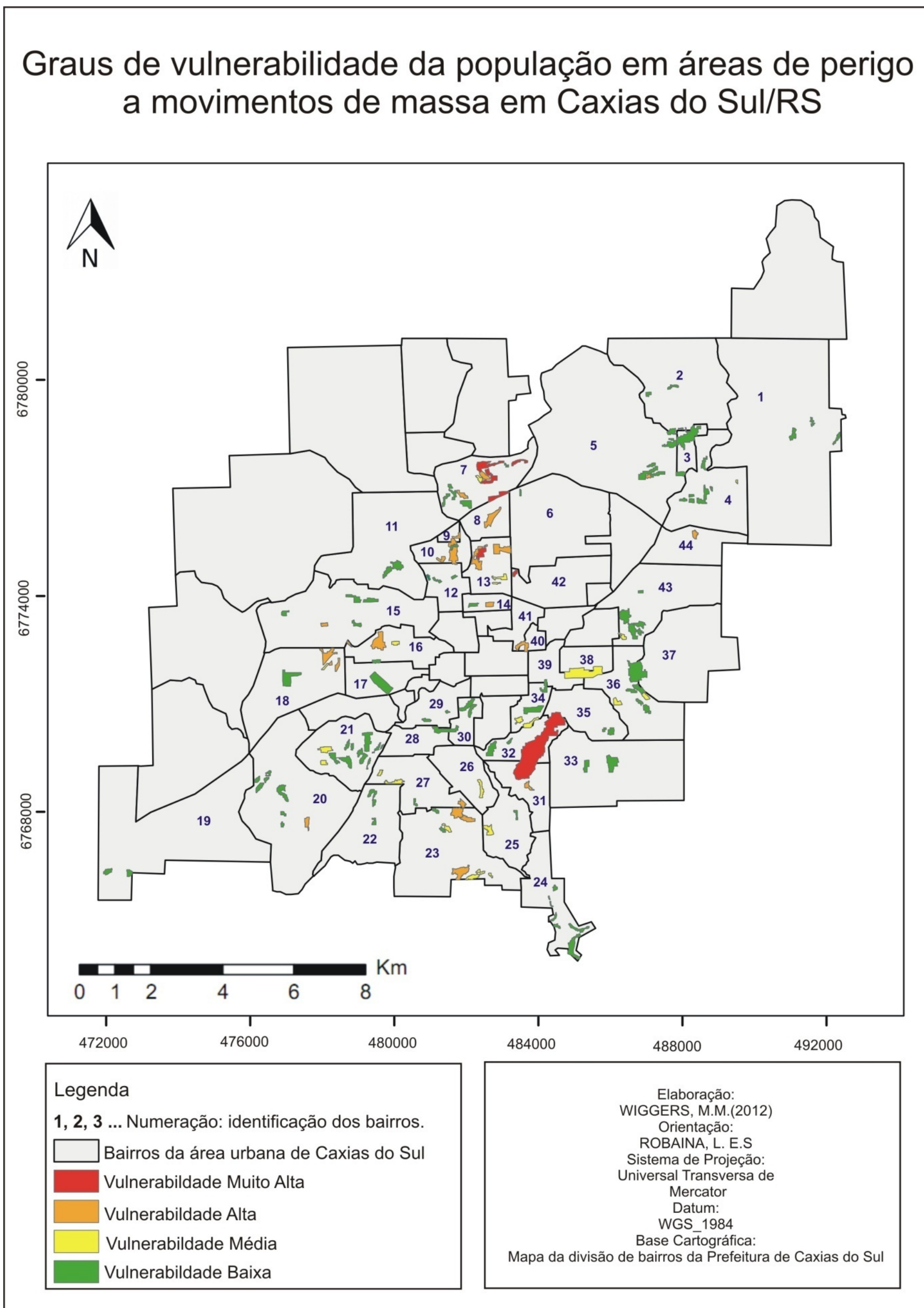
Fonte: Acervo pessoal da autora.

## 5.4 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade levou em consideração o padrão construtivo das moradias e o seu adensamento. Conforme mapa da ilustração 23, os bairros que apresentam áreas com vulnerabilidade muito alta são: Santa Fé (7), Nossa Senhora de Fátima (13), São Victor Cohab (31), Planalto (32), Bela Vista (35) e Interlagos (42). Nestas áreas as moradias apresentam adensamento alto a muito alto e padrão construtivo baixo a muito baixo.

Já os bairros que apresentam áreas com vulnerabilidade alta são: Serrano (5), Santa Fé (7), Centenário (8), Pôr-do-sol (9), Pioneiro (10), Nossa Senhora de Fátima (13), Universitário (14), Santa Catarina (15), Marechal Floriano (16), Cidade Nova (18), Desvio Rizzo (20), Nossa Senhora das Graças (23), Esplanada (27), São Victor Cohab (31), Jardelino Ramos (40), Jardim América (41) e Jardim das Hortências (44). Nestas áreas as moradias apresentam adensamento médio a alto e padrão construtivo baixo a muito baixo.

Ilustração 23 - Mapa dos graus de vulnerabilidade da população residente em áreas de perigo à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora.

Com relação aos bairros que apresentam áreas com vulnerabilidade muito alta, os bairros Santa Fé, Planalto, São Victor Cohab e Bela Vista (estes três últimos com áreas contíguas) são caracterizados pela existência de expressivas áreas ocupadas por moradias de padrão construtivo muito baixo e com adensamento elevado sobre terrenos declivosos que exigiriam técnicas construtivas mais adequadas, além de um espaçamento maior entre as moradias.

As áreas de vulnerabilidade muito alta dos bairros Planalto, São Victor Cohab e Bela Vista apresentam padrão construtivo muito baixo e adensamento alto. Já as áreas de vulnerabilidade muito alta do bairro Santa Fé apresentam duas situações: padrão construtivo muito baixo com adensamento alto e padrão construtivo baixo com adensamento muito alto.

A ocupação no bairro Nossa Senhora de Fátima pode ser vista da rodovia RS 122. A área com vulnerabilidade muito alta, marcada por um padrão construtivo muito baixo e adensamento muito alto, é circundada por uma grande área de vulnerabilidade alta, a qual apresenta padrão construtivo baixo e adensamento alto.

Dos bairros com vulnerabilidade muito alta, o bairro Interlagos é o que apresenta áreas com extensões menores se comparado aos bairros anteriormente mencionados. A área apresenta baixo padrão construtivo e adensamento muito alto.

A ilustração 24 demonstra situações de vulnerabilidade muito alta, a qual é caracterizada por residências bastante pequenas e mal espaçadas entre si (Ilustração 24 A), desenhos das quadras bastante irregulares, predominando ruas sem asfaltamento e sem rede de esgoto. (Ilustração 24 B). A pequena capacidade econômica para realizar intervenções nas residências, como fundações mais seguras e infraestruturas de contenção, também aumentam a vulnerabilidade local.

Ilustração 24 - Bairros Nossa Senhora de Fátima (A) e Santa Fé (B), situações de vulnerabilidade muito alta.



Fonte: Acervo pessoal da autora.



Analisando a vulnerabilidade conjuntamente com a distribuição dos registros de ocorrências, apresentada anteriormente no mapa da ilustração 12, é possível verificar a relação destes fatores. Foi possível verificar que a vulnerabilidade é importante no aumento dos riscos de ocorrências de movimentos de massa, visto que a alta densidade, os baixos padrões construtivos e a baixa capacidade de intervenção da população nas suas próprias condições de vida, fazem com que a probabilidade de ocorrências de eventos seja maior. Este fato pode ser observado através dos exemplos dos bairros Planalto e Santa Fé, os que possuem maiores registros de ocorrências de movimentos de massa. Ambos apresentam a combinação de inúmeras áreas de declividade elevada ocupadas por uma população que apresenta em sua grande maioria vulnerabilidade alta a muito alta.

No entanto, mesmo em áreas que apresentam situações de vulnerabilidade média a baixa, formas de ocupação inadequadas, com geração de corte muito próximos a moradias, construção sobre ou abaixo de depósitos coluvionares, a exposição de blocos rochosos e a existência de vegetação de grande porte isolada entre as residências gera situações perigosas que contribuem com a deflagração dos movimentos.

## **5.5 Risco**

O risco é resultado não só da análise conjunta da ocupação em áreas de declividade acima dos valores estabelecidos para uma ocupação segura, como também dos registros de ocorrências de movimentos de massa nos bairros onde estas áreas foram identificadas e da vulnerabilidade da população ocupante. Dessa forma, os mapas de risco expressam a relação entre um sistema físico, com características suscetíveis à ocorrência de eventos, e a forma de ocupação do espaço pela sociedade através de transformações, modificando as condições naturais e agravando, muitas vezes, situações de perigo já existentes.

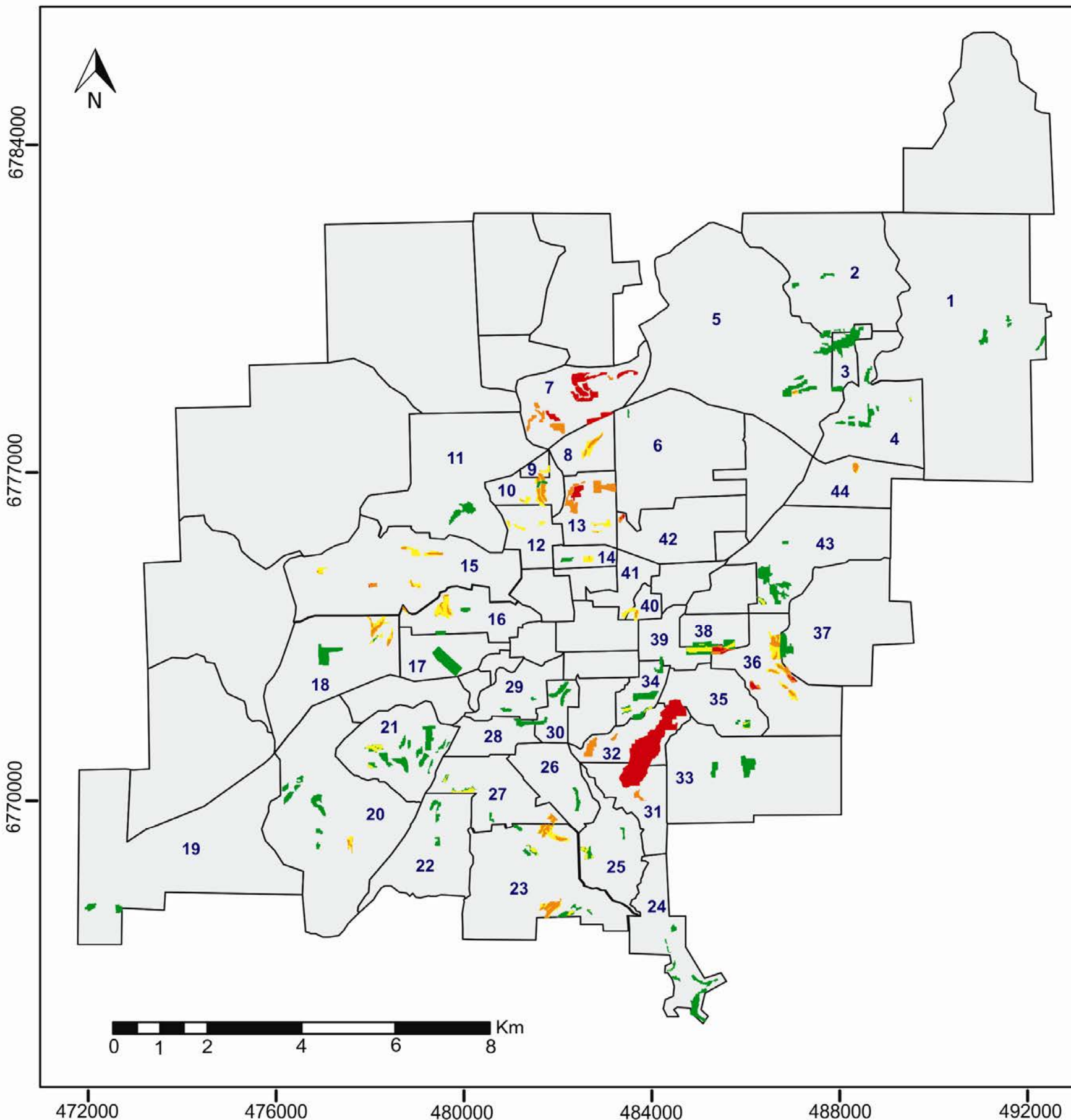
Aponta-se que as áreas identificadas como de risco muito alto são, em sua maioria, aquelas áreas declivosas ocupadas pela população mais vulnerável, que não possui condições financeiras de residir em áreas mais seguras ou de garantir melhor infraestrutura para suas residências. Este dado pode ser observado nos inúmeros registros fotográficos ao longo do trabalho.

