

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro (SP)

**ANÁLISE DE MÉTODOS DE MAPEAMENTO DE PERIGO:
UMA PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE MAPEAMENTO DE
PERIGO DE ESCORREGAMENTO PLANAR DE SOLO VIA
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PARTICIPATIVO**

GLÁUCIA FUMES CHAGURI

Orientador: Prof. Dr. Leandro Eugenio da Silva Cerri

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de 2012.

Rio Claro – SP

2012

GLÁUCIA FUMES CHAGURI

ANÁLISE DE MÉTODOS DE MAPEAMENTO DE PERIGO:
UMA PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE MAPEAMENTO DE
PERIGO DE ESCORREGAMENTO PLANAR DE SOLO VIA
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PARTICIPATIVO

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de 2012.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Eugenio da Silva Cerri

Rio Claro - SP
2012

551.302 Chaguri Fumes, Gláucia

C433a Análise de métodos de mapeamento de perigo : uma proposta de mapeamento de perigo de escorregamento planar de solo via utilização do método participativo / Gláucia Chaguri Fumes. -Rio Claro : [s.n.], 2012
65 f. : il., gráfs., tabs., fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) -Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas Orientador: Leandro Eugenio da Silva Cerri

1. Erosão. 2. Método participativo. 3. Acidentes naturais. 4. Fenômeno geológico. 5. Cartas de risco. 6. Mapas de perigo. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP Campus de Rio Claro/SP

GLÁUCIA FUMES CHAGURI

**ANÁLISE DE MÉTODOS DE MAPEAMENTO DE PERIGO: UMA PROPOSTA DE ELABORAÇÃO
DE MAPEAMENTO DE PERIGO DE ESCORREGAMENTO PLANAR DE SOLO VIA UTILIZAÇÃO
DO MÉTODO PARTICIPATIVO**

Trabalho de conclusao de curso apresentado para a
Comissão do Trabalho de Conclusao do Curso de
Geologia do Instituto de Geociencias e Ciencias Exatas –
UNESP, campus de Rio Claro, como parte das
exigencias para cumprimento da disciplina Trabalho de
Conclusao de Curso no ano letivo de 2012.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Leandro Eugenio da Silva Cerri - Orientador
Departamento de Geologia Aplicada – Universidade Estadual Paulista – Campus
Rio Claro

Prof. Dr. José Eduardo Zaine
Departamento de Geologia Aplicada – Universidade Estadual Paulista – Campus
Rio Claro

Prof. Dr. Sofia de Amorim Mascaró
Departamento de Geologia Aplicada – Universidade Estadual Paulista – Campus
Rio Claro

Rio Claro, SP ____ de _____ de 2012

Para meus pais, Marcos e Sandra,
para meus irmãos, Letícia e Gustavo e
para a companheira Livia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, **Sandra Maria Fumes Chaguri** e **Marcos Chaguri** e aos meus irmãos, **Letícia Fumes Chaguri** e **Gustavo Fumes Chaguri**, por sempre estarem ao meu lado, me apoiando e compartilhando os momentos de alegria e de sofrimento nessa minha caminhada universitária e sobre tudo na vida. Agradeço aos meus pais pela educação que me proporcionaram e por todo esforço que fizeram para que eu estudasse em uma universidade pública. Sou grata também ao companherismos dos meus pais e irmãos, à atenção e a todo amor, pois sem vocês nada teria sentido.

Ao Prof. Dr. **Leandro Eugenio da Silva Cerri**, pela paciência, confiança, atenção e orientação que proporcionaram a plena liberdade para realização desta pesquisa, assim como pelas poucas, mas importantes conversas que permitiram adquirir conhecimento científico e sobre tudo trocas de experiencias de vida que me fizeram acreditar na minha capacidade e também por me apresentar uma outra geologia que me despertou novamente a vontade e o interesse pelo conhecimento.

À **Livia Maria Tonelli**, grande e eterna amiga, sem a qual não seria possível a realização desta pesquisa, agradeço por ter estado ao meu lado em todos os momentos que necessitei, compartilhando comigo as dificuldades, as alegrias e as reflexões desta vida, pela atenção, pelo amor, pela cumplicidade e companherismo que em grande parte foram responsáveis pelo que sou hoje, e por me fazer enxergar a realidade deste mundo, me despertando o interesse pela sociedade, me trazendo questionamentos e reflexões que permitiram o aperfeiçoamento do meu senso crítico. Além disso, agradeço às sugestões, ao acompanhamento e à revisão crítica e inteligente em todo o processo de desenvolvimento desta pesquisa. Mulher forte, de grande coração e extremamente inteligente.

A minha prima-irmã **Renata de Paula Fumes**, que sempre esteve lutando junto comigo para conseguirmos entrar em uma universidade pública. Juntas, passamos por boas experiências de vida e aprendemos muito. Agradeço por se preocupar comigo e sempre estar disposta a me ajudar.

Agradeço a tia **Eliane Chaguri** por toda atenção, por sempre estar presente nos momentos que precisei e principalmente por ter me apresentado a Nora, sendo assim a responsável pelo meu ingresso no cursinho e posteriormente na universidade.

Agradeço à professora e amiga **Nora Jeane Santos Silva**, por me apresentar o mundo das ciências, pois foi em seu cursinho diante de suas aulas que o sonho de ingressar em uma universidade pública começou a se tornar realidade. Agradeço pelos bons conselhos, pelas sinceras e verdadeiras conversas, pela confiança na minha capacidade, pela paciência e por ter me recebido em seu “cursinho”, espaço onde eu conheci pessoas muito interessantes e construí grandes amizades. Agradeço por me proporcionar uma das melhores fases da minha vida.

Ao meu professor e grande amigo **Arnaldo Sardenberg** pelas ótimas aulas de matemática, pelas conversas sempre muito engraçadas, pelos almoços que ele fazia para nós. Agradeço ao seu carinho e a sua dedicação e também agradeço por aguentar sempre com muito humor o trio “parada dura”, **Bruno, Mariane e Gláucia**.

Aos grandes amigos e companheiros de estudo **Bruno e Mariane Martine**, agradeço pelos bons momentos que passamos juntos. “Brunão” sinto sua falta, espero nos revermos em breve.

Agradeço as tias **Alayde Chaguri** e **Eny Chaguri**, por me proporcionarem melhores condições de estudo e também pelo apoio, atenção e confiança.

À Prof. Dra. **Thais Queluz** e ao seu filho, **João Thomaz Queluz**, que viabilizaram meus estudos nesta universidade, agradeço ao apoio e à confiança.

À meus avós, a todos os tios, primos e amigos que eu não citei aqui, mas que de algum modo contribuíram na minha caminhada da vida e conseqüentemente no meu ingresso na universidade.

Aos amigos, **Gabriela Gomes de Souza, Maya Riemi Onishi, Lise Tatiane Wenceslau, Kátia Cortez, Julia Favoreto, Celine Coutinho, Stefani Aurélio**.

Finalmente agradeço a **Deus**, por sempre ter me amparado.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso teve por objetivo promover uma análise crítica de métodos de elaboração de mapeamentos de perigo de escorregamento e a apresentação de uma proposta de mapeamento de perigo a partir da utilização do método participativo como um instrumento facilitador na identificação de processos geológicos adversos. A pesquisa foi executada a partir da revisão bibliográfica sobre conceitos associados ao tema riscos geológicos e sobre a tipologia e características dos movimentos gravitacionais de massa. Foram analisados especialmente os métodos de elaboração de mapas de perigo tradicional/clássico e alternativo. Apresenta-se uma proposta de elaboração de mapas de perigo utilizando-se o método participativo, entendido como importante ferramenta no combate à ocorrência dos acidentes naturais. Acredita-se que por meio da integração do trabalho desenvolvido por especialistas contando com a participação dos agentes envolvidos, ou seja, comunidade local e interessados, a prevenção de acidentes associados a escorregamentos poderá ser mais efetiva. Essa revisão bibliográfica e proposta de trabalho se esgotam em si própria. É necessário o contínuo avanço nas discussões, debates e investigações temáticas, assim como políticas públicas que atuem nos problemas identificados de maneira mais concreta.

Palavras Chaves: Fenômeno geológico, acidentes naturais, mapeamento de áreas de perigo de escorregamento, método participativo, cartas de risco e mapas de perigo.

Abstract: This final assignment aimed to promote a critical analysis of methods of preparation mappings danger of landslide and presentation of proposed development from the use of participative method, as an instrument to facilitate the identification of adverse geological processes. There search was executed from literature review about concept associated with geological dangers theme and the typology and characteristics of gravitational mass movements. We analyzed particularly the so-called methods of mapping danger tradicional/classic and alternative. It is believed, that integrating the work of specialists with the participation of involvedagents (local community and stake holders). This literature review and proposed work do noted in itself. You need the continuing advance in the discussion, debates and research on this topic as well as public policies that act on problems identified more concretely.

Keywords: Geological phenomenon, natural accidents, mapping landslide hazard areas, participatory method.