Conforme mapa da ilustração 25, os bairros que possuem áreas de risco muito alto são: Santa Fé (7), Nossa Senhora de Fátima (13), Santa Catarina (15), São Victor Cohab (31), Planalto (32), Bela Vista (35), Cruzeiro (36) e Interlagos (42).

Já os bairros que apresentam áreas de risco alto são: Serrano (5), Santa Fé (7), Centenário (8), Pôr-do-sol (9), Pioneiro (10), São José (12), Nossa Senhora de Fátima (13), Universitário (14), Santa Catarina (15), Marechal Floriano (16), Cidade Nova (18), Desvio Rizzo (20), Nossa Senhora das Graças (23), Esplanada (27), São Victor Cohab (31), Planalto (32), Cruzeiro (36), Jardelino Ramos (40) e Jardim das Hortências (44).

Ilustração 25 - Mapa dos graus de risco à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul.

## Graus de risco à ocorrência de movimentos de massa no perímetro urbano de Caxias do Sul - RS



**Legenda**

**1, 2, 3 ...** Numeração: identificação dos bairros.

□ Bairros da área urbana de Caxias do Sul

■ Risco Muito Alto

■ Risco Alto

■ Risco Médio

■ Risco Baixo

Elaboração:  
WIGGERS, M.M.(2012)

Orientação:  
ROBAINA, L. E.S

Sistema de Projeção:  
Universal Transversa de Mercator

Datum:  
WGS\_1984

Base Cartográfica:  
Mapa da divisão de bairros da Prefeitura de Caxias do Sul

Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir as áreas de risco muito alto serão analisadas de forma detalhada, através de mapas individuais e fotografias ilustrativas com as formas de ocupação da população nestas áreas.

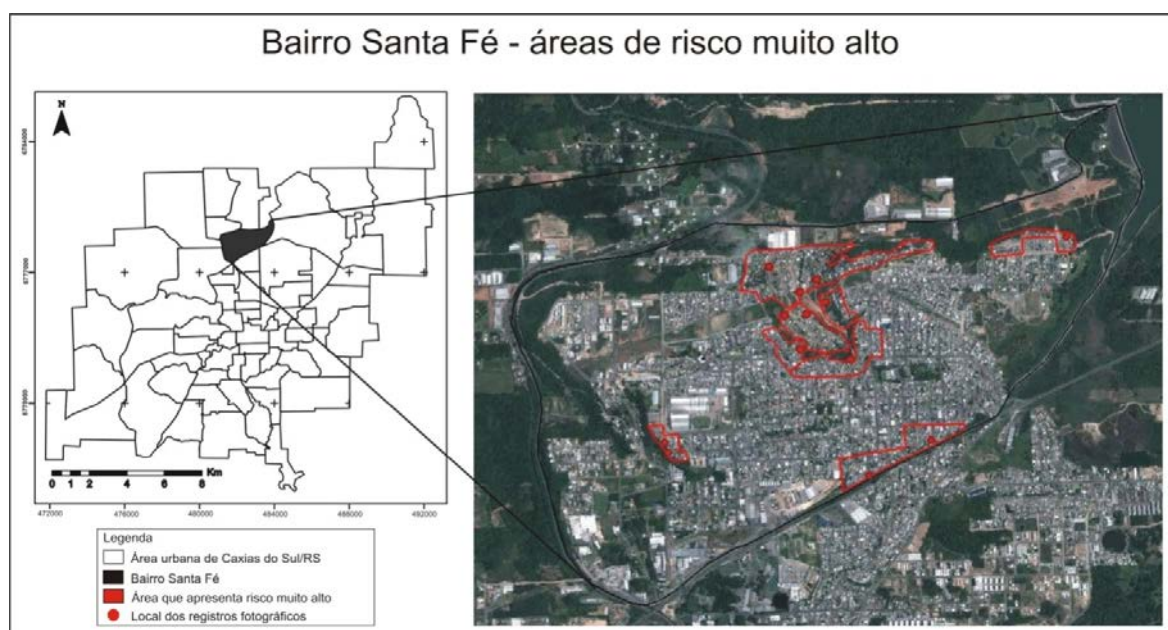
### 5.5.1 Análise dos bairros que apresentam áreas de risco muito alto

Os bairros que apresentam áreas de risco muito alto são Santa Fé, com oito áreas, Cruzeiro com três áreas, os bairros Nossa Senhora de Fátima, Interlagos e Santa Catarina, cada um com uma área de risco muito alto, e os bairros São Victor Cohab, Planalto e Bela Vista, os quais apresentam uma área contígua ao seus territórios.

#### a) Bairro Santa Fé

O bairro Santa Fé, mostrado em detalhe na ilustração 26, é o que apresenta o maior número de áreas de risco muito alto. Este fato relaciona-se com a existência de inúmeras áreas declivosas ocupadas pela população com elevada vulnerabilidade, além de ser o segundo bairro que mais apresentou registros de movimentos de massa entre os anos de 1980 a 2011. O bairro ainda apresenta dois assentamentos subnormais que se sobrepõem a estas áreas, conforme será abordado a seguir. Cada uma dessas áreas de risco do bairro será analisada de forma individual, sendo identificadas através das letras A, B, C, D, E, F, G e H.

Ilustração 26 - Áreas de risco muito alto no Bairro Santa Fé.



Fonte: Elaborado pela autora.

A área de risco muito alto identificada como área A (Ilustração 27) é caracterizada por apresentar moradias com padrões construtivos baixos a muito baixos e adensamento alto. Algumas moradias, como é possível observar nas imagens do ponto 01, encontram-se muito próximas a áreas bastante íngremes, além de apresentarem nas proximidades depósitos de lixo, principalmente material de construção. Devido à presença de vegetação nas áreas limítrofes a esta área de risco, aponta-se a possibilidade de expansão da ocupação para estes locais, os quais possuem declividade elevada.

Ilustração 27 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé - área A

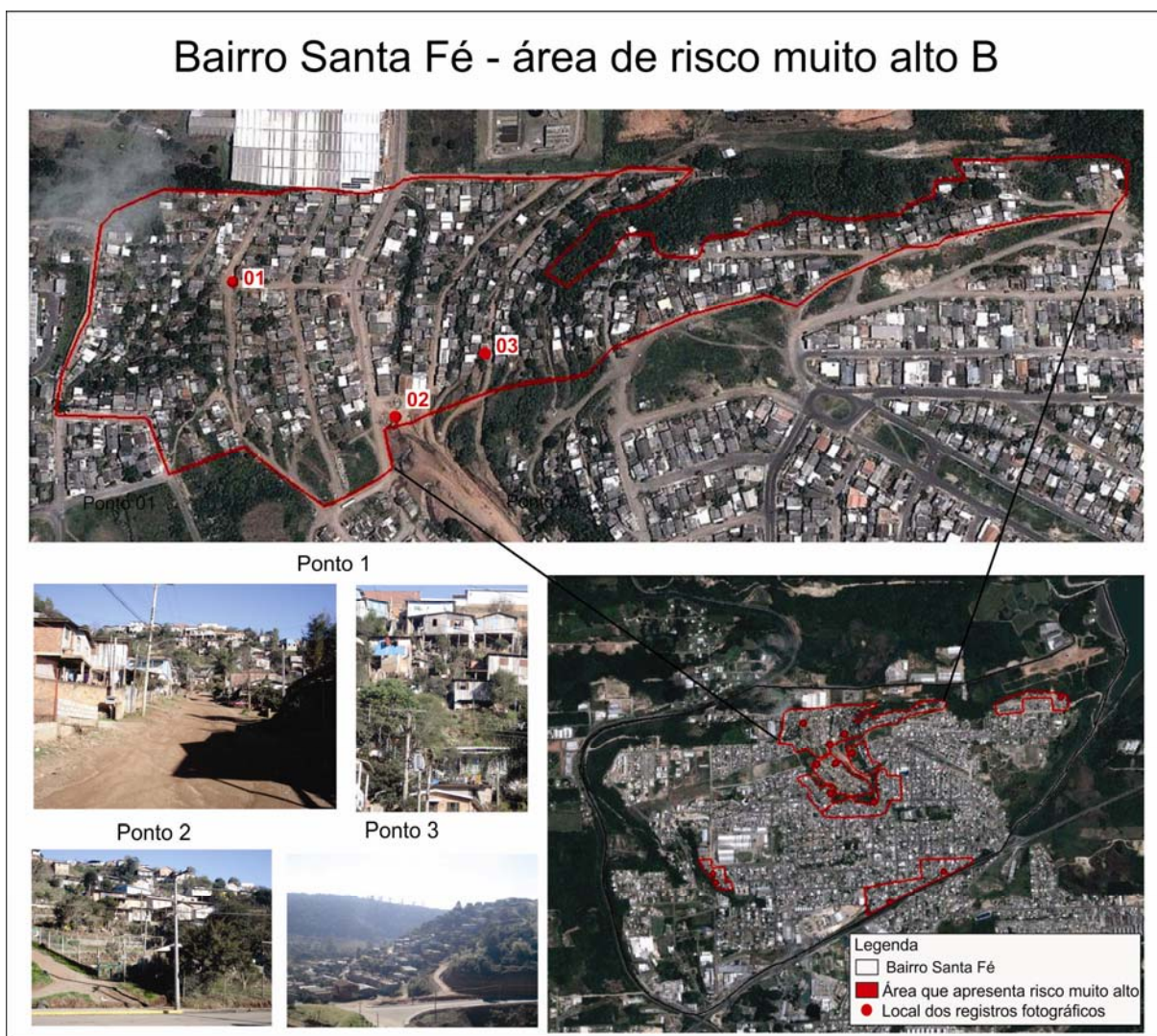


Fonte: Elaborado pela autora.

A área B (Ilustração 28) apresenta padrão construtivo muito baixo e adensamento alto. As ruas e quadras são bastante irregulares. É possível observar nas imagens dos pontos 01, 02 e 03 a forma de ocupação da área: moradias subindo as encostas, muitas vezes construídas sobre os pilotis, tendo a presença de vegetação de médio a grande porte, que pode causar acidentes isolados.

Aponta-se a presença de uma área verde, ainda não ocupada no norte desta área de risco, que já apresenta alguns pontos de desmatamento em formato de terrenos, indicando a expansão das moradias para este local.

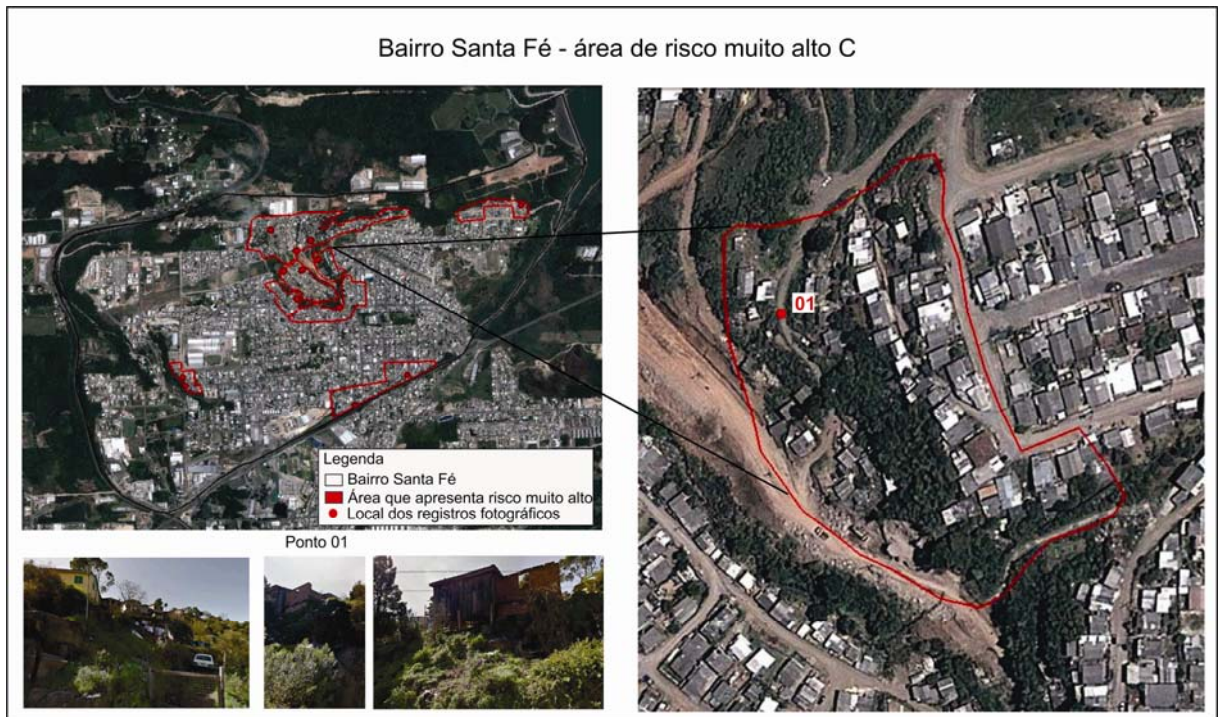
Ilustração 28 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé - área B.



Fonte: Elaborado pela autora.

A área de risco identificada como C (Ilustração 29) apresenta padrão construtivo baixo a muito baixo e adensamento muito alto. Esta área é caracterizada pela grande irregularidade das vias públicas e presença de áreas muito íngremes nos fundos das moradias. Destaca-se a presença de área ainda vegetada no centro desta área de risco, local que apresenta elevada declividade e grande probabilidade de ocorrência de acidentes caso seja ocupado. Nas imagens do ponto 01 é possível observar algumas situações onde as moradias encontram-se bastante próximas de cortes realizados nos terrenos. Constata-se ainda a presença de material coluvionar e de colunas de rochas fraturadas.

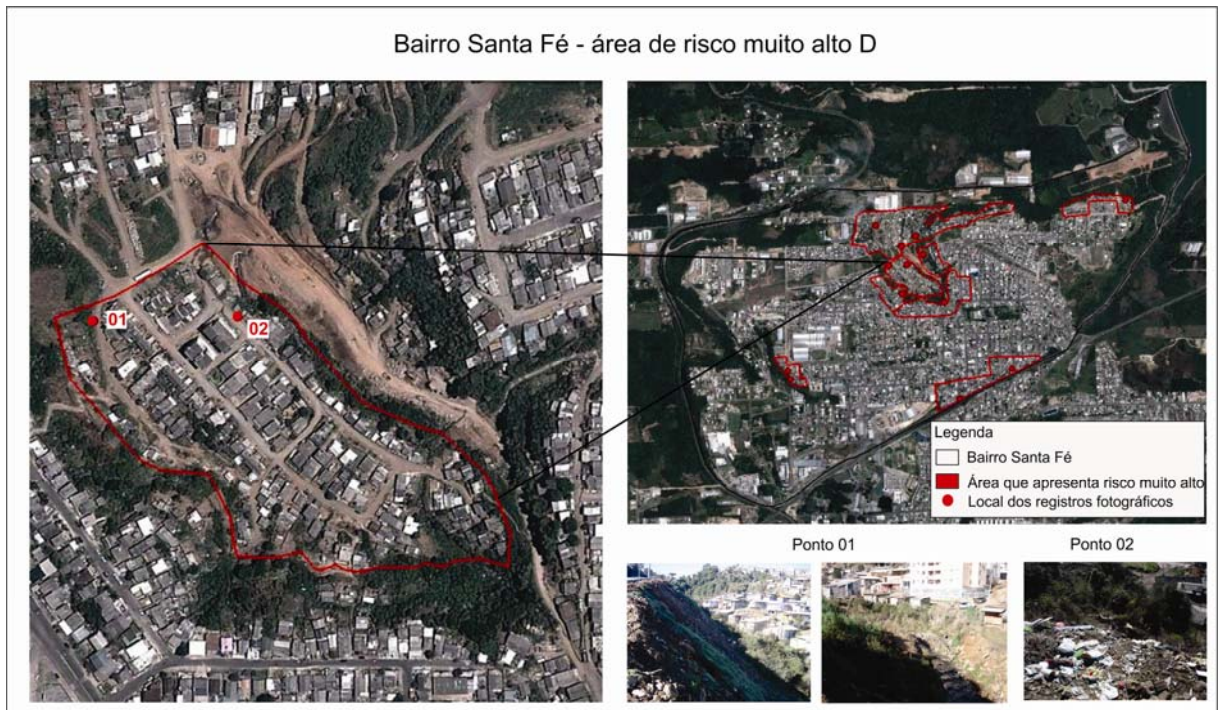
Ilustração 29 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – área C



Fonte: Elaborado pela autora.

Na área D (Ilustração 30), observa-se padrão construtivo baixo e adensamento médio a alto. Algumas situações possíveis de serem apontadas no local, conforme imagens do ponto 01 são a realização de cortes, gerando taludes bastante altos e íngremes, além da construção de moradias junto às margens de cursos d'água, sujeitas a ocorrência do solapamento destas. No ponto 02 taludes bastante íngremes próximos às residências e depósito de lixo favorecem a desestabilização da encosta.

Ilustração 30 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – área D.



Fonte: Elaborado pela autora.

A área E (Ilustração 31) apresenta padrão construtivo médio e adensamento alto. As imagens do ponto 01 retratam os fundos das moradias muito próximos a taludes de grande inclinação. Observa-se também a presença de vegetação nestes taludes, configurando-se em possível local de expansão das ocupações.



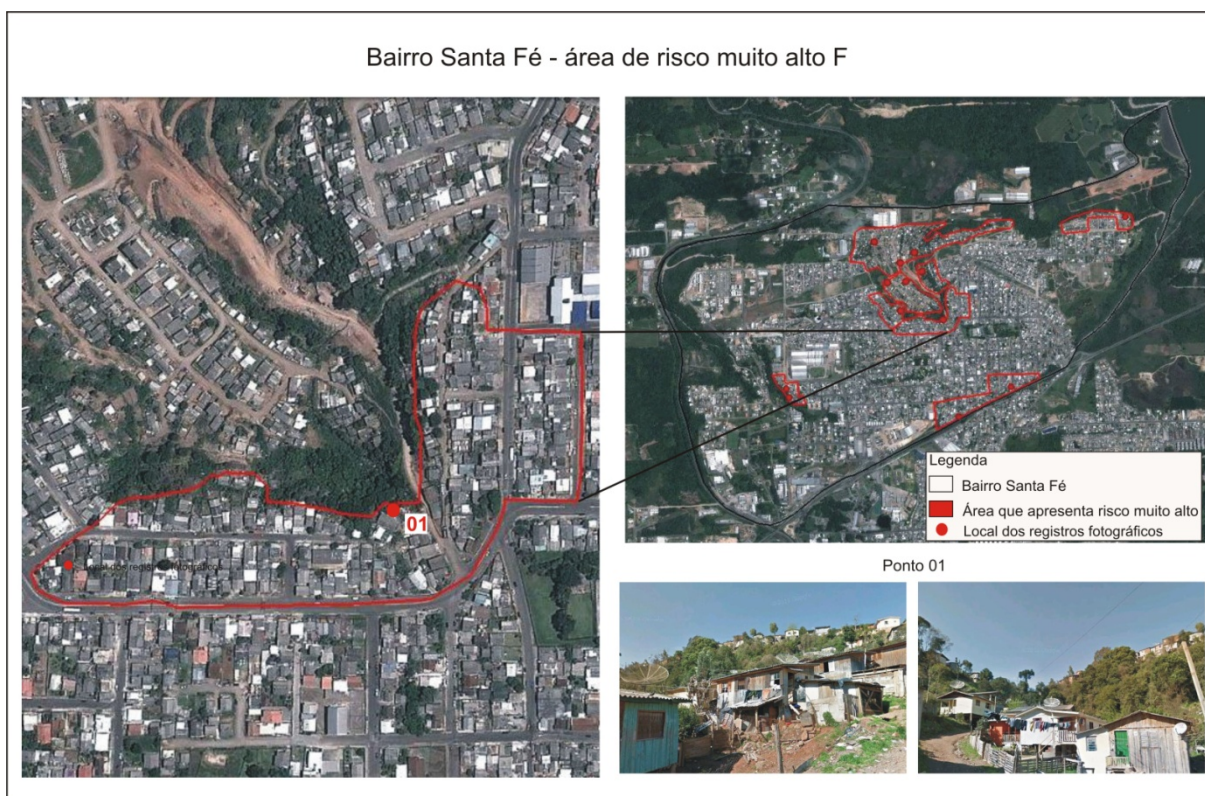
Ilustração 31 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – área E



Fonte: Elaborado pela autora.