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO.....	1
2-OBJETIVO.....	5
3-MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO.....	6
4-RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO.....	11
4.1-Resultados da pesquisa sobre conceitos básicos relacionados aos perigos geológicos.....	12
4.2-Resultados da pesquisa sobre processos de movimentos gravitacionais de massa	18
4.2.1-CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA.....	18
4.2.1.1- Escorregamentos.....	23
4.2.1.1.1- Escorregamentos rotacionais ou circulares.....	24
4.2.1.1.2- Escorregamentos translacionais ou planares.....	26
4.2.1.1.2.1- Indícios de escorregamento planar de solo.....	29
4.2.1.1.3 Escorregamentos em cunha	30
4.3-MÉTODO DE MAPEAMENTO DE PERIGO TRADICIONAL/CLÁSSICO E ALTERNATIVO.....	31
4.3.1-CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	31
4.3.2 MÉTODO DE MAPEAMENTO TRADICIONAL/CLÁSSICO (ZERMOS).....	34
4.3.3-MÉTODO DE MAPEAMENTO DE PERIGO ADOTADO NO BRASIL.....	36
4.3.4-MÉTODO DE MAPEAMENTO DE PERIGO DE ESCORREGAMNETO REALIZADO POR NÃO ESPECIALISTAS.....	41
4.3.5-MÉTODO PARTICIPATIVO DE MAPEAMENTO DE PERIGO.....	43
4.3.6-PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PERIGO DE ESCORREGAMENTO PLANAR DE SOLO COM UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PARTICIPATIVO.....	45
5-CONCLUSÃO.....	49
6-REFERÊNCIAS	51
7-BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	53
ANEXO I	53
ANEXO II	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estimativa de mortes causadas por acidentes naturais no século XX.....	2
Figura 2 - Fluxograma das etapas da pesquisa.....	7
Figura 3 - Classificação de riscos ambientais (CERRI, 1993; CERRI e AMARAL, 1998).	13
Figura 4 - Principais tipos de escorregamentos (INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998).....	24
Figura 5 - Esquema para ocorrência de escorregamento rotacional (modificada de INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998; organizada por FÁBIO REIS).....	25
Figura 6 - Escorregamento rotacional ocorrido em 1928 no Monte Serrat, Santos (SP), com destruição de parte da antiga Santa Casa e contabilizou mais de 80 mortes (Foto do arquivo de C. M. Nunes).	26
Figura 7 - Escorregamento rotacional ocorrido em dezembro de 2008 na cidade de Jaraguá do Sul (SC), (arquivo do IG).....	26
Figura 8 – Esquema de ocorrência de escorregamento planar de solo (modificada de INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998; organizada por FÁBIO REIS).....	27
Figura 9 – Escorregamento planar de solo.....	28
Figura 10 – Escorregamento planar de solo em aterro lançado.....	28
Figura 11 – Árvore com inclinação, evidenciando a instabilidade do terreno.....	55
Figura 12 – Presença de trincas no solo ou em aterro indicativo de feição de instabilidade	55
Figura 13 – Degrau de abatimento observado no piso de moradia.....	56
Figura 14 – Presença de trincas no piso.....	56
Figura 15 - Trincas em paredes de moradia indicando instabilidade do terreno.....	57
Figura 16 - Muro encurvado indicando a possibilidade e ocorrência imediata de ruptura	57
Figura 17 – Evidencia de instabilidade causada pelo lançamento de água de esgoto na superfície do terreno.....	58
Figura 18 - Surgência de água, causando a instabilidade do talude.....	58
Figura 19 – Esquema de escorregamento em Cunha (modificada de INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998; organizada por FÁBIO REIS).....	30

Figura 20 – Escorregamento em Cunha.....	31
Figura 21 – Fluxograma da análise de perigo e risco.....	33
Figura 22 – Setorização de risco em mapas georeferenciados.....	40
Figura 23 – Setorização de áreas de perigo em fotos aéreas de Helicóptero.....	40
Figura 24 – Ficha geral de campo.....	60
Figura 25 – Ficha de Setor.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro síntese dos termos mais utilizados na área de perigos geológicos e seus respectivos autores.....	17
Quadro 2 – Classificação simplificada de movimentos gravitacionais de massa, modificado de Varnes (1978) por Tominaga (2007).....	19
Quadro 3 – Classificação de movimentos de massa de Freire (1965) modificada por Guidicini & Nieble (1984).....	21
Quadro 4 - Principais tipos de movimentos de massa em encostas (Augusto Filho, 1992)..	22
Quadro 5 - Comparação entre algumas propostas brasileiras de classificação dos movimentos de massa em Fernandes Amaral (2003).....	23
Quadro 6 - Listagem de controle para diagnóstico de setores de risco e para descrição dos processos destrutivos.....	62
Quadro 7 - Critérios para caracterização da ocupação.....	63
Quadro 8 - Critérios para definição do grau de probabilidade de ocorrência de processos destrutivos do tipo escorregamentos em encostas ocupadas e solapamento de margens de córregos.....	64
Quadro 9 - Tipologia de intervenções voltadas à redução de riscos associados a escorregamentos em encostas ocupadas e a solapamentos de margens de córregos.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de óbitos causados por acidentes associados a escorregamentos no Brasil por ano, desde 1988. (Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT).....	3
--	---

1 INTRODUÇÃO

Os desastres naturais são uns dos grandes responsáveis por milhares de mortes em todo mundo. Segundo dados da organização não governamental World Watch Institute, as décadas de 1980 e 1990 concentraram o maior número de vítimas em desastres naturais. Com o aumento populacional e consequente ocupação humana em áreas inadequadas e/ou com potencial para a ocorrência de fenômenos geológicos esses desastres tem se expandido ao longo dos anos de forma expressiva e preocupante.

Para a United National – *International Strategy for Disaster Reduction* (UN-ISDR, 2004 *apud* Tominaga, 2012, p.14) deve-se considerar que os *desastres* são perturbações em um determinado espaço e comunidade. Estes por sua vez provocam profundas transformações no ambiente, gerando perdas e danos que impedirão a normatividade na comunidade em questão. A autora, em seu trabalho, entende a definição de desastres naturais como

[...] resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com o impacto (TOBIN E MONTZ, 1997; MARCELINO, 2008 *apud* TOMINAGA, 2012, p.14).

Ainda que o conceito de desastres naturais seja o de maior visibilidade na opinião pública e na mídia em sua totalidade, expressa-se concordância com a afirmativa de Cerri (1993, p. 24) de que a conceituação mais adequada para se referir a esta temática é acidente. Segundo o mesmo autor, acidente é um fenômeno geológico que tenha causado uma interferência no homem e/ou em suas atividades e propriedades, causando consequências com dimensões variadas.

Os *desastres naturais* foram responsáveis pela morte de cerca de 4 milhões de pessoas no mundo ao longo do século XX, de acordo com estimativa realizada pelo Committee for Disaster Research of the Science Council of Japan, em 1989. Destaca-se que

[...] os danos causados pelos desastres naturais concentram-se nas últimas duas décadas, quando cerca de 3 milhões de pessoas morreram e outras 800 milhões foram afetadas negativamente, ocasionando gastos acima de 23 bilhões de dólares (Ogura, 1995 *apud* Reis, 2001)

Diante desses dados a Organização das Nações Unidas (ONU), nomeou os anos noventa como a “Década Internacional de Redução de Desastres Naturais – DIRDN”. O principal objetivo da *Década Internacional de Redução de Desastres Naturais* em relação aos países em desenvolvimento foi minimizar as quantidades de mortes e os danos sócio-

econômicos e materiais desencadeados pelos fenômenos naturais, tais como, terremotos, escorregamentos, erupções vulcânicas, “tsunamis”, inundações, vendavais, seca e desertificação, incêndios, pragas de gafanhotos, além de outras calamidades consideradas de origem natural. (Organizacion de Las Naciones Unidas, 1992 *apud* Cerri, 1993. p. 21).

Cabe destacar que, em termos mundiais, os terremotos são os processos geológicos responsáveis pela maior parte de mortes. A Figura 1 apresenta um panorama das mortes causadas por acidentes naturais.

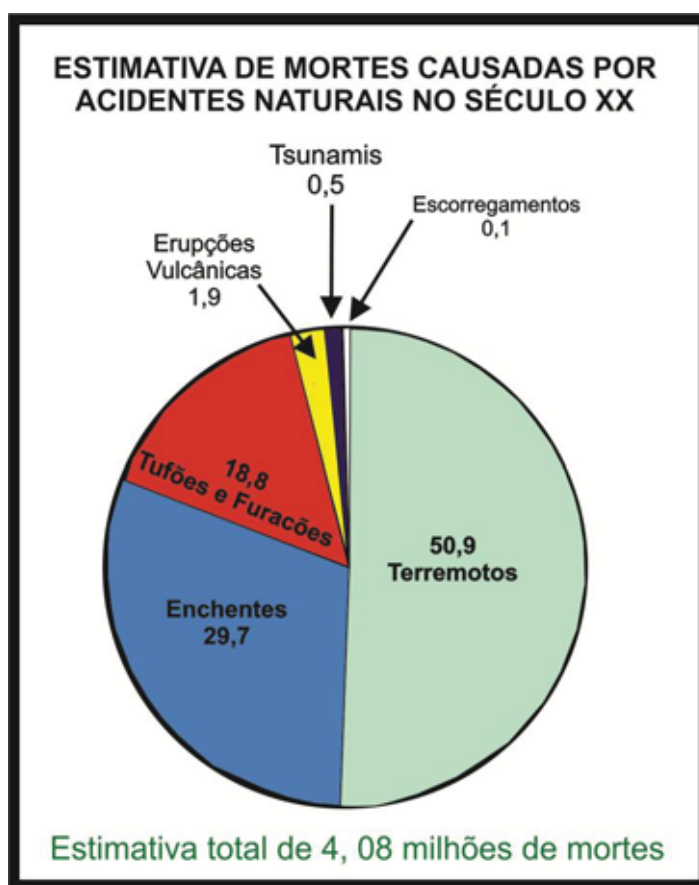


Figura 1- Estimativa de mortes causadas por acidentes naturais no século XX

Fonte: Committee for Disaster Research of the Science Council of Japan, em 1989. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco01.html>

Entretanto, no Brasil o processo geológico que mais causa a perda de vidas humanas são os escorregamentos, razão pela qual a presente pesquisa enfoca particularmente tais processos. A Tabela 1 apresenta o número de óbitos causados por acidentes associados a escorregamentos no Brasil por ano, desde 1988. Tal fato se explica, pois nosso país possui grandes áreas em regime de clima tropical com alta pluviosidade e relevo acidentado propício para ocorrência desse evento geológico. Acrescenta-se a ação antrópica que potencializa a ocorrência do evento, uma vez que no Brasil as características acima mencionadas coincidem com espaços de forte presença humana.

Tabela 1- Número de óbitos causados por acidentes associados a escorregamentos no Brasil por ano, desde 1988. Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT

ANO	NÚMERO DE MORTES
1988	277
1989	90
1990	34
1991	26
1992	99
1993	28
1994	64
1995	166
1996	228
1997	89
1998	23
1999	48
2000	85
2001	58
2002	68
2003	102
2004	57
2005	51
2006	13

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT

O Brasil deixou de ser um país rural a partir de 1970, ou seja, registrou-se para o País como um todo uma população urbana superior a população rural. Segundo os dados do Censo Demográfico, elaborados e fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na década de 1940 apenas 31,2% da população brasileira residia em espaços urbanos. Aos poucos a taxa de crescimento da população urbana foi aumentando, tendo seu auge entre as décadas de 1950 a 1980. Atualmente, observa-se um alto grau de urbanização do território nacional. O último Censo Demográfico (2010) aponta para uma taxa de 84%. É evidente que devido a toda complexidade e seletividade do sistema econômico o processo de urbanização ocorre de maneira diferenciada.