A área de risco muito alta identificada como área F (Ilustração 32), apresenta padrão construtivo baixo e adensamento muito alto. Esta área é separada das áreas C, D e E por uma pequena faixa de vegetação que se encontra em local de declividade elevada. Caso esta zona seja ocupada, as quatro áreas em questão serão unificadas em uma grande área de risco muito alto. As imagens do ponto 01 ilustram a grande declividade dos taludes nas proximidades das moradias.

Ilustração 32 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – área F



Fonte: Elaborado pela autora.

As áreas de risco muito alto, B, C, D, E e F, também possuem áreas identificadas como assentamento subnormal, segundo o IBGE (2010b)<sup>14</sup>. Esta área foi classificada como *Canyon* e possui 769 domicílios ocupados, totalizando uma população de 2834 pessoas. (Ilustração 33).

<sup>14</sup> O IBGE classifica como assentamento subnormal os conjuntos constituídos de, no mínimo, 51 unidades habitacionais, na sua grande maioria carentes de serviços públicos essenciais (abastecimento de água, rede de esgoto, coleta de lixo) e ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (público ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma densa e desordenadas (vias de circulação estreitas e alinhamento irregular e lotes de tamanhos e formas desiguais). (IBGE, 2010c, n.p.).

Ilustração 33 - Assentamento Subnormal Canyon, no bairro Santa Fé



Fonte: Elaborado pela autora.

A área G (Ilustração 34) apresenta padrão construtivo médio a baixo e adensamento alto, sendo caracterizada por problemas pontuais de moradias com os fundos ou laterais bastante próximos a vertentes de grande declividade. Algumas destas situações são ilustradas nas imagens dos pontos 01 e 02.

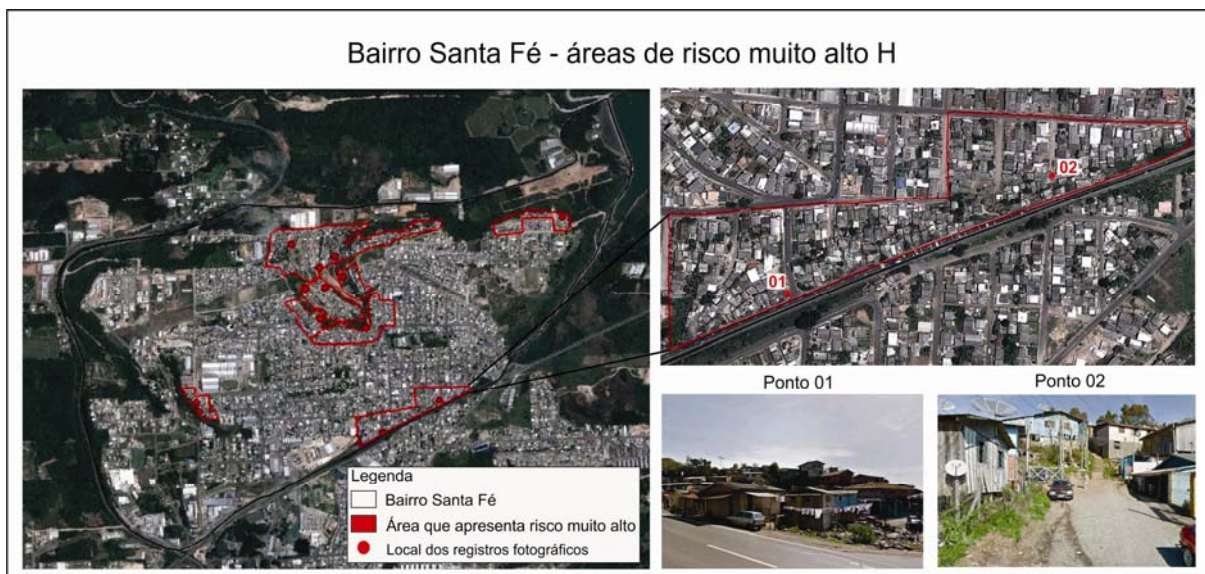
Ilustração 34 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – G



Fonte: Elaborado pela autora.

A área H (Ilustração 35) caracteriza-se pelo padrão construtivo muito baixo e adensamento alto a muito alto, principalmente perto da rodovia que delimita a área na sua porção sul. Observa-se a formação de patamares de ocupação, na imagem do ponto 01, e a presença de pequenas ruas sem saída, onde as moradias possuem os fundos voltados para a rodovia, conforme ilustrado na imagem do ponto 02, apresentando declividade significativa.

Ilustração 35 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Fé – H



Fonte: Elaborado pela autora.

Esta área também possui áreas identificadas como assentamento subnormal pelo Censo do IBGE, de 2010. O assentamento foi denominado Rota do Sol e possui 375 moradias e uma população de 1255 pessoas. (Ilustração 36)

Ilustração 36 - Assentamento Subnormal Rota do Sol, no bairro Santa Fé.



Fonte: Elaborado pela autora.

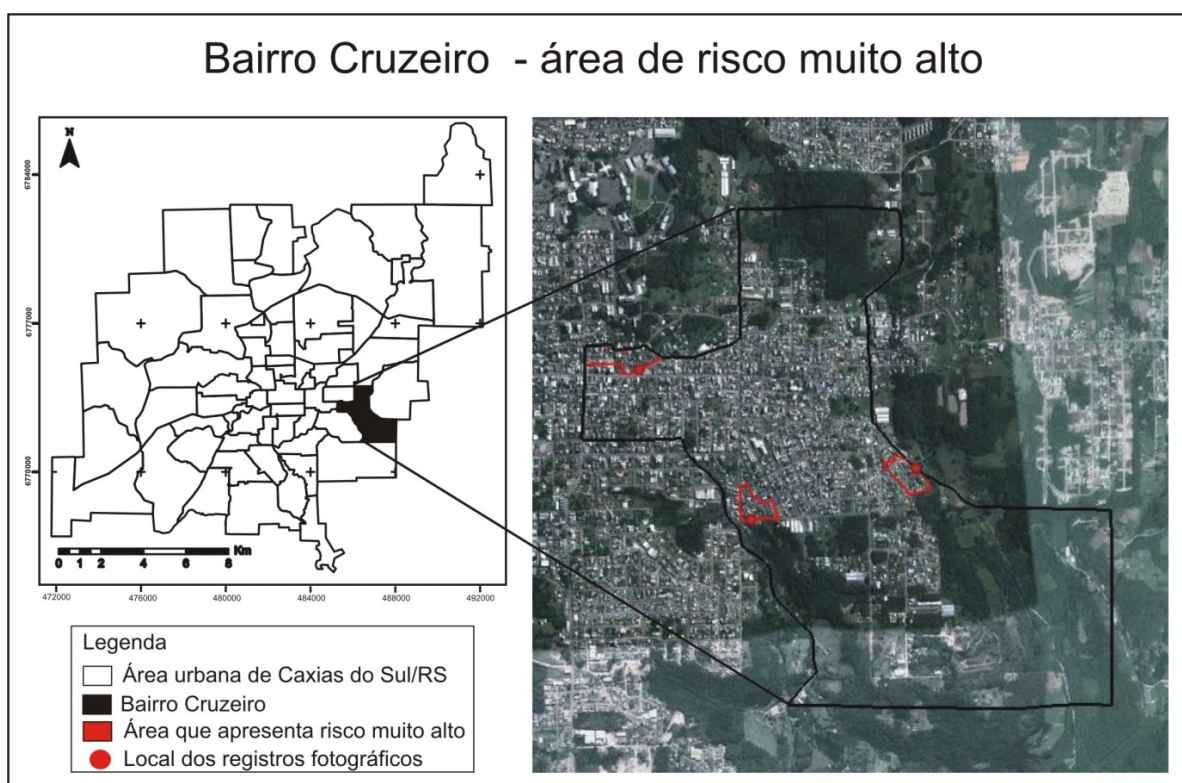
Após as análises individuais de cada área de risco muito alto no bairro Santa Fé, além da notificação da presença de áreas classificadas como assentamentos subnormais, conforme Censo do IBGE, é possível apontar que o bairro é um dos prioritários para receber programas e ações governamentais que se destinem a mitigação dos riscos e prevenção de ocorrência de desastres.

#### b) Cruzeiro

O bairro Cruzeiro apresenta três áreas de risco muito alto, conforme ilustração 37. Além de apresentar áreas com declividades acima de 45%, foi o terceiro bairro com maior número de registro de movimentos de massa para o período analisado, totalizando quatro eventos, assim como os bairros São José e Santa Catarina, somente tendo menos registros que os bairros Santa Fé e Planalto.

Uma destas áreas (A) localiza-se ao norte, na divisa com o bairro Petrópolis. A segunda área (B) localiza-se ao oeste, próximo a divisa com o bairro Bela Vista. E a terceira área (C), a qual tem parte de sua área definida pelo IBGE como assentamento Subnormal, localiza-se no leste, na divisa com o bairro São Luiz.

Ilustração 37 - Áreas de risco muito alto no bairro Cruzeiro



Fonte: Elaborado pela autora.



Ilustração 39 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Cruzeiro - área B



Fonte: Elaborado pela autora.

A terceira área de risco muito alto do bairro Cruzeiro (Ilustração 40), localizada na porção leste, é caracterizada pela ocupação com baixo adensamento e também com baixo padrão construtivo em encostas com elevada declividade, conforme é possível observar nas imagens do ponto 01. Observa-se ainda no local o lançamento de resíduos sólidos nas vertentes, contribuindo com a desestabilização das encostas e aumentando a probabilidade de ocorrência de movimentos de massa.

Ilustração 40 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Cruzeiro - área C



Fonte: Elaborado pela autora.

A área de risco muito alto C, também possui parte de sua extensão identificada como assentamento subnormal pelo Censo de 2010, do IBGE. O assentamento, denominado Portinari, possui 198 domicílios ocupados e uma população de 679 pessoas (Ilustração 41).



Ilustração 41- Assentamento subnormal Portinari, no bairro Cruzeiro.



Fonte: Elaborado pela autora.

Aponta-se que a sobreposição da delimitação de área de risco muito alto com a delimitação de assentamento subnormal demonstra a forma de ocupação desordenada desta área, exigindo maior atenção do poder público.

#### c) Bairro Nossa Senhora de Fátima

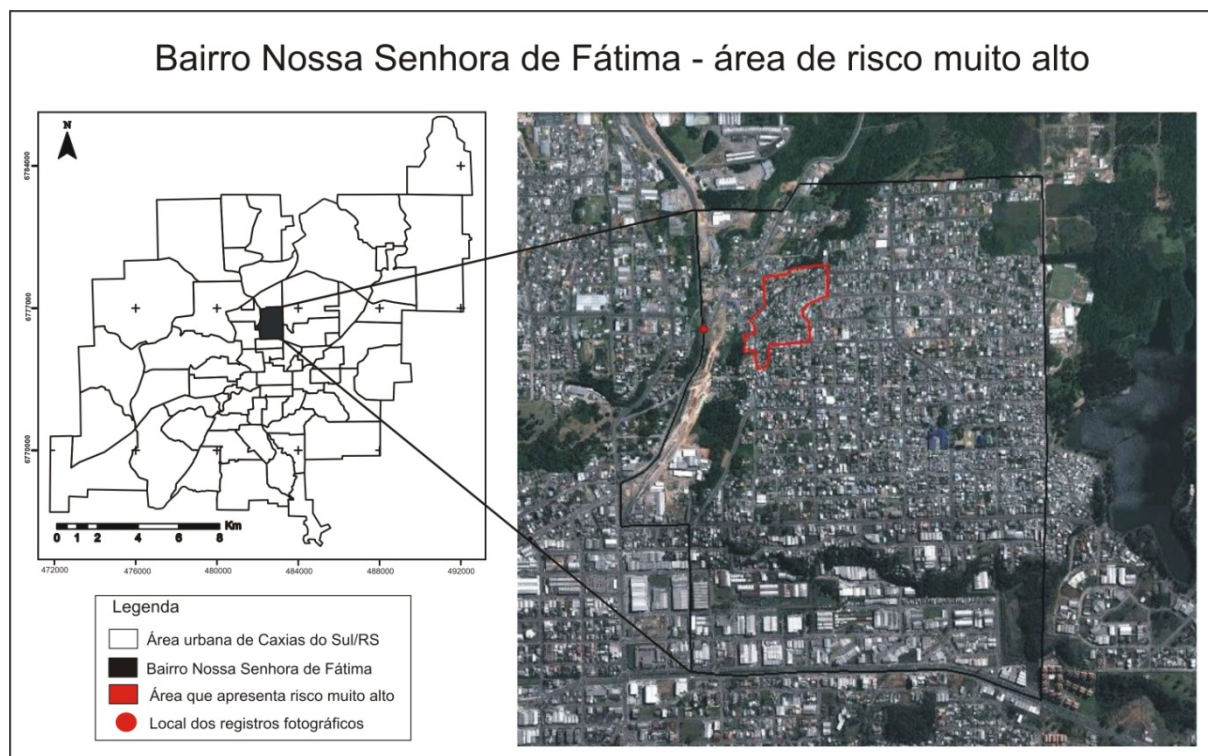
O bairro apresenta distintas situações de ocupação. Na porção sul e sudoeste a ocupação se dá por indústrias, as quais encontram em áreas de declividade baixa a média e bastante espaçadas entre si, próximas as vias de maior tráfego.

Na porção central e nordeste as moradias são pequenas a médias, com adensamento médio a alto. Algumas poucas moradias apresentam alto padrão construtivo em local com densidade baixa.

Observa-se a ocorrência de diversas situações de perigo pontuais e que se dão devido a cortes realizados nos fundos das moradias, gerando áreas de grande declividade, que não foram identificadas pelo mapa de declividade. Destaca-se ainda que o bairro apresentou três registros de movimentos de massa para o período analisado no inventário de ocorrências.

No noroeste do bairro, quase na divisa com o bairro Pioneiro, nas margens da RS 122, localiza-se a área de risco muito alto identificada pela pesquisa (Ilustração 42).

Ilustração 42 - Área de risco muito alto no Bairro Nossa Senhora de Fátima



Fonte: Elaborado pela autora.

O detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Nossa Senhora de Fátima pode ser visto na ilustração 43. O adensamento do local é alto e o padrão construtivo das moradias varia de baixo a muito baixo. Observa-se um padrão bastante irregular de ocupação, com ruas estreitas e formação de diversos patamares, com cortes nos fundos e laterais das moradias (imagem A). Espécies arbóreas de grande porte e isoladas também se configuram em situações perigosas para a população. Na imagem B é possível ver a concentração do fluxo da drenagem, espaço onde existe maior vegetação e onde as moradias encontram-se bastante próximas. O material coluvionar entre as moradias também possibilita a ocorrência de rolamento de blocos. Na imagem C é possível verificar a deposição de resíduos sólidos, composto por lixo doméstico e material proveniente de construções.

Ilustração 43 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Nossa Senhora de Fátima



Fonte: Elaborado pela autora.

Parte da área de risco muito alto identificada no bairro Nossa Senhora de Fátima coincide com uma área classificada como subnormal pelo Censo do IBGE de 2010, conforme a ilustração 44. O assentamento denominado Av. Monsenhor João Meneguzzi, possui 602 domicílios ocupados e uma população de 1959 pessoas.

Ilustração 44 - Assentamento Subnormal Av. Monsenhor João Meneguzzi, no bairro Nossa Senhora de Fátima



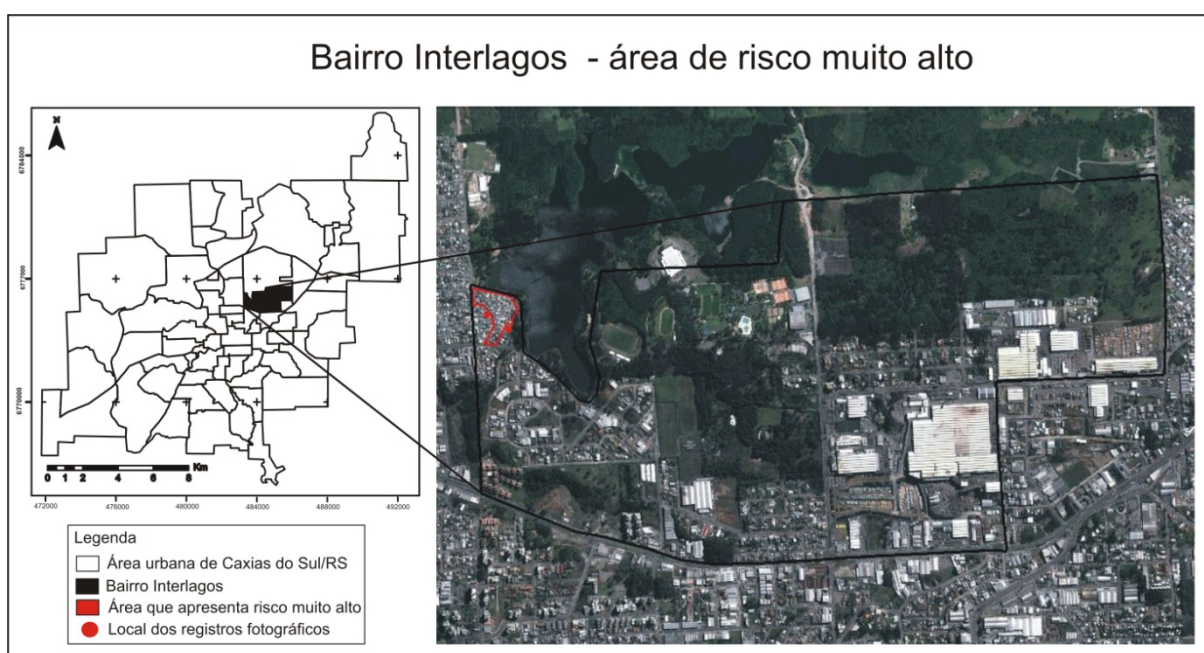
Fonte: Elaborado pela autora.

A classificação de parte da área como assentamento subnormal reforça, como nos demais casos já citados, os resultados do presente trabalho com relação à vulnerabilidade da população presente nessa área e, conseqüentemente, a situação de risco em que essa população está submetida.

#### d) Interlagos

O bairro Interlagos possui uma área de risco muito alto na sua porção oeste, divisa com o bairro Nossa Senhora de Fátima, conforme pode ser observado na ilustração 45.

Ilustração 45 - Área de risco muito alto no Bairro Interlagos



Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que entre os bairros que apresentaram área de risco muito alto, este é o único que não possui, para o período entre 1980 a 2011, nenhum registro de movimento de massa. A área caracteriza-se pelo adensamento muito alto das moradias e baixos padrões construtivos. Conforme ilustração 46, observa-se a existência de árvores de grande porte isoladas no meio das construções, bem como o adensamento das mesmas.

Ilustração 46 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Interlagos



Fonte: Elaborado pela autora.

A área de risco também foi classificada como assentamento subnormal pelo Censo do IBGE de 2010, conforme a ilustração 47, sendo identificado como assentamento subnormal Dal Bó, em que residem 787 pessoas, em 240 domicílios.

Ilustração 47 - Assentamento Subnormal Dal Bó, no bairro Interlagos



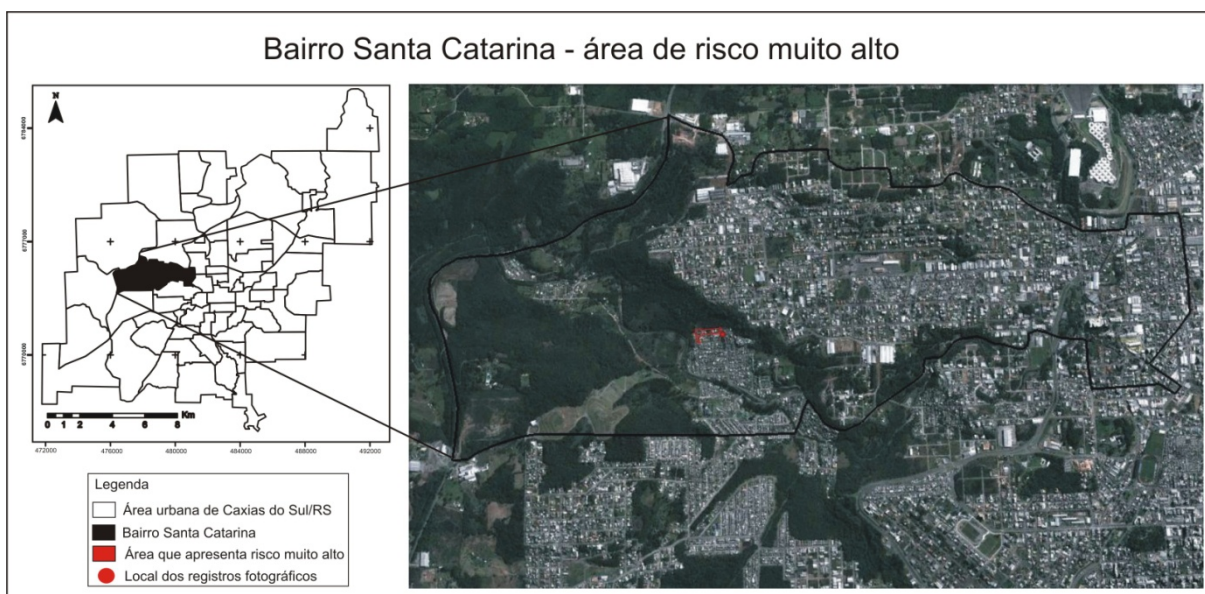
Fonte: Elaborado pela autora.

O fato de praticamente toda a área ser classificada como assentamento subnormal aponta a necessidade de intervenção do poder público por meio de atuação que, além de voltar-se a mitigação dos riscos, também componha medidas de cunho sócio-econômico.

e) Santa Catarina

O bairro Santa Catarina possui uma área de risco muito alto próxima a regiões com vegetação ainda preservada, na porção centro oeste do mesmo, conforme ilustração 48.