Esse processo acelerado de urbanização desacompanhando de políticas públicas necessárias para o adequado uso e ocupação do solo tem uma intrínseca relação com o aumento significativo de tragédias causadas pela ocorrência de acidentes naturais. Pode-se

observar comumente nos noticiários, mídias impressas e televisivas que os acidentes naturais se intensificaram.

As principais vítimas de escorregamentos de encostas são os habitantes das áreas periféricas das cidades e/ou as áreas precárias de infraestrutura de serviços básicos que viabilizem a reprodução da vida. De acordo com a Organização das Nações Unidas *apud* Cerri (2001), a frequência dos acidentes naturais e ampliação de suas consequências provêm da ação do homem, principalmente por suas formas de ocupação do território, bem como da concentração e adensamento dessa ocupação, o que leva a uma maior exposição aos perigos.

As áreas inadequadas para ocupação humana em sua maioria estão associadas aos locais afastados dos centros urbanos, com características que dificultam a habitação segura, como por exemplo, áreas de encostas e várzeas. Estas áreas possuem um baixo valor imobiliário e são próximas a aterros sanitários e depósitos de lixo e com pouca ou nenhuma infra estrutura. Assim, estes locais instáveis são mais suscetíveis aos desastres causados pelos acidentes naturais, especialmente em razão da ação antrópica.

Quando comparado com a quantidade de pesquisas realizadas em outras áreas do conhecimento geológico, como por exemplo a mineração, mapeamento de áreas cristalinas e sedimentares entre outras, percebe-se que o número de trabalhos, realizados sobre perigos geológicos é reduzido, isto por se tratar de um tema recente no Brasil e com pouco mais de vinte anos de estudos, no sentido de se atentar para a prevenção dos perigos, entende-se que é de extrema importância estudar o comportamento dos fenômenos geológicos, especificamente os escorregamentos planares de solo, processo mais comum entre os acidentes geológicos registrados no Brasil. O objetivo desta pesquisa é propor um método de mapeamento de áreas de perigo de escorregamento planar de solo que seja realizado por especialista da área juntamente com a participação de pessoas interessadas. Desta maneira, o mapeamento terá a máxima proximidade com a realidade da comunidade que habita a área de perigo e possibilitando a ação de medidas de prevenção e remediação de perigo.

Esta proposta será alcançada através de uma revisão bibliográfica conceitual dos perigos geológicos, abordando de maneira sucinta os movimentos de massa, com enfoque para os escorregamentos planares de solo. Além de uma análise comparativa de quatro tipos de métodos de mapeamento de áreas de perigo: tradicional/clássico ZERMOS, mapeamento de escorregamentos para o Brasil, para não especialistas e mapeamento de perigo utilizando-se o método participativo.

2 OBJETIVO

O principal objetivo desta pesquisa foi apresentar uma proposta de elaboração de mapeamento de áreas de perigo de escorregamento planar de solo com utilização do método participativo. O método participativo consiste basicamente em uma oficina oferecida por especialistas em áreas de perigo às pessoas que tem interesse de colaborar com o mapeamento. Deste modo, os especialistas juntamente com a população interessada unem seus conhecimentos a fim de contribuir com este processo de produção de mapa de perigo.

3 MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

A presente investigação correspondeu a uma pesquisa de revisão bibliográfica de cunho metodológico e, desta forma, não se restringe a um estudo de caso específico. Com isso, representa uma contribuição para proporcionar ampla aplicabilidade nas diferentes situações que envolvam perigo de escorregamento.

Para atingir o objetivo proposto na presente pesquisa foram realizadas sete etapas de trabalho:

1. Etapa - Pesquisa sobre conceitos básicos de perigos geológicos;
2. Etapa - Pesquisa sobre processos de movimentos gravitacionais de massa, com foco nos escorregamentos planares de solo;
3. Etapa - Análise de método de mapeamento tradicional/clássico ZERMOS
4. Etapa - Análise de método de mapeamento de perigo adotado no Brasil
5. Etapa - Análise de método de mapeamento de perigo realizado por não especialistas
6. Etapa - Análise de método participativo de mapeamento de perigo
7. Etapa - Proposta de elaboração de mapeamento de áreas de perigo de escorregamento planar de solo com utilização do método participativo.

A seguir é apresentado o fluxograma com as referidas etapas de pesquisa (Figura 2).

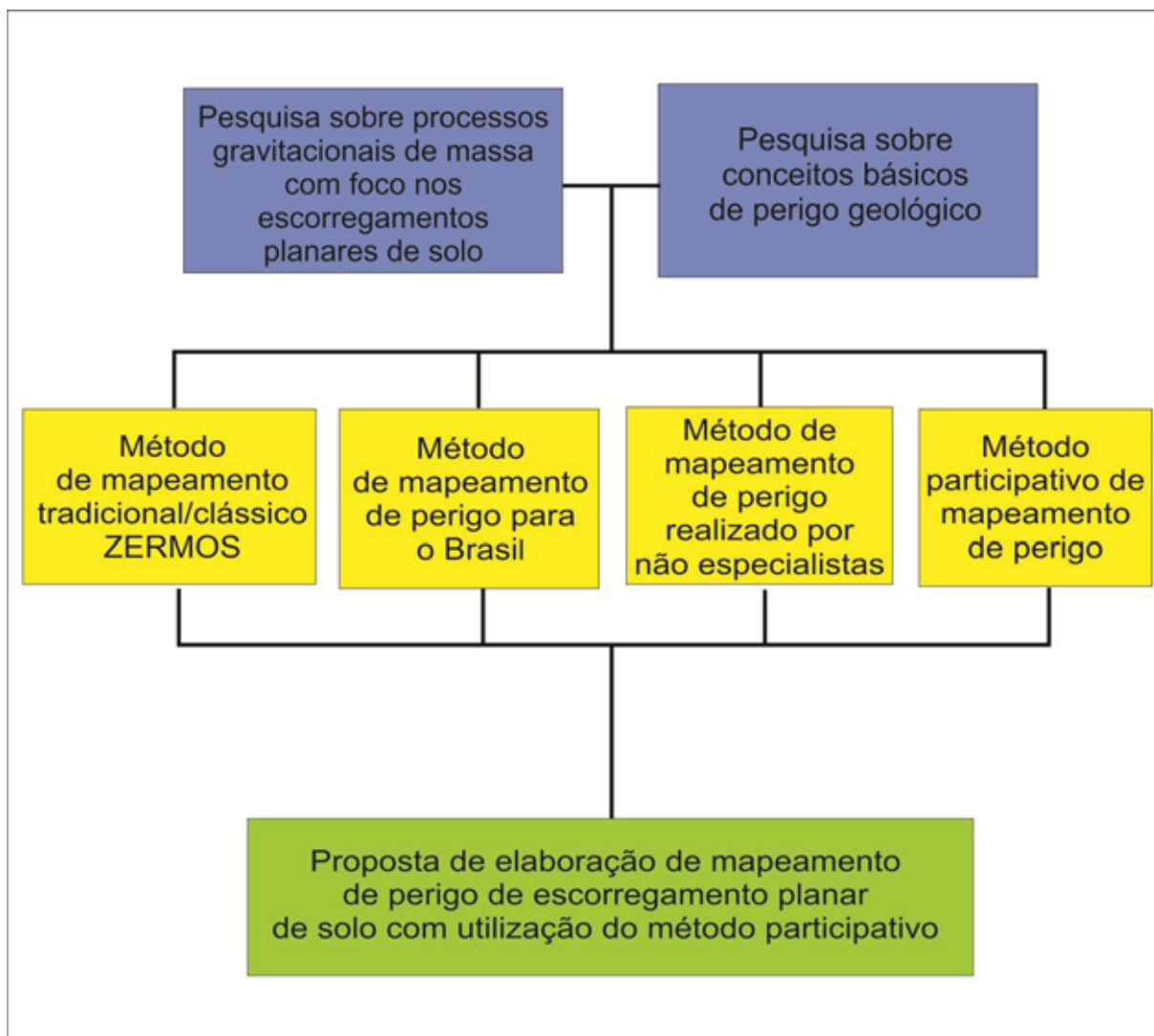


Figura 2 – Fluxograma das etapas da pesquisa.

1. Etapa – Pesquisa bibliográfica sobre conceitos básicos de perigo

Na etapa1 realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre conceitos básicos associados aos principais termos conceituais relacionados ao assunto da presente pesquisa, como risco geológico, perigo geológico, suscetibilidade, evento, acidente, desastre, bem como os correspondentes termos utilizados na língua inglesa, especialmente hazard, risk, event e disaster.

2. Etapa - Pesquisa sobre processos de movimentos gravitacionais de massa, com foco nos escorregamentos planares de solo

Na etapa 2 foi realizada uma pesquisa bibliográfica destinada a proporcionar um entendimento completo dos tipos, condicionantes, agentes deflagradores e consequências dos diferentes processos de movimentos gravitacionais de massa, com enfoque especial para os escorregamentos planares de solo, já que estes correspondem aos processos que mais provocam perdas de vidas humanas devido à acidentes geológicos no Brasil.

Tanto a primeira quanto a segunda etapas foram realizadas na biblioteca da Unesp – *Campus* de Rio Claro, por meio de consultas as obras disponíveis no acervo local e também da produção científica de outras bibliotecas de instituições públicas e centros de pesquisas via acesso *online* e parcerias institucionais.

Cabe ressaltar que, de início, foram consultadas bibliografias cedidas e indicadas pelo orientador da presente pesquisa e, a partir dos primeiros resultados obtidos, foi realizada consulta dirigida à artigos identificados como de interesse à investigação. Durante as consultas bibliográfica não houve restrição quanto ao caráter do trabalho produzido e publicado. Assim, foram pesquisados artigos publicados em revistas e eventos científicos, teses e dissertações, bem como publicações editadas por instituições que atuam no tema, a exemplo do IPT, IG e Ministério das Cidades. Posteriormente, foi ainda realizada uma pesquisa bibliográfica mais ampla acerca dos termos a serem abordados nesta pesquisa.

Esta fase da pesquisa bibliográfica foi realizada tanto na biblioteca da Unesp – *Campus* de Rio Claro quanto em acertos acessados via internet, sempre baseadas em uma busca por palavras-chaves. As palavras-chaves utilizadas foram: desastres naturais; risco geológico, método de mapeamento de áreas de risco; escorregamentos; escorregamentos planares de solo; fenômenos geológicos; movimentos gravitacionais de massa, perigo geológico, mapeamento de perigo, acidente, desastre e suscetibilidade.

Em relação aos tipos de sites consultados, buscou-se acessar os sites específicos para trabalhos científicos como *SciELO, Google Acadêmico, Instituto Brasileiro de Geografia e*

Estatística e outros de caráter não acadêmicos, mais aliados à vinculação de notícias cotidianas, como jornais *Folha de São Paulo* e *O Estado de São Paulo*.

À partir da etapa 3 se iniciam as análises e breves descrições dos quatro tipos de métodos de mapeamento de perigo pertinentes a essa pesquisa. Para a análise dos métodos de mapeamento utilizou-se um método próprio, desenvolvido de maneira empírica, não se apoiou em nenhuma metodologia específica existente na literatura e sim apenas na leitura minuciosa de cada um dos métodos de mapeamento, de maneira que fosse possível compreender seu conteúdo e identificar as etapas de estruturação do mesmo.

3. Etapa - Método de mapeamento tradicional/clássico ZERMOS

Este método foi Geologia de Engenharia, capítulo 17, p. 587, escrito por Oliveira, A.M.S; Brito, S.N.A. edição de 1998 e cedido pelo orientador desta pesquisa.

Realizou-se uma leitura atenciosa do método onde foi possível identificar seus pontos mais relevantes que posteriormente foram descritos nesta pesquisa.

4. Etapa - Método de mapeamento de perigo adotado no Brasil

Nesta etapa, o método analisado foi proposto por Cerri (2006) no livro *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para elaboração de Políticas Municipais*, publicado pelo Ministério das Cidades em 2006. Este livro foi adquirido via internet, através do site do Ministério das Cidades.

Foi feita uma leitura apurada deste método e em seguida se apresentou nesta pesquisa um resumo do mesmo apontando seus aspectos mais importantes.

5. Etapa - Método de mapeamento de perigo realizado por não especialistas

Este método foi elaborado por MACEDO (2001), em sua tese de doutorado, com o título “Elaboração de Cadastro de Risco Iminente Relacionado a Escorregamentos: Avaliação Considerando Experiência profissional, Formação Acadêmica e subjetividade. Esta tese foi consultada na biblioteca da Unesp – *Campus* de Rio Claro.

Este método foi cuidadosamente analisado, de maneira a assimilar a construção de sua estrutura e criando condições de resumi-lo e apresentá-lo na presente pesquisa.

6. Etapa - Método participativo de mapeamento de perigo

Nesta etapa o referido método foi idealizado por Carpi Junior *et al* (2012) e apresentado no Congresso Brasileiro Sobre Desastres Naturais, Rio Claro (SP) em maio de 2012 com o título: *Experiências de mapeamento de riscos ambientais no Estado de São Paulo*

com utilização de método participativo. Este método foi consultado no “cd” disponibilizado pelo Congresso Brasileiro Sobre Desastres Naturais, Rio Claro (SP), contendo todos os trabalhos publicados no mesmo em formato de arquivo pdf.

O método em questão foi lido e analisado. A partir dessa leitura foi possível adquirir base para poder descreve-lo de maneira concisa, porém relevante.

7. Etapa - Proposta de elaboração de mapeamento de áreas de perigo de escorregamento planar de solo com utilização do método participativo.

Esta propostas foi elaborada a partir da análise comparativa e interpretação dos métodos anteriormente apresentados, além da revisão sobre os conceitos básicos relacionados aos riscos geológicos. Deste modo, foi possível obter subsídios para a construção da estrutura desta proposta de método.

Destaca-se o método participativo utilizado como base essencial para a elaboração desta proposta.

4 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Nas últimas duas décadas é possível observar que o número de trabalhos relacionados a área de mapeamento de perigos geológicos vem aumentando sua produção e publicação no cenário científico brasileiro, mas mesmo assim, quando comparados a imensa gama de trabalhos científicos de outros ramos da geologia, ainda possui um número reduzido de publicações. Os pioneiros desse campo de investigação foram Prandiniet *al.* (1987) e Sobreira (1989). Posteriormente a temática em questão obteve maior visibilidade com os trabalhos técnicos realizados no âmbito da Geologia de Engenharia.

Os poucos trabalhos científicos relacionados a esse campo investigativo já são suficientes para causar uma certa confusão entre as definições dos termos relacionados a área, pois há muitas divergências entre os autores quanto às nomenclaturas e conceituações consideradas mais adequadas para situações que envolvam os perigos geológicos.

Lavell (2000) *apud* Nogueira (2002, p. 40) fez uma análise comparativa das terminologias que tratam de desastres. Tal estudo foi subsidiado pela divisão de Respostas a Emergências do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (ERD-UNP). O autor citado constatou quatro pontos principais de divergências entre os diferentes trabalhos analisados:

- a) falta geral de atenção aos conceitos ou termos;
- b) interpretação e usos diferentes para os mesmos conceitos ou termos;
- c) em documentos de uma mesma agência são encontradas diferenças de terminologia em diversos momentos;
- d) abordagens desatualizadas para tópicos que têm evoluído para conceitos mais modernos.

Segundo Nogueira (2002, p.40) há alguns autores brasileiros que entendem a importância de uma equivalência entre os termos e conceitos utilizados na área de desastres naturais. Esses autores produziram trabalhos que permitiram fortalecer a proposição de Augusto Filho *et al.* (1990) em que se propõem a homogeneização nacional dos termos em questão.

A seguir, apresentam-se uma série dos principais termos e conceitos relacionados às áreas de perigos geoambientais e suas diversas propostas de classificações de acordo com as interpretações de diferentes autores.

4.1 Resultados da pesquisa sobre conceitos básicos

Varnes (1984) *apud* Tominaga (2007, p. 40) foi o responsável pelas definições referentes aos conceitos de perigo e risco, ambos aplicados nas pesquisas sobre escorregamentos. Tais conceitos e termos foram propostos pelo autor após uma revisão realizada para a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). A seguir são apresentadas suas definições.

Perigo Natural – *H (Natural Hazard)* corresponde à probabilidade de um fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer dentro de um determinado intervalo de tempo e numa dada área;

Vulnerabilidade – *V (Vulnerability)* refere-se ao grau de perda de um determinado elemento ou um conjunto de elementos em risco, resultante da ocorrência de um fenômeno natural de uma dada magnitude. É expressa numa escala de 0 a 1, de nenhum dano à perda total, respectivamente.

Risco Específico – *Rs (Specific risk)*, corresponde ao grau esperado de perda devido a um fenômeno natural particular, podendo ser expresso em termos do produto entre Perigo (*Hazard*) e Vulnerabilidade ($H \times V$);

Elementos em Risco – *E (elements at risk)* são relativos à população, propriedades e atividades econômicas, incluindo serviços públicos, em risco em uma dada área;

Risco total – *Rt (total risk)*, refere-se ao número esperado de perdas de vidas, de pessoas afetadas, danos a propriedade, ou interrupção de atividades econômicas devido a um fenômeno natural específico. Pode ser expresso pela equação:

$$Rt = (E) \times (RS)$$

Como $Rs = H \times V$

Risco total pode ser expresso como: $Rt = (E) \cdot (H \times V)$

Para Rahn (1986) *apud* Cerri (1993, p.25)

[...]“os fenômenos naturais não são riscos, eles tornam-se riscos por causa do homem, de sua ignorância ou de sua negligência”. E cita o exemplo apresentado por Tanaka (1981): um terremoto em uma área não ocupada é um evento sísmico; quando o homem constrói nesta área, ele cria um risco sísmico; quando novo terremoto acontece e as construções são destruídas e pessoas são mortas, ocorre um acidente sísmico.”

Segundo Cerri (1993, p.25) os autores White (1974), Bolt *et al.* (1975) e Augusto *et al.* (1990) corroboram com a definição acima. Seus trabalhos possuem algumas particularidades em relação aos tipos de fenômenos atuantes. No entanto, de uma maneira

generalizada todos compreendem que para haver uma situação de risco em uma determinada área é necessário que esta seja ocupada pelo homem, se assim não for, não há risco e sim apenas a possibilidade de ocorrência de um evento (denominada suscetibilidade por grande parte dos autores).

Complementa Lavell (2001) *apud* Nogueira (2002, p. 48) que para haver o perigo é imprescindível a presença da vulnerabilidade, ou seja, se não houver possibilidade de ocorrer danos diante de um evento físico, o perigo e o risco inexistem, havendo assim apenas um físico natural, social ou tecnológico que não causam consequências em uma sociedade.

Acredita-se que tais conceituações contemplam e representam a realidade em estudo de maneira mais completa.

Cerri & Amaral (1998) *apud* Tominaga (2007, p. 41) possuem uma concordância com a proposição feita pelo autor citado acima e também propõem uma classificação de risco que possui uma derivação à partir dos riscos ambientais, conforme pode ser observado na figura 3.