Ilustração 48 - Área de risco muito alto no Bairro Santa Catarina



Fonte: Elaborado pela autora.

A existência de uma área de risco muito alto no bairro se deve a presença de áreas com declividade acima de 45%, ocupadas por uma população que apresenta alta vulnerabilidade. Além destes fatores, o bairro Santa Catarina foi o terceiro bairro com maior número de registro de eventos para o período analisado, totalizando quadro eventos, assim como os bairros São José e Cruzeiro, conforme já mencionado anteriormente. Conforme ilustração 49, é possível observar que o fundo dos terrenos de diversas moradias são caracterizados por vertentes de grande altura e inclinação.

Ilustração 49 - Detalhamento da área de risco muito alto no Bairro Santa Catarina



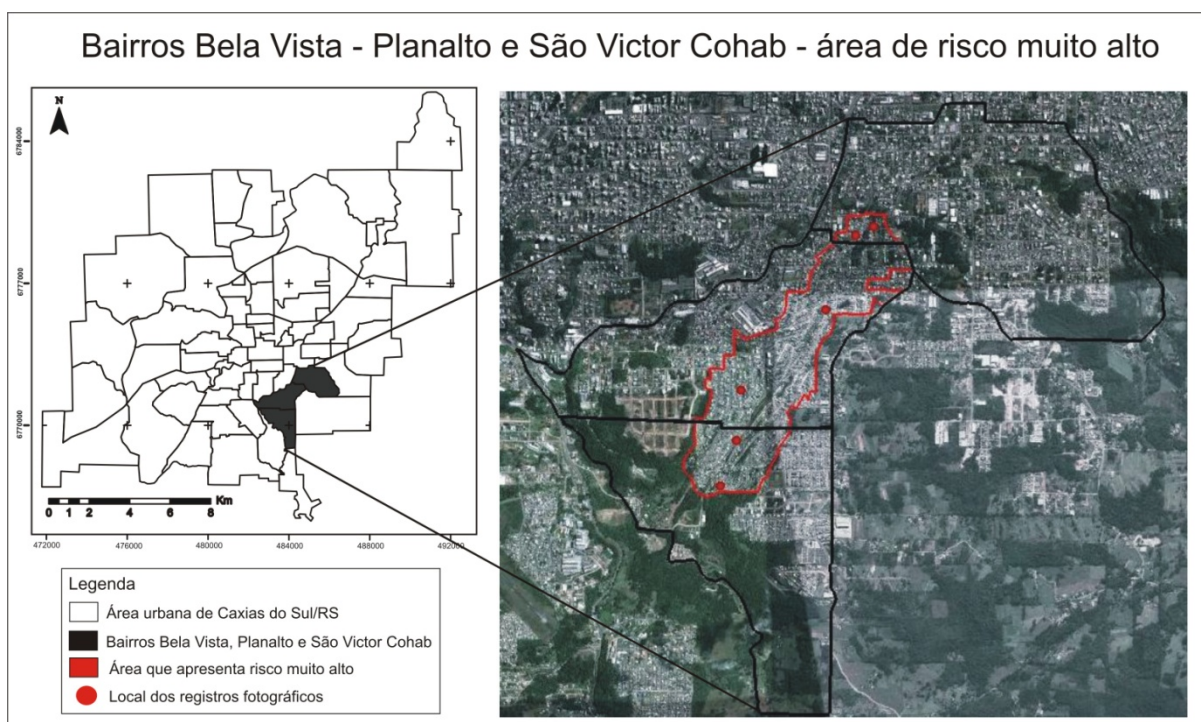
Fonte: Elaborado pela autora.



f) Bairros Bela Vista, Planalto e São Victor Cohab

A área de risco muito alto contígua aos bairros Bela Vista, Planalto e São Victor Cohab (Ilustração 50) consiste em um vale que teve seu fundo e suas encostas ocupadas através da formação de patamares. Observa-se a grande irregularidade do traçado urbano, o adensamento das moradias é alto e o padrão construtivo é muito baixo. Ressalta-se que os bairros Bela Vista e São Victor Cohab registraram, cada um deles, entre os anos de 1980 a 2011, dois eventos de movimentos de massa. Já o bairro Planalto é o que mais possui registros de movimentos para este período, num total de sete. Este fato contribui para a existência da presente área de risco muito alto.

Ilustração 50 - Área de risco muito alto contínua entre os bairros Bela Vista, Planalto e São Victor Cohab



Fonte: Elaborado pela autora.

Na ilustração 51 é possível observar a porção norte da área, a qual corresponde ao bairro Bela Vista. Além da ocupação por alguns estabelecimentos fabris no interior da área, aponta-se a presença de moradias de baixo padrão construtivo, bastante adensadas, em áreas de grande declividade (ponto 01) e com a presença de vegetação de grande porte entre elas (Ponto 02).

Ilustração 51 - Detalhamento da área de risco do bairro Bela Vista, a qual é contígua aos bairros Planalto e São Victor Cohab



Fonte: Elaborado pela autora.

Dentro dessa área, o IBGE também identificou um assentamento subnormal, conforme a ilustração 52. O Assentamento foi classificado como Vila Feliz, possuindo 69 domicílios ocupados e uma população de 232 pessoas.

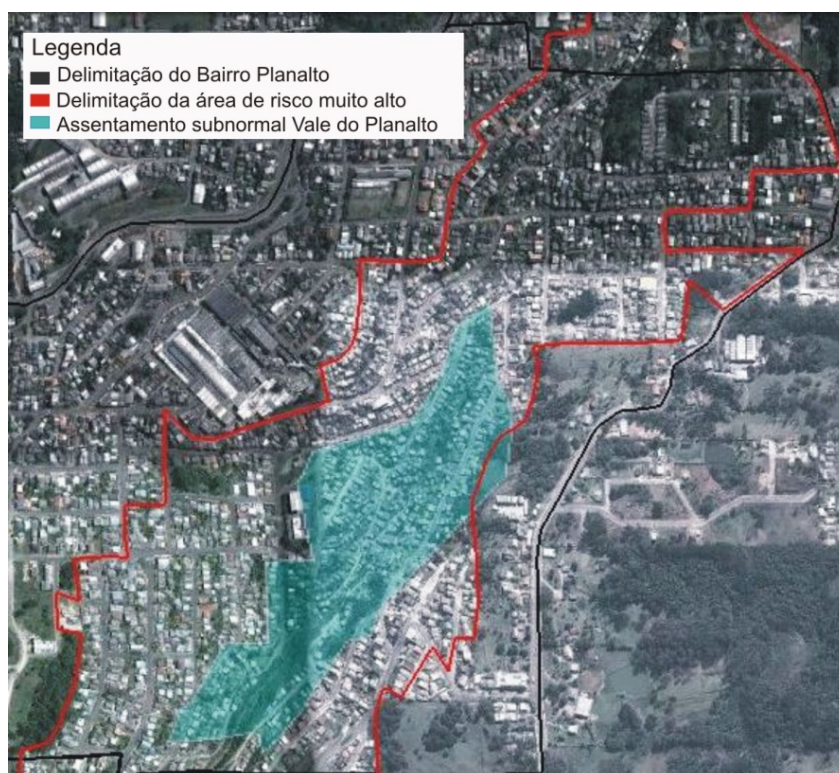
Ilustração 52 - Assentamento Subnormal Vila Feliz, no bairro Bela Vista, divisa com Bairro Planalto.



Fonte: Elaborado pela autora.



Ilustração 54 - Assentamento Subnormal Vale do Planalto, no bairro Planalto



Fonte: Elaborado pela autora.

Na ilustração 55 é possível observar a porção sul da área, a qual corresponde ao bairro São Victor Cohab. Aponta-se, nesta área, a grande concentração de moradias e a expansão da ocupação para áreas mais elevadas da encosta, principalmente no ponto 02.

Ilustração 55 - Detalhamento da área de risco do bairro São Victor Cohab, a qual é contígua aos bairros Bela Vista e Planalto.



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim como aconteceu em demais áreas de risco muito alto, o IBGE identificou um assentamento subnormal no bairro São Victor Cohab, percorrendo também a divisa com o Planalto, a qual foi nomeada como COOESP, contando com 928 domicílios e uma população de 3210 pessoas. (Ilustração 56).

Ilustração 56 - Assentamento Subnormal COOESP, no bairro São Victor Cohab, divisa com Planalto.



Fonte: Elaborado pela autora.

O fato de o assentamento subnormal COOESP abranger praticamente a totalidade da área considerada de risco muito alto no bairro, aponta a necessidade de ações de cunho sócio-econômicas, juntamente com ações voltadas diretamente a mitigação e prevenção dos riscos.

Finalizando as análises das áreas de risco muito alto no espaço urbano de Caxias do Sul, contata-se a diversidade de situações de perigo e de vulnerabilidade e a grande relação com os assentamentos subnormais identificados pelo IBGE. Aponta-se a necessidade de prevenção da ocupação de locais ainda com vegetação preservada e de alta declividade no entorno ou dentro destas áreas, bem como a necessidade da mitigação do risco existente.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se a estreita relação entre a ocorrência de desastres e a falta de um planejamento urbano que leve em consideração as características e limitações físicas das cidades. Aponta-se também em inúmeras situações a construção de moradias com técnicas construtivas inadequadas em áreas de encostas que, por não apresentarem declividade tão elevada, poderiam ser ocupadas com maior segurança.

O espaço urbano é extremamente dinâmico. As condições das encostas, sua declividade, a situação da vegetação, os cortes, aterros e a densidade ocupacional, são modificados rapidamente. Nesse sentido, torna-se de extrema necessidade que as cidades, possuidoras de características físicas capaz de torná-las mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa se dediquem de forma contínua à prevenção da ocupação destas áreas e/ou a análise das situações de risco existentes em seu território.

Com relação ao município de Caxias do Sul, a presente pesquisa identificou as áreas urbanas que apresentam combinação de elevadas declividades, ocupação residencial e registros de ocorrências e definiu os graus de perigo e de vulnerabilidade da população residente nestas áreas. A partir da análise conjunta desses fatores, foi proposto um zoneamento de risco para o perímetro urbano de Caxias do Sul. De acordo com os resultados obtidos, os bairros que apresentam situações de ocupação que oferecem maior risco para a população são os bairros Santa Fé, Cruzeiro, Nossa Senhora de Fátima, Interlagos, Santa Catarina, São Victor Cohab, Planalto e Bela Vista. Muitas destas áreas também foram definidas como assentamentos subnormais de acordo com o último censo realizado pelo IBGE, no ano de 2010 (das 17 áreas identificadas como de risco muito alto, 13 coincidiram com assentamento subnormais). Este fato reforça a grande relação existente entre as ocupações de risco e as populações de baixa renda, excluídas da cidade dita formal.