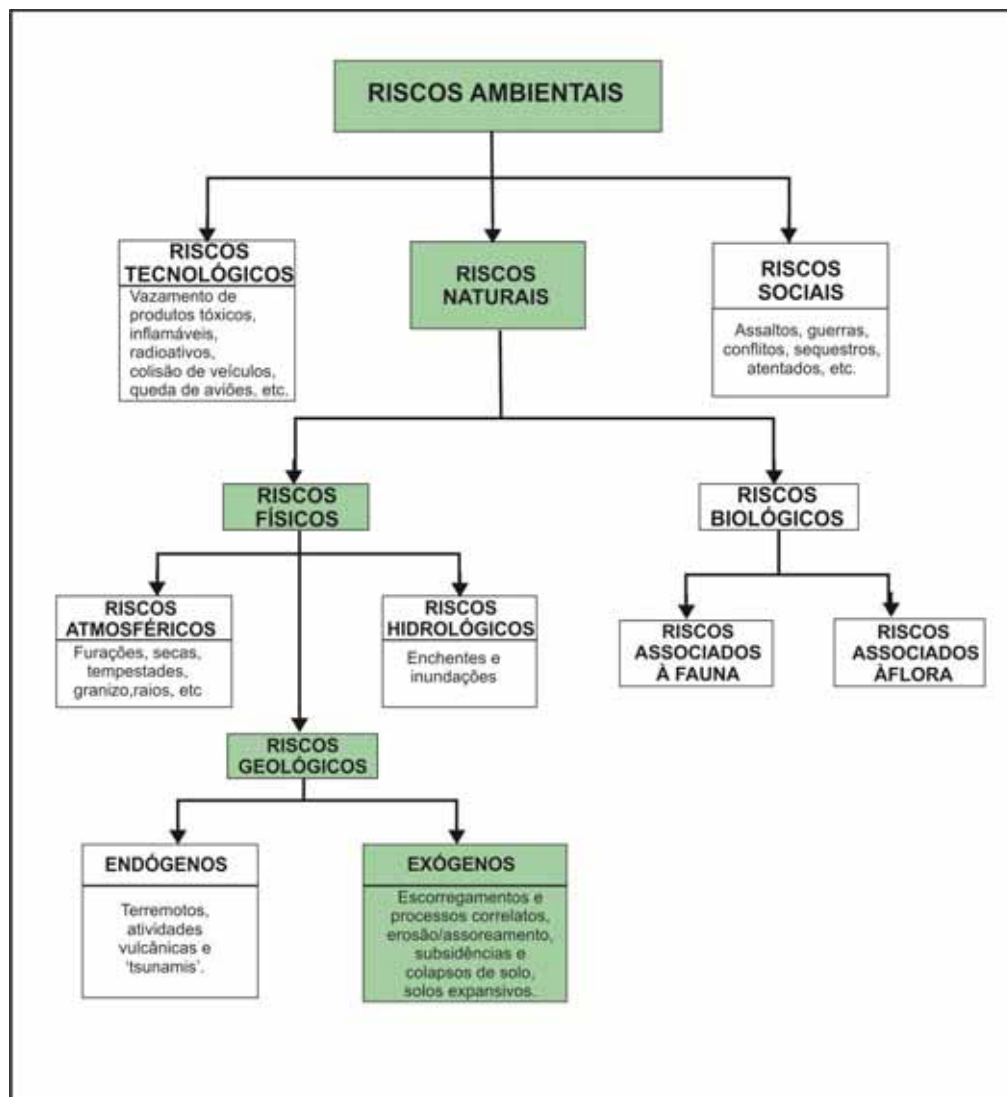


Figura 3 - Classificação de riscos ambientais (CERRI, 1993; CERRI & AMARAL, 1998, *apud* SANTOS, 1998, cap. 18, p. 301).

Outra divergência que permeia os diferentes estudiosos da área de risco esta relacionada aos termos desastre, catástrofe e acidentes. Para Nogueira (2002, p.42) desastres e acidentes podem ser classificados de acordo com seus distintos graus de consequências, sendo o desastre de maior grau que os acidentes.

Cerri (1993, p.24) prefere utilizar o termo “acidente” em substituição à “desastre”. Para o referido autor “o mesmo acidente” pode ter interpretações e significados distintos de acordo com os diversos locais, ou ainda quando em um mesmo local é presenciado por comunidades que não são semelhantes. Desta forma, se entende que a dimensão e as consequências diretas e indiretas de um acidente é determinada através do estágio de desenvolvimento econômico, dos aspectos culturais e da capacidade de enfrentamento e reabilitação de uma comunidade ou parte da população atingida.

Outra proposta de conceituação referente aos termos utilizados em riscos, associados aos escorregamentos é feita por Einsten (1988) *apud* Tominaga (2007, p.41) . Este autor define os vocábulos “danger”, “hazard” e “risk”, que caracterizam, fenômeno, imprevisibilidade e consequências, respectivamente. A seguir estão representadas essas classificações.

Perigo (*Danger*) – fenômeno natural que neste caso, corresponde ao escorregamento;

Perigo (*Hazard*)- probabilidade de um fenômeno (*danger*) ocorrer dentro de um dado período de tempo. No entanto, o autor discute que estes fenômenos perigosos são em geral, imprevisíveis ou apenas limitadamente previsíveis. Esta certeza é avaliada em termos de probabilidade para um fenômeno em particular. Muitos mapas de suscetibilidade a escorregamentos (por exemplo o de Brabb et al., 1972) correspondem a *hazard* pela equivalência da probabilidade espacial à probabilidade temporal.

Risco (*Risk*) – Perigo (*hazard*) x dano potencial (perdas)

Outra definição bastante utilizada foi proposta por Augusto Filho *et al.* (1990) *apud* Nogueira (2002, p. 41) onde o autor conceituou risco como sendo a probabilidade ou possibilidade de ocorrência de um dano a uma população (pessoas, estruturas físicas, sistemas produtivos) ou a um segmento da mesma. É uma condição potencial de ocorrência de um acidente.

Interpretando a conceituação citada acima, podemos expressa-la matematicamente de acordo com a equação a seguir: $R = P \times C$. Onde:

R = risco

P = probabilidade (se quantificada) ou frequência (F) ou possibilidade da ocorrência de um evento

P = S = suscetibilidade de uma área à ocorrência de um determinado evento

C = consequências

Tominaga *et al.* (2004) e Tominaga (2007), embasaram-se nas pesquisas de Varnes (1984), Einstein (1988) e UN-ISDR (2004), para propor suas definições sobre os termos relacionados aos riscos geológicos (TOMINAGA *et al.*, 2012, p. 151). A seguir são apresentadas as definições:

Perigo – refere-se à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado.

Vulnerabilidade – conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos. A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistência de construções e proteções da infraestrutura) como fatores humanos, tais como, econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais.

Risco – é a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem.

Assim, considera-se o Risco (R) como uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), o qual pode ser expresso como: $R = P \times V \times DP$.

Através da análise dos termos técnicos utilizados na língua inglesa, Augusto Filho *et al.* (1990, p. 335), realizaram uma tradução/interpretação para a língua portuguesa. Propuseram as seguintes nomeações: *event* (evento), *disaster* (desastre ou acidente), *hazard* (risco) no sentido expresso em BUARQUE DE HOLANDA (1985), que significa perigo ou possibilidade de perigo) e, *risk* (análise de risco: quantifica a circunstância ou situação de risco). A seguir apresenta-se uma proposta de conceituação dos termos, evento, acidente, risco e análise de risco, geológicos:

Evento – Processo geológico que tenha ocorrido sem causar consequências sócio-econômicas.

Acidente – Processo geológico que tenha ocorrido causando consequências socioeconômicas

Risco – Circunstâncias ou situação de perigo, perda ou dano, social e econômico, devido a uma condição geológica ou a uma possibilidade de ocorrência de processo geológico induzido ou não.

Análise de risco – Quantificação da circunstância ou situação de risco natural.

Esta pesquisa adota os conceitos e denominações propostos por Augusto Filho *et. al* (1990, p. 340) com exceção do termo risco que será definido adiante.

Na presente pesquisa também foi realizada a substituição do termo *risco* para *perigo*, pois diante da comparação entre as conceituações propostas pelos diferentes autores observou-se uma discordância conceitual acerca dos referidos termos. Nas definições formuladas a partir da década de 1990 os autores utilizavam o termo *hazard* que em português era traduzido como risco para designar a probabilidade de danos sem levar em consideração a quantificação monetária das consequências. Atualmente, há uma tendência em se empregar o termo perigo em substituição ao termo risco utilizado na década de 1990. Por outro lado as propostas mais recentes de conceituação apresentadas por diferentes autores reservam o termo risco para situações em que há a quantificação monetária das consequências.

Deste modo nesta pesquisa houve a adoção do termo risco proposto em material publicado pela UN-ISDR (2004) *apud* Tominaga *et al.*(2012, p. 150), porém substituiu-se termo *risco* por *perigo* devido a coerência com seu real significado e as tendências atuais da maioria dos autores consultados. A UN-ISDR (2004) *apud* Tominaga *et al.*(2012, p. 150) considera

Perigo como a probabilidade de consequências prejudiciais, ou danos esperados (morte, ferimentos a pessoas, danos a propriedades, interrupção de atividades econômicas ou degradação ambiental) resultantes da interação entre perigos naturais ou induzidos pela ação humana e as condições de vulnerabilidade.

A seguir é apresentado um quadro síntese dos termos mais utilizados referentes a área de perigos geológicos, com a indicação de seus respectivos autores e conceitos.

Quadro1 - Quadro síntese dos Termos mais utilizados na área de perigos geológicos e seus respectivos autores.

AUTORES	TERMOS MAIS UTILIZADOS		
	Perigo	Vulnerabilidade	Risco
Varnes (1984)	Perigo Natural – H (<i>Natural Hazard</i>) corresponde à probabilidade de um fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer dentro de um determinado intervalo de tempo e numa dada área;	<i>V (Vulnerabilty) refere-se ao grau de perda de um determinado elemento ou um conjunto de elementos em risco, resultante da ocorrência de um fenômeno natural de uma dada magnitude. É expressa numa escala de 0 a 1, de nenhum dano à perda total, respectivamente.</i>	Risco Específico – Rs (<i>Specificrisk</i>), corresponde ao grau esperado de perda devido a um fenômeno natural particular, podendo ser expresso em termos do produto entre Perigo (<i>Hazard</i>) e Vulnerabilidade ($H \times V$) Risco total – Rt (<i>total risk</i>), refere-se ao número esperado de perdas de vidas, de pessoas afetadas, danos a propriedade, ou interrupção de atividades econômicas devido a um fenômeno natural específico.
Einsten (1988)	Perigo (Danger) fenômeno natural que neste caso, corresponde ao escorregamento; Perigo (Hazard) probabilidade de um fenômeno (<i>danger</i>) ocorrer dentro de um dado período de tempo.	—	Risco (Risk) Perigo (<i>hazard</i>) x dano potencial (perdas).
Tominaga <i>et al.</i> (2012)	Refere-se à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado.	Conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos. A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistência de construções e proteções da infraestrutura) como fatores humanos, tais como, econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais.	É a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem.
Augusto Filho <i>et al.</i> (1990)	—	—	Circunstâncias ou situação de perigo, perda ou dano, social e econômico, devido a uma condição geológica ou a uma possibilidade de ocorrência de processo geológico induzido ou não.

4.2 Resultados da pesquisa sobre processos de movimentos gravitacionais de massa

Em todo mundo as regiões serranas e montanhosas possuem uma dinâmica geomorfológica. Estas regiões são modificadas pelos processos de movimentos gravitacionais de massa, com destaque para o escorregamento, que age nas encostas dinamizando as vertentes (TOMINAGA, 2007, p.51).

Os principais mecanismos que provocam escorregamentos são os terremotos, os vulcanismos e os eventos pluviométricos. Este último é o responsável pela maior parte dos deslizamentos ocorridos no Brasil (CERRI,1993, p. 57).

Para Carvalho & Galvão (2006) *apud* Tominaga (2007, p. 51) a inundação também é outro fenômeno frequente no Brasil que causa muitos prejuízos à economia e a saúde pública. No entanto, são os escorregamentos que proporcionam numerosas vítimas fatais.

Neste item são abordados sucintamente, os processos de movimentos gravitacionais de massa e a conceituação do escorregamento planar de solo por se tratar do tipo de movimento gravitacional de massa que mais ocorre no Brasil. São apresentadas algumas classificações consideradas convenientes para este trabalho e que foram proposta por distintos autores.

4.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA.

Há muitos trabalhos científicos relacionados às diversas classificações de movimentos gravitacionais de massa, isto devido às perspectivas divergentes de cada autor. De acordo com a revisão bibliográfica realizada por Guidicini & Nieble (1976) *apud* Cerri (1993, p. 59) acerca das inúmeras classificações propostas, destacam-se alguns autores como Baltzer (1875), Heim (1882), Penk (1894), Molitor (1894), Braun (1908), Howe (1909), Almagià (1910), Stini (1910), Terzaghi (1925), Pollack (1925), Ladd (1935), Hennes (1936), Sharpe (1938), Terzaghi (1950), Varnes (1966), Skempton & Hutchinson (1969).

Tominaga (2007, p. 52) considera que as pesquisas sobre classificações dos movimentos gravitacionais de massa mais referidas na literatura internacional são as definições propostas por Sharpe (1938), Terzaghi (1950), Varnes (1958 e 1978), Hutchinson (1988) e Sassa (1989).

Sharpe (1938) foi o primeiro a apresentar um sistema de classificação completo, amplo e de fácil utilização. Em sua classificação o autor considera a natureza e a velocidade do movimento, assim como a quantidade de água e gelo envolvidos no processo, além do tipo de material envolvido (MACEDO, 2001 p. 25).

A classificação mais utilizada no mundo é a elaborada por Varnes (1978) (Quadro 2), que também foi adotada pela International Association of Engineering Geology and Environment (IAEG) e pela (UNESCO) no trabalho Working Party for World Land slide Inventory (WP/WLI, 1993). Esta classificação é simples, pois considera apenas os tipos de movimentos e os materiais envolvidos.

Quadro 2 – Classificação simplificada de movimentos gravitacionais de massa, modificado de Varnes (1978) por Tominaga (2007).

TIPO DE MOVIMENTO	TIPO DE MATERIAL		
	Rocha	Material Detrítico Grosseiro	Solos
Queda (falls)	Queda de blocos	Queda de detritos	Queda de solos
Tombamento (topples)	Tombamento de blocos	Tombamento de detritos	Tombamento de solos
Escorregamento: Rotacional (slump) e Translacional (slides)	Escorregamento de rocha	Escorregamento de detritos	Escorregamento de solo
Corrida (flows)	Avalanche de blocos	Corrida de detritos	Corrida de solo (ou lama)
Complexo	Combinação de dois ou mais tipos de movimentos		

Fonte: Varnes (1978), in Tominaga (2007).

Para Crozier, as classificações propostas por Varnes e Hutchinson são as mais utilizadas em países de língua inglesa. Hutchinson realizou uma classificação detalhada em 1988 propondo classes de recuo, rastejo, rompimento de taludes de montanhas, quedas e movimentos complexos de taludes (MACEDO, 2001, p. 27). Ambas as classificações são baseadas principalmente no tipo de movimento.

Selby (1982, 1993) *apud* Tominaga (2007, p. 52) define movimento gravitacional de massa como sendo

Movimentos do solo ou material rochoso ao longo da vertente sob a influência da gravidade, sem a contribuição direta de outro meio, tal como água, ar ou gelo. Água e gelo quase sempre são envolvidos em movimentos de massa pela redução da resistência dos materiais de vertente e por contribuir no comportamento plástico e fluido dos solos.

Os tipos de materiais mobilizados e os processos envolvidos são os responsáveis por determinar qual tipo de movimento de massa irá ocorrer. Assim, Selby (1982) *apud* Tominaga (2007, p.52) acredita ser necessário considerar alguns critérios como: velocidade e mecanismos do movimento; material; modo de deformação; geometria da massa; e o conteúdo de água, para se diferenciar o tipo de movimento atuante.

Cerri (1993, p. 57) compartilha da mesma linha raciocínio, já que compreende que cada tipo de movimento gravitacional de massa possui um sistema específico de instabilização. Segundo o mesmo autor, a expressão *escorregamentos*, no seu sentido restrito, é um tipo particular destes movimentos, mas quando aplicado de uma maneira genérica, o termo *escorregamento* é tratado como sinônimo dos *movimentos gravitacionais de massa* e por este motivo, usualmente se utiliza a expressão *escorregamentos e processos correlatos*.

Para o âmbito nacional os principais trabalhos científicos são os de Freire (1965), Vargas (1966), Costa Nunes (1969), Guidicini & Nieble (1984), IPT (1991) e Augusto Filho (1992). A seguir são apresentadas algumas classificações brasileiras.

Freire (1965) *apud* Tominaga (2007, p.53) apresenta uma classificação dos movimentos coletivos de solo e rocha divididos em três tipos básicos:

- escoamentos: composto por corridas (escoamento fluido-viscoso) e rastejo ou reptação (escoamento plástico)
- escorregamentos: rotacionais e translacionais
- subsidências: subsidências propriamente ditas, recalques e desabamentos.

Guidicini & Nieble (1984) compartilham com a classificação proposta por Freire (1965). Entretanto, fazem algumas alterações acerca da redistribuição das classes de escorregamento translacionais aplicando uma perspectiva diversa dos agentes e causas dos movimentos de massa como mostra o Quadro 3.

Processos	Sub-processos	Classes
Escoamentos	Rastejo (escoamento plástico)	• Rastejo de solo • Rastejo de detritos de tálus • Rastejo de rocha • Solifluxão • Rastejo de detritos de geleiras • Geleiras
	Corridas (escoamento líquido)	• Corrida de terra • Corrida de areia e silte • Corrida de lama • Avalanche de detritos
Escorregamentos	Escorregamentos Rotacionais	• Escorregamentos de taludes • Escorregamentos de base • Rotura rotacional do solo de fundação
	Escorregamentos Translacionais	• Escorregamento Translacional de rocha • Escorregamento Translacional de solo • Escorregamento Translacional de solo e rocha • Escorregamento Translacional retrogressivo • Queda de rocha • Queda de detritos
Subsidências	Subsidências	• Por carregamento de grãos • Por dissolução de camadas inferiores e cavernas • Por deformações de estratos inferiores • Por retirada do suporte lateral
	Recalques	• Por consolidação • Por compactação
	Desabamentos	• Por rotura de camada • Por subescavação • Por retirada do suporte lateral
Formas de transição ou termos de passagem		
Movimentos de massa complexos		

Quadro 3 – Classificação de movimentos de massa de Freire (1965) modificada por Guidicini & Nieble (1984) *apud* Macedo (2001).

O professor Milton Vargas após seus estudos na região do município de Santos (SP) e da Serra do Mar (SP), propôs, em Vargas & Pichler (1957) *apud* Macedo (2001, p. 28), três classes classificações para os escorregamentos sucedidos na porção litorânea da região sudeste do País:

- Rastejo de camadas superficiais do solo
- Movimento de detritos acumulados a partir de escorregamentos pretéritos: e
- Escorregamentos repentinos de solo

Há outra proposta de classificação de movimentos gravitacionais de massa, que inicialmente foi elaborada pelo IPT (1991) e posteriormente de particularizada por Augusto Filho (1992). Esta classificação foi considerada bastante simples e de fácil utilização, pois as

características analisadas são movimentos, materiais e geometria, sendo os movimentos de massa subdivididos em quatro tipos como mostrado o Quadro 4.

PROCESSOS	DINÂMICA/GEOMETRIA/MATERIAL
Rastejos (creep)	- vários planos de deslocamento (internos) - velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade - movimentos constantes, sazonais ou intermitentes - solo, depósitos, rocha alterada/fraturada - geometria indefinida
Escorregamentos (slides)	- 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 1 plano de fraqueza - Circulares – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas - Em cunha – solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas (falls)	- sem planos de deslocamento - movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado - velocidades muito altas (vários m/s) - material rochoso - pequenos a médios volumes - geometria variável: lascas, placas, blocos etc. - Rolamento de matacão - Tombamento
Corridas (flows)	- muitas superfícies de deslocamento - movimento semelhante ao de um líquido viscoso - desenvolvimento ao longo das drenagens - velocidades médias a altas - mobilização de solo, rocha, detritos e água - grandes volumes de material - extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Quadro 4 - Principais tipos de movimentos de massa em encostas (AUGUSTO FILHO, 1992 *apud* MACEDO, 2002).