Espera-se que o trabalho reforce a necessidade do poder público municipal constituir um grupo destinado especificamente à realização de levantamentos, inventários, cadastros, análises e ações voltadas às áreas de risco existentes no município. A necessidade deste grupo ocorre devido à existência de inúmeras áreas de risco muito alto, apontadas por este e por demais trabalhos sobre Caxias do Sul, e em decorrência das inúmeras áreas suscetíveis a movimentos de massa que caso não tenham sua ocupação controlada se transformarão em mais áreas de risco à população caxiense.

Aponta-se, por fim, a possibilidade de trabalhos de mapeamento em escala cadastral das áreas identificadas como de risco muito alto, visando o aprofundamento das análises e

possibilitando o estudo de ações estruturais e não estruturais de erradicação ou mitigação dos riscos.



## REFERÊNCIAS

ABREU, Mauricio. **Evolução Urbana do Rio de Janeiro**. IPLANRIO. Rio de Janeiro: Ed. Jorge Zahar, 1988.

ALHEIROS, M. M. Gestão de Riscos Geológicos no Brasil, **Revista da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental/ABGE**, São Paulo, v.1, n.1 p. 109-122, nov. 2011.

ARGENTA, G; KORMANN, T.C; ROBAINA, L. E. de S. Levantamento da Ocorrência de Desastres Naturais no Município de Caxias do Sul – RS. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais...** Viçosa, 2009.

AUGUSTO FILHO, Oswaldo; CERRI, Leandro Eugênio Silva; AMENOMORI, Clayton Jô. Riscos geológicos: aspectos conceituais. In: I SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1990, p.334-341.

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos**: Uma Proposta Metodológica e sua Aplicação no Município de Ihabela, SP. 1994. 162f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Solos – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

AUGUSTO FILHO, O; VIRGILI, J.C. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, M.S.; BRITO S. N. A. (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 243-269.

BARCELLOS, T. A urbanização do Rio Grande do Sul no período recente: traços fundamentais. **Indicadores Econômicos FEE – Fundação de Economia e Estatística**, v. 18, n. 2, p. 177 – 122, 1990. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/viewPDFInterstitial/317/535>>. Acesso em: 23 abr. 2010.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. v. 3. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.

BLAIKIE, P.; CANNON, T; DAVID. IAN & WISNER, B. **VULNERABILIDADE: El entorno social, político y económico de los desastres**. Peru: La Red, 1996.

BRASIL. **Lei 6.766, de 19 de novembro de 1979**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm)>. Acesso em: ago. 2012.

\_\_\_\_\_. **Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm)> Acesso em: 20 nov. 2012.

BRUM, S.M. E.; BATISTA, J. **Entrevista.** [11 nov. 2009]. Caxias do Sul. Entrevista concedida a Monica Marlise Wiggers e Tanice Cristina Kormann.

CAMPOS, M. Favelas do Rio de Janeiro: Entre a possibilidade do Poder Popular e o Cerco da Opressão. In: **Centro de Mídia Independente**, 2001. Disponível em: <<http://www.midiaindependente.org/pt/red/2001/11/12078.shtml>>. Acesso em: 04 jan. 10.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios Básicos de Geoprocessamento. In: ASSAD, E; SANO, E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura.** Brasília, DF: EMBRAPA, 1998. p. 3 – 11.

CARVALHO, P. C. M. de; *et al.* **Sistemas Informações Geográficas (SIGs) para energias renováveis.** Paraíba: IFPB, 2007. Disponível em: <<http://www.ifpb.edu.br/arquivos/GPPI/sig.pdf>> Acesso em: 9 out. 2010.

CASTRO, A. L. C. de. **Glossário da Defesa Civil: estudos de risco e medicina de desastres.** 2 ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, Departamento de Defesa Civil, 1998. 173 p. Disponível em: [http://www.ceped.ufsc.br/sites/default/files/projetos/glossario\\_de\\_defesa\\_civil.pdf](http://www.ceped.ufsc.br/sites/default/files/projetos/glossario_de_defesa_civil.pdf). Acesso em: 15 jun. 2012.

CERRI, L.E.S. **Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos: Uma Proposta para Prevenção de Acidentes.** São Paulo, 1993. Originalmente apresentada como Tese de Doutorado, Pós – Graduação em Geociências, UNESP, 1993. 197p.

CHACÍN, B. O. La Gestión Ambiental en Áreas de Alto Riesgo. Caso estado Vargas, Venezuela. In: LEMOS, A. I. G. de; ROSS, J. L. S; LUCHIARI, A. (Orgs.) **América Latina: sociedade e meio ambiente.** São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 187 – 206.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1980. 188p.

COLÂNGELO, A.C. Geomorfologia experimental aplicada ao estudo de estabilidade de vertentes. In: IV Simpósio de Geografia Física Aplicada, 4, 1991, Porto Alegre. **Anais...**1991. p. 267 – 274.

CORPO DE BOMBEIROS DE CAXIAS DO SUL. 2012. **Planilha em Excel contendo registros de movimentos de Massa em Caxias do Sul** [Mensagem Pessoal]. Mensagem recebida por <moni\_lise@yahoo.com.br> em 9 ago. 2012.

CPRM. **Mapeamento geológico integrado da bacia hidrográfica do Guaíba: carta geológica: FolhaSH.22-V-D – Caxias do Sul**. Porto Alegre: Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. 1998. 1 mapa color. Escala 1:250.000. Material cartográfico.

D'ÁVILA; N. **DEM HAB - Com ou Sem Tijolos, a História das Políticas Habitacionais em Porto Alegre**. Porto Alegre: Unidade Editorial da Secretaria Municipal da Cultura, 2000.

DEFESA CIVIL ESTADUAL (Rio Grande do Sul). **Área dos Municípios. Municípios Atingidos (Eventos de 2003-2010)**. Disponível em: < <http://www.defesacivil.rs.gov.br/>>. Acesso em: 20 mai. 2012.

FARAH, F. **Habitação e Encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. 312 p.

FERNANDES, N. F; AMARAL, C. P. do. Movimento de Massa: uma abordagem geológico – geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da (Org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.123 – 194.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Estruturas de Contenção: Muros de Arrimo**. [Rio de Janeiro]: FEUERJ, 2008. Disponível em: <[www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf](http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf)>. Acesso em: 13 mai. 2009.

GONÇALVES, N.M.S. **Impactos fluviais e desorganização do espaço em Salvador, BA**. 1992. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo.1992.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a Questão Ambiental. In: CUNHA, S. B; GUERRA, A.J.T. (Org.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 191–218.

GUERRA, A. J. T. Encostas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 13–42.

GUIDICINI, G; NIEBLE, C.M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavações**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1984. 195 p.

GUIMARÃES, R. F; CARVALHO JÚNIOR, O. A; GOMES, R. A. T; FERNANDES, N. F. Movimentos de Massa. In: FLORENZANOP, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 159 – 184.

INFANTI JR., Nelson; FORNASARI FILHO, Nilton. Processos de dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, Antônio Manuel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertam Alves de. (Org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE-CNPq-FAPESP, 1998. p. 131-144.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Levantamento dos Recursos Naturais**. Folha SH22 Porto Alegre e parte das Folhas SH21 Uruguaiana e SI 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 33 v. Escala 1: 1.000.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico**. 2010a. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=43&dados=1>>. Acesso em: 27 fev. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Aglomerados Subnormais: Primeiros Resultados (download). In: **Censo**. 2010b. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Aglomerados\\_subnormais/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Aglomerados_subnormais/)>. Acesso em: 22 dez. 2011

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Aglomerados Subnormais: Primeiros Resultados (download). In: **Censo**. 2010c. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados\\_subnormais/agsn\\_2010.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados_subnormais/agsn_2010.pdf)>. Acesso em: 22 dez. 2011

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. **Glossário Geológico Ilustrado**. 2012. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/ig/glossario/index.html>>. Acesso em: 28 jan. 2012.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE SÃO PAULO. TOMINAGA, L. K; SANTOTO, J; AMARAL, R. do. (Org.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196p.

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA. Sistemas de Informações Geográficas. In: **Instituto Militar de Engenharia**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ime.eb.br/~webde6/sig.html>>. Acesso em: 9 out. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CENTRO REGIONAL SUL. GEODESASTRES SUL, **Banco de dados 2007-2011**. Santa Maria, RS.

JORGE, M. do. C. O. Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologia e Teorias. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 117 – 146.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

LAVELL, A. **Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos**. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en America Latina-LA RED: 1999. p. 1-13. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/articulos/1999/grau/index.html>>. Acesso em: 05 jan. 2012.

LEINZ, V; AMARAL, S.E. **Geologia Geral**. 11. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1989. 399 p.

LOCZY, I; LADEIRA, E. A. **Geologia Estrutural e Introdução à Geotecnia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 525 p.

MACEDO, E. S. *et al.* **Deslizamientos**. Prevención. São Paulo: Programa Iberoamericano de Ciência y Tecnologia para el Desarrollo – Cyted; Red Habitat en Riesgo: 2004. 22p.

MACHADO, M. A. **Construindo uma Cidade: história de Caxias do Sul 1875/1950**. Caxias do Sul: Maneco Livraria & Editora, 2001. cap. 1-2.

MACIEL FILHO, C. L. M; NUMMER, A. V. **Introdução à Geologia de Engenharia**. 4. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011. p. 392.

MAFFRA, C. Q. T; MAZZOLA, M. As Razões dos Desastres em Território Brasileiro. In: SANTOS, R. F dos. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. p. 9 – 12.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. 204 p.

MARTINE, G; MCGRANAHAN, G. A transição urbana brasileira: trajetória, dificuldades e lições aprendidas. In: Baeninger, R. (Org.). **População e Cidades: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais**. Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010. p. 11–24.

MEDEIROS, M. A favela como expressão dos conflitos no espaço urbano do Rio de Janeiro, In: Encontro de Geógrafos da América Latina, 10, 2009, Montevideo – UY. **Anais...** Montevideo, 2009. Disponível em: <[http://egal2009.easyplanners.info/area05/5393\\_Nascimento\\_Marta.pdf](http://egal2009.easyplanners.info/area05/5393_Nascimento_Marta.pdf)>. Acesso em 20 jun. 2010.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO (Brasil). **Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil: Organização**. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/defesa-civil/sinpdec/organizacao>> Acesso em 28 nov. 2012.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (Brasil). **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: guia para elaboração de Políticas Municipais**. Brasília, 2006. cap. 3.

MUÑOZ, A. P. Desafios da urbanização brasileira. In: Encontro Nacional de Economia Política, 10, 2005. Campinas, **Anais...** Campinas (SP), 2005. 25 p., Disponível em: <<http://www.sep.org.br/artigo/xcongresso.83.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2010.

NOGUEIRA, F.R. **Políticas públicas municipais para gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos em áreas de ocupação subnormal**. São Paulo, 2002. Originalmente apresentada como Tese de Doutorado em Goeciências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, 2002. 256p.

NUMMER, A. V. **Parâmetros Geológicos-Geotécnicos controladores dos movimentos de massa na RS486/rota do Sol-Itati**. Porto Alegre, 2003. Originalmente apresentada como Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 239p.

OGURA, A.; MACEDO, E. S. Procesos y Riesgos Geologicos. In: **II Curso internacional de aspectos geologicos de protección ambiental**. 2002. Disponível em: <<http://www.unesco.org/uy/geo/campinaspdf/9procesos.pdf>> Acesso em: 9 jun. 2010.