Fernandes & Amaral (1996) *apud* Macedo (2001, p. 31) apresentaram uma comparação entre as propostas de classificações brasileiras de movimentos de massa de Freire (1965), Guidicini & Nieble (1984) e IPT (1991). A proposta inicial foi idealizada por Freire (1965) sob influência de Sharpe e posteriormente foi modificada por Guidicini & Nieble (1984). Estes incluíram na proposta de Freire (1965), formas de transição e movimentos complexos, redistribuindo os escorregamentos e aumentando o número de subdivisões. A classificação produzida pelo IPT (1991) foi baseada nas anteriores e detalhada por Augusto Filho (1992).

O Quadro 5 apresenta uma comparação entre as classificações propostas por Freire (1965), Guidicini & Nieble (1984) e IPT (1991).

Freire (1965)	Guidicini e Nieble (1984)	IPT (1991)
Escoamentos: Rastejo e corridas	Escoamentos: Rastejo e corridas	Rastejos Corridas de Massa
Escorregamentos: Rotacionais e Translacionais	Escorregamentos: Rotacionais, Translacionais, Quedas de Blocos e Quedas de Detritos	Escorregamentos
Subsidências e Desabamentos	Subsidências: Subsidências, Recalques e Desabamentos	Quedas/Tombamentos
	Formas de Transição Movimentos Complexos	

Quadro 5 - Comparação entre algumas propostas brasileiras de classificação dos movimentos de massa (FERNANDES & AMARAL, 2003 *apud* VANACÔR, 2006).

Na presente pesquisa foi adotada a classificação proposta por Augusto Filho (1992). A seguir é apresentada a descrição dos processos de escorregamento com ênfase para os escorregamentos planares de solo, enfoque da presente pesquisa.

4.2.1.1 Escorregamentos.

O escorregamento planar de solo é o processo de movimento gravitacional de massa que mais ocorre na região sudeste do Brasil, especificamente na Serra do Mar. Popularmente

o termo escorregamento possui diversas denominações como deslizamento, queda de barreira e desbarrancamento, estes correspondem ao *landslide* na língua inglesa.

Guidicini & Nieble (1984) *apud* Tominaga (2007, p. 54) conceituam o termo escorregamento como movimentos rápidos de pequena duração, onde o volume de massa de terreno é bem definido e cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude.

Para Infanti & Fornasari Filho (1998) *apud* Nogueira (2002, p. 59) os escorregamentos podem ser entendidos como “movimentos rápidos de massas de solo ou rocha, geralmente bem definido quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora de um talude (natural de corte ou aterro)”.

De acordo com Guidicini & Nieble (1984) *apud* Tominaga (2012, p. 28) normalmente os escorregamentos são deflagrados quando a relação entre a resistência ao cisalhamento do material e a tensão de cisalhamento na superfície potencial de movimentação diminui até alcançar uma unidade, no instante do escorregamento. Tominaga (2012, p. 29) interpretando essa definição, explica que a massa de solo será mobilizada quando a força da gravidade for superior ao atrito interno das partículas. A infiltração de água no maciço de solo também pode provocar a diminuição do atrito do material em condições de instabilidade.

Segundo sua forma e plano de ruptura, o escorregamento normalmente é dividido em rotacional e translacional, sendo o tipo de material mobilizado constituído por solo rocha, ou por uma mistura de ambos ou até mesmo por lixo doméstico (FERNANDES & AMARAL, 1996 *apud* NERY, 2011, p. 9).

Outra divisão proposta para os escorregamentos leva em conta a geometria e a natureza dos materiais mobilizados separando-os em três tipos: escorregamentos translacionais ou planares, escorregamentos rotacionais ou circulares e escorregamentos em cunha (Figura 4).

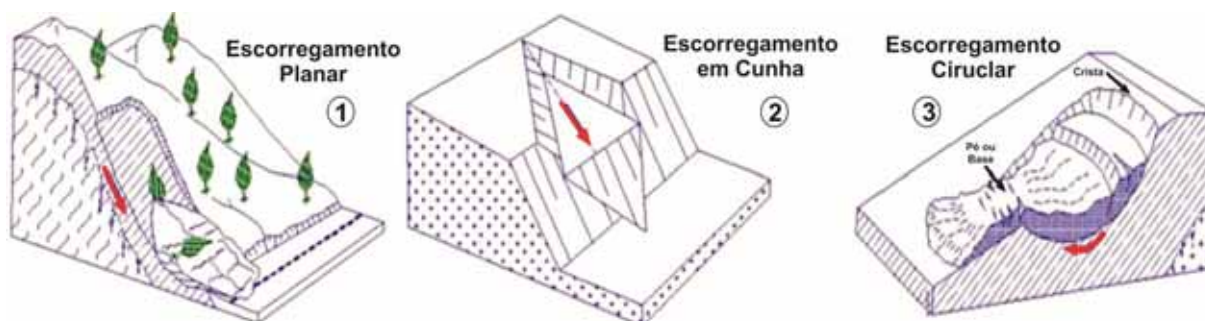


Figura 4- Principais tipos de escorregamentos (INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998 *apud* MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

Segundo Santos (1998, p. 131) as áreas de ocorrência dos três tipos de escorregamentos citados são, respectivamente:

- ① Frequentes nas encostas serranas brasileiras;
- ② Comuns em taludes de corte;
- ③ Comuns em aterros.

4.2.1.1.1 Escorregamentos rotacionais ou circulares.

Os escorregamentos rotacionais (slumps) são caracterizados por possuírem uma superfície de ruptura curva que possibilite o movimento rotacional de massa de solo (Figura 5). A ocorrência deste movimento esta associada à presença de solos espessos e homogêneos. Na Serra do Mar a ocorrência deste movimento está relacionada com o seu topo e à espigões. Em muitos casos o início do movimento é deflagrado devido à execução de cortes na base dos materiais sejam eles artificiais, como na implantação de uma estrada ou edificações, ou mesmo, pela erosão fluvial no sopé da encosta (SELBY, 1993; WOLLE e CARVALHO, 1994; FERNANADES & AMARAL, 1996, *apud* NERY, 2011, p. 9).

O escorregamento em questão é comum na região sudeste do Brasil. Este fenômeno é responsável pela movimentação do solo residual e quando é mobilizado subitamente ao longo de uma superfície de ruptura ou da própria rocha pode se tornar um processo desastroso. O grande escorregamento do Monte Serrat em 1928 (Figura 6) e os 60 escorregamentos ocorridos nos morros de Santos em 1956, são alguns dos exemplos de desastres envolvendo o fenômeno de escorregamento rotacional (VARGAS, 1966 *apud* TOMINAGA, 2007, p. 57).

A Figura 7 mostra o escorregamento rotacional ocorrido na cidade de Jaraguá do Sul (SC) em 2008.

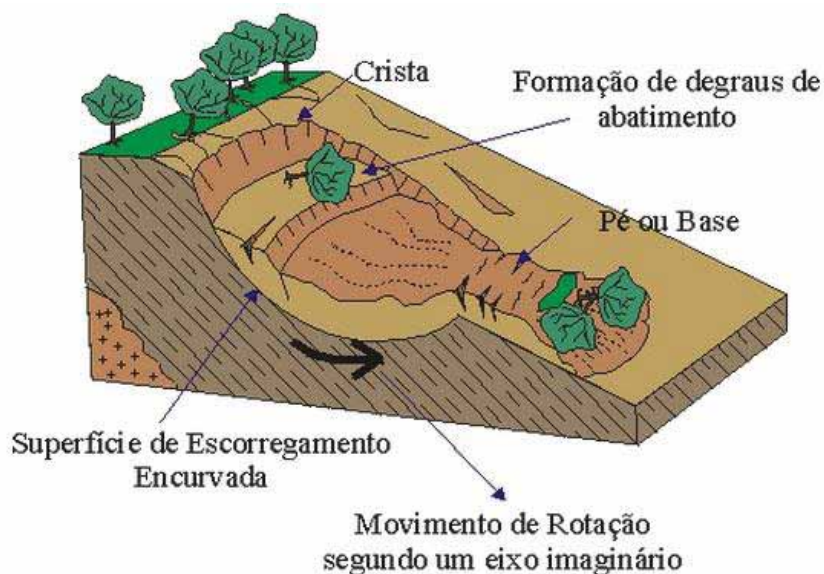


Figura 5 - Esquema para ocorrência de escorregamento rotacional (modificada de INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998; organizada por FÁBIO REIS, 2001)
 Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09c.html>



Figura 6 - Escorregamento rotacional ocorrido em 1928 no Monte Serrat, Santos (SP), com destruição de parte da antiga Santa Casa e contabilizou mais de 80 mortes.
Fonte: Foto do Arquivo de C. M. Nunes, in Tominaga (2007).



Figura 7- Escorregamento rotacional ocorrido em dezembro de 2008 na cidade de Jaraguá do Sul (SC), (arquivo do IG).
Fonte: Tominaga (2012)

4.2.1.1.2 Escorregamentos translacionais ou planares.

Os escorregamentos translacionais (Figura 8) são um dos tipos de movimentos gravitacionais de massa que ocorrem com maior regularidade.

Possuem uma superfície planar que é determinada pelas descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas inerentes a parte interna do material, com movimentação de massa muito veloz (HUTCHINSON, 1986a; HUTCHINSON, 1986b e FERNANDES & AMARAL, 1996, APUD NERY, 2011, P. 9).

Guidicin & Nieble (1984) *apud* Nery (2011, p. 10) entendem que a superfície de ruptura

[...] é geralmente um reflexo da estrutura geológica do terreno e pode consistir em planos de estratificação, xistosidade, gnaissificação, acamamento, diaclasamento, falha, juntas de alívio de tensões, fendas preenchidas por materiais de alteração, contatos entre camadas.

Para Fernandes & Amaral (1996); Guidici & Nieble (1984) *apud* Tominaga (2012, p. 30) um dos fatores que determina a morfologia dos escorregamentos translacionais é a sua baixa profundidade, ou seja, planos de ruptura são rasos. Na maior parte dos casos possuem profundidades entre 0,5 a 5,0 m e grandes extensões no comprimento. Podem ocorrer tanto em encosta de alta como de baixa declividade sendo possível atingir centenas até milhares de metros.