OLIVEIRA, E. L. de. A; ROBAINA, L. e. de. S; RECKZIEGEL, B. W. Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria – RS. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. CD ROOM.

PEREIRA, G. C.; SILVA, B.C. N. Geoprocessamento e Urbanismo. In: **Textos Gilberto Corso**: Bahia, 2010. Disponível em: <<http://homepage.mac.com/gilbertocorso/textos/Geo%20e%20Urbanismo.PDF>> Acesso em: 10 out. 2010.

PESAVENTO, S.J. Muito Além do Espaço: por uma história cultural do urbano. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, v.8, n.16, p. 279-290, 1995.

PINE, J. C. **Natural Hazards Analysis**: reducing the impact of disasters. Boca Raton, London, New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2009.

PINHEIRO, R, J. B. **Estudo de Alguns Casos de Instabilidade da Encosta da Serra Geral no Estado do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000. p. 318.

PINTO, C. I; LEITE, F. P. A Lei das Terras de 1850. **KLEPSIDRA - Revista Eletrônica de História**, 5. ed., dez. 2000–jan. 2001. Disponível em: <http://www.klepsidra.net/klepsidra5/lei1850.html>> Acesso em: 06 jan. 10.

POLIVANOV, H; BARROSO, E, V. Geotecnia urbana. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 147 – 188.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL. **Situações de Emergência – Foto documentação Caxias do Sul**. Caxias do Sul, RS, 2000.

REFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL. **Hierarquização dos Assentamentos Subnormais em Caxias do Sul**. [S.l.;s.n.], 2004.

PRESS, F. *et al.* **Para entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman, 2006. Cap. 12. Tradução de Rualdo Menegat *et al.*

RADAM/BRASIL. (1986). **Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim**: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796p. (Levantamento de Recursos Naturais, v.33).

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. 2007. 161f, vol. 1

Dissertação de Mestrado em Geografia – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ROBAINA, L. E. de S. Espaço Urbano: relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 5, n. 2; dez. 2008. p. 93 – 105.

ROBAINA, L. E. de S; KORMANN, T. C; WIGGERS, M.M; SCCOTI, A. A. V. Análise espaço-temporal das ocorrências de inundações e movimentos de massa no município de Caxias do Sul, RS. **Ciência e Natura**, v. 32, n. 1, p. 159 – 172, 2010.

ROCHA, A. M. A. Levantamento da Vegetação e do Uso da Terra, Utilizando Imagens TM\Landsat. **Boletim de Pesquisa**. Belém: EMBRAPA\CPATU, 2000. p. 124.

ROSSATO, M. S. **Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 240 f. Tese de Doutorado em Geografia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SANTORO, J; GRAMANI, M. F. CURSO Riscos Geológicos Naturais – Identificação, Análise e Mapeamento de áreas de risco de escorregamento e solapamento de margem. In: **Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 13, 2 – 6 nov. 2011. São Paulo. (Apostila CD).

SANTOS; R. F. dos. Glossário. In: SANTOS; R. F. dos. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos**. Brasília: MMA, 2007. P. 176 – 179.

SCHNEIDER, A. **Elementos de Petrografia: Rochas Ígneas I**. Porto Alegre: Editora CEUE, 1972. p. 93.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE JOVINVILLE. **Ortofotos**. Escala de vôo 1: 5.000. Executado por Aeroimagem Engenharia e Aerolevanteamento, 2007.

SELBY, M.J. Slopes and Weathering. In: K.J. Gregory; D.E. Walling (Org.). **Human Activity and Environmental Processes**. Inglaterra, West Sussex: Editora John Wiley, 1987, p. 183 – 205.

SIDLE, R.C; PEARCE, A. J; O'LOUGHLIN, C. L. **Hillslope Stability and Land Use**. **American Geophysical Union**. Washington DC, 1985. 140 p.



SILVIA, L. S; TRAVASSOS. L. **Problemas Ambientais Urbanos**: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. 2008. Disponível em: <[http://web.observatoriodasmetrolopolos.net/download/cm\\_artigos/cm19\\_118.pdf](http://web.observatoriodasmetrolopolos.net/download/cm_artigos/cm19_118.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2010.

SOARES, I. C. A variável ambiental para estabilização de taludes na região de Joinville, Santa Catarina. **Revista Saúde e Ambiente**, v.1, n.1, nov. 2000.

SOBREIRA, F. G. Cartas Geotécnicas em Áreas Sujeiras a Escorregamentos. In: PEJON, O.J; ZUQUETTE, L.V. (Org.) **Cartografia Geotécnica e Geoambiental**. Conhecimento do Meio Físico: Base para a Sustentabilidade. São Carlos: Suprema Gráfica Editora, 2004. p.151 – 153.

STROHAECKER., T. M. A urbanização no Rio Grande do Sul: uma análise preliminar. In: VERDUM, R.; BASSO, L.A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (Org.). **Rio Grande do Sul: Paisagens e Territórios em Transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

TATIZANA, C; OGURA, A.T; CERRI, L.E.S; ROCHA, M.A.M. **Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos – Serra do Mar, Município de Cubatão**. 5º CBGE, p. 225 – 236, v 2. ABGE. São Paulo. 1987.

TOMINAGA, L. K. Desastres Naturais: Por que ocorrem? In: TOMINAGA, L.K., SANTORO, J., AMARAL R. (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009a. cap. 1, p. 11 - 24 .

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L.K., SANTORO, J., AMARAL R. (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009b. cap. 1, p. 25 – 38.

TOMINAGA, L. K. Análise e Mapeamento de Risco. In: TOMINAGA, L.K., SANTORO, J., AMARAL R. (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009c. cap. 1, p. 147 – 160.

UEDA, V. A construção, a destruição e a reconstrução do espaço urbano na cidade de Porto Alegre no início do século XX. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 19, p. 141 – 150, 2006.

VEDOVELLO. R; MACEDO, E. S de. Deslizamentos de Encostas. In: SANTOS, R. F dos. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. p. 75 – 94.

VEYRET, Y. **Os Riscos**: o homem como agressor e vítima do Meio Ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. p. 11 – 38. Tradução de Dílson Ferreira da Cruz.

VILLAÇA, Flávio. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DEAK, C.; SCHIFFER, S. R. (Org.). **O processo de urbanização no Brasil**. São Paulo: Edusp, 1999.

WEILL, M. A. M; PIRES N ETO, A. G. Erosão e Assoreamento. In: SANTOS, R. F dos. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental**: Desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007. P. 39 – 58.

WICANDER, R; MONROE, J. S. **Fundamentos de Geologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. cap. 11. Tradução de Harue Ohara Avritcher.

WIGGERS, M.M. **As áreas de risco ao longo do processo de ocupação urbana dos municípios de Porto Alegre e Caxias do Sul-RS**. Santa Maria, 2010. 119 p. Monografia de conclusão de curso em Geografia Bacharelado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS.

WOLLE, C.M; CARVALHO, C.S. Deslizamentos em encostas na serra do Mar – Brasil. **Solos e Rocha**, v.12, n. único, p. 27-36. 1989.

XAVIER, H. **Percepção Geográfica dos deslizamentos de encostas em áreas de risco no município de Belo Horizonte, MG**. Rio Claro, 1996. 222 p. Tese de Doutorado em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista.

## ANEXOS

Tabela 1: Inventários dos movimentos de massa ocorridos no perímetro urbano de Caxias do Sul.<sup>15</sup>

<b>Ano</b>	<b>Data do Evento</b>	<b>Bairro Atingido</b>
1983	10 de julho	Bairro Jardelino Ramos
1983	02 de agosto	Bairro São Leopoldo
1985	24 de março	Bairro Santa Catarina,
1985	24 de março	Bairro São José (2)
1987	29 de julho	Bairro Bela Vista
1989	11 de setembro	Bairro São José
1990	12 de outubro	Bairro Galópolis
1990	12 de outubro	Bairro Planalto
1991	19 de junho	Bairro Rio Branco
1991	19 de junho	Bairro São Victor Cohab
1991	19 de junho	Bairro Universitário
1991	19 de junho	Bairro Pio X
1991	19 de junho	Bairro Nossa Senhora de Fátima
1991	19 de junho	Bairro Pioneiro
1992	27 de maio	Bairro Planalto
1992	27 de maio	Bairro Jardim América
1994	25 de abril	Bairro Santa Catarina
1996	24 de janeiro	Bairro Bela Vista
1997	21 de agosto	Bairro Santa Fé
1998	15 de agosto	Bairro São Cristovão
1999	14 de outubro	Bairro Nossa Senhora de Fátima
2000	14 de setembro	Bairro Santa Fé
2000	14 de setembro	Bairro Santa Catarina
2000	12 de outubro	Bairro Santa Catarina
2000	12 de outubro	Bairro Nossa Senhora de Fátima
2000	12 de outubro	Bairro Planalto
2002	10 de novembro	Bairro Kayser
2002	10 de novembro	Bairro Centro
2003	19 de fevereiro	Bairro Santa Fé
2006	26 de novembro	Bairro Santa Fé
2007	20 de fevereiro	Bairro Nossa Senhora de Lourdes
2007	20 de fevereiro	Bairro Cruzeiro
2007	22 de fevereiro	Bairro São José
2007	22 de fevereiro	Bairro Cruzeiro
2007	15 de maio	Bairro Centenário
2009	08 de agosto	Bairro Santa Fé
2009	08 de agosto	Bairro Sagrada Família
2009	03 de setembro	Bairro Planalto (4)
2009	03 de setembro	Bairro Cruzeiro (2)
2009	03 de setembro	Bairro São Victor Cohab
2009	03 de setembro	Bairro Serrano
2009	03 de setembro	Bairro Cristo Redentor

<sup>15</sup> Os anos que não constam na tabela não apresentaram nenhum registro de ocorrência. Para os casos onde houve mais de um registro para o bairro na mesma data, o número de eventos foi colocado entre parênteses. Aponta-se ainda que as fontes dos dados presentes na referida tabela, bem como na tabela seguinte, estão relatadas no capítulo intitulado Procedimentos Metodológicos.

2009	03 de setembro	Bairro Santa Corona
2009	03 de setembro	Bairro Pôr-do-sol

Fonte: Organizado pela autora.

Tabela 2: Organização dos dados do inventário por bairro atingido

Bairros	Total de movimentos de massa para o período analisado (1980 – 2011)
Planalto	7
Santa Fé	5
Cruzeiro	4
São José	4
Santa Catarina	4
Nossa Senhora de Fátima	3
São Victor Cohab	2
Bela Vista	2
Kayser	1
Centro	1
Pioneiro	1
Universitário	1
Santa Corona	1
São Leopoldo	1
Centenário	1
Sagrada Família	1
Bairro São Cristóvão	1
Pôr-do-Sol	1
Bairro Jardelino Ramos	1
Cristo Redentor	1
Rio Branco	1
Galópolis	1
Jardim América	1
Serrano	1
Nossa Senhora de Lourdes	1
Pio X	1
<b>Total</b>	<b>49</b>

Fonte: Organizado pela autora