Considerando as classificações de Freire (1965) e Vargas (1966), além do tipo de material mobilizado, Guidicini & Nieble (1984) propuseram uma subdivisão dos escorregamentos translacionais em: escorregamentos translacionais de rocha, de solo e de solo e rocha.

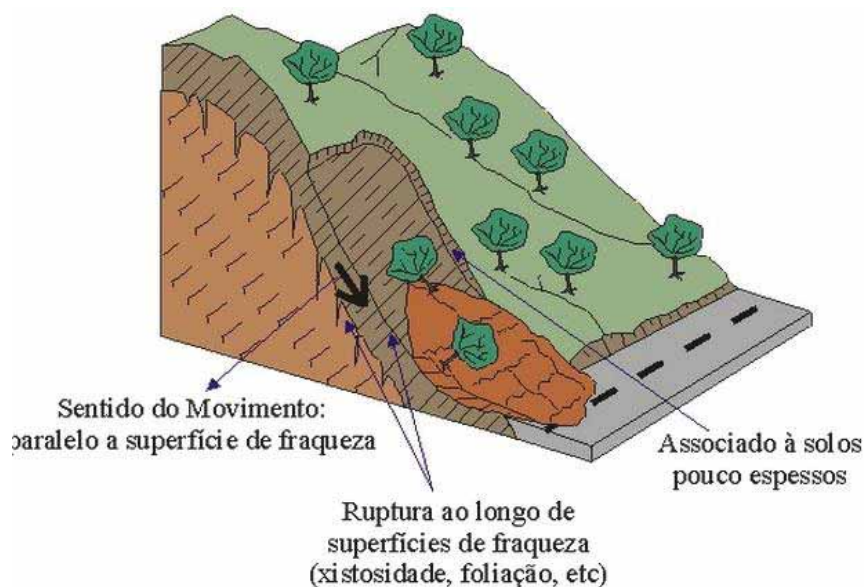


Figura 8 – Esquema de ocorrência de escorregamento planar de solo (modificada de INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998; organizado por FÁBIO REIS, 2001).
Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09b.html>

As Figuras 9 e 10 apresentadas a seguir, são exemplos de escorregamento planare de solo.



Figura 9 – Escorregamento planar de solo.
Fonte: Ministério das Cidades (2006)



Figura 10 – Escorregamento planar de solo em aterro lançado
Fonte: Ministério das Cidades (2006)

A seguir são apresentadas as definições dos três tipos de escorregamentos translacionais ou planares segundo Tominaga (2012, p. 30):

Os **escorregamento translacionais de rocha** ocorrem ao longo de um plano de fraqueza que é condicionado por estruturas geológicas, como estratificação, xistosidade, gnaissificação, acamamento, falhas, juntas de alívio de tensões, contatos entre camadas, fendas preenchidas por materiais de alteração, entre outras. Podem mobilizar desde um bloco isolado de pequeno porte até grandes massas em encostas montanhosas.

Os **escorregamentos translacionais de solo**, enfoque da presente pesquisa, são movimentações que se dão através de descontinuidades produzidas por alguma feição estrutural do substrato. Normalmente ocorrem dentro do manto de alteração, possuem forma tabular, sendo sua espessura determinada pela natureza das rochas, do clima e do relevo. Esse tipo de escorregamento é catastrófico, pois normalmente o movimento é de curta duração e possui velocidades altas. Quando associados com uma grande quantidade de água tem possibilidade de se transformar em corridas, ou em rastejo a partir da acumulação do material transportado no pé da vertente.

Nos **escorregamentos translacionais de solo e rocha**, a massa transportada compreende um volume de rocha relevante, sendo a massa de talús/colúvio, o seu melhor representante. Estes são constituídos por blocos rochosos e fragmentos de tamanhos variados envolvidos em matriz terrosa gerados pelo mesmo processo de acumulação e se localizam nos sopés das escarpas.

Segundo Fernandes & Amaral (1996) *apud* Tominga (2012, p. 31) normalmente os escorregamentos translacionais acontecem durante ou logo após os períodos de chuvas intensas. Comumente a superfície de ruptura ocorre no limite entre o solo e a rocha, sendo uma importante descontinuidade mecânica e hidrológica. Durante chuvas de alta intensidade há uma rápida elevação da umidade que provoca rupturas num curto espaço de tempo e a dinâmica hidrológica desse movimento não é tão profunda ocorrendo de forma pouco expressiva.

4.2.1.1.2.1 Indícios de escorregamento planar de solo.

Os escorregamentos são um dos únicos tipos de movimentos gravitacionais de massa que podem ser previstos devido às feições específicas de movimentação que originam antes da sua ocorrência. Segundo o Ministério das Cidades (2006, ANEXO1, p.96-97) há uma série de evidências de instabilidade que devem ser observadas durante a fase de campo, sendo que as principais são:

- árvores/cercas ou postes inclinados;
- trincas no solo e/ou em aterros;

- degraus de abatimento;
- trincas nos pisos e paredes de moradias;
- muros encurvados
- lançamento de esgoto (e/ou água) na superfície dos terreno;
- surgência de água no talude.

As Figuras de 11 à 18 correspondem aos exemplos de indícios de escorregamentos e estão apresentadas no Anexo I.

4.2.1.1.3 Escorregamentos em cunha

Os escorregamentos em cunha (Figura 19) são característicos das áreas que possuem um relevo bem controlado por estruturas geológicas. São relacionados aos maciços rochosos pouco ou muito alterados onde há presença de duas estruturas planares desfavoráveis à estabilidade. Desta maneira há a indução do prisma para deslocamento ao longo do eixo de intersecção constituído pela intersecção dos planos de ruptura da rocha. São comuns em taludes de corte ou em encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento natural ou antrópico.

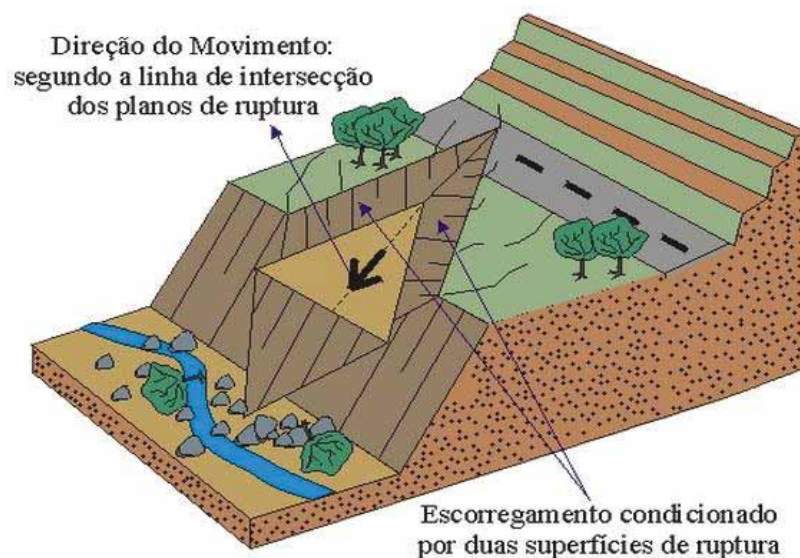


Figura 19 – Esquema de escorregamento em Cunha (modificada de INFANTI JR. & FORNASARI FILHO, 1998; organizada por FÁBIO REIS, 2001)

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09d.html>

A Figura 20 apresentada a seguir, é um exemplo de escorregamento em cunha.



Figura 20 – Escorregamento em Cunha
Fonte: Ministério das Cidades (2006)

4.3 Método de mapeamento de perigo tradicional/clássico e alternativo.

4.3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Existem diversos tipos de métodos de mapeamento de áreas de perigo sendo classificados como tradicionais/clássicos ou alternativos. Estas duas denominações foram determinadas segundo a finalidade do mapa, a disponibilidade e acesso às informações da área (como imagens de satélite e fotos aéreas) e a dimensão da escala dos mapas a serem produzidos.

O método tradicional/clássico de elaboração de mapas de perigo de escorregamento utiliza a sobreposição de mapas temáticos e produtos de sensoriamento remoto (imagens de satélite, fotos aéreas entre outros). Este método produz mapas de diferentes escalas, pois são utilizados mapas temáticos de escalas pequenas à grandes, sendo que os de pequena escala são aplicados em diretrizes gerais de redução dos perigos e os de grande escala em ações mais locais.

Normalmente os países desenvolvidos são os que mais elaboram mapas de perigo a partir da adoção do método tradicional/clássico, pois possuem informações sistemáticas das características geológicas e geomorfológicas dos terrenos, bem como mapas cadastrais do uso e ocupação do solo. No Brasil, há uma carência generalizada de levantamentos geológicos e geomorfológicos básicos, bem como informações atualizadas da ocupação. Deste modo, não

se observa, no Brasil, exemplo de elaboração de mapas de perigo de escorregamento adotando-se o método tradicional/clássico.

Os mapas de perigo de escorregamento realizados por meio do método tradicional/clássico são elaborados através de informações extraídas de produtos de sensoriamento remoto, com a realização de poucos trabalhos de campo.

Os países mais evoluídos economicamente em geral têm cultura de prevenção de acidentes, e não de atendimentos de emergências. Com isso, há a necessidade de produção de diferentes tipos de mapas básicos que são associados aos modelos geotécnicos determinísticos e aos conhecimentos geológicos, dando subsídios suficientes para a elaboração de um mapa de perigo. Este torna-se um instrumento técnico fundamental que auxilia no gerenciamento, prevenção e redução dos acidentes geológicos.

Cerri (1993) *apud* Tominaga (2012, p. 156) propõe uma elaboração de mapa tradicional/clássico dividido em duas etapas.

- **1ª Etapa:** produção do mapa de suscetibilidade através da combinação de mapas temáticos do meio físico com o mapa de uso e ocupação do solo.

- **2ª Etapa:** Sobreposição do mapa de suscetibilidade como mapa de uso e ocupação do solo, representando assim as consequências (danos) potenciais associadas.

Tominaga *et al.*(2004) e Tominaga (2007) apoiada na expressão de perigo, $R = [P \times (V \times D)]$, afirma que para obter o mapa de perigo é necessário realizar uma sequência de análises dos fatores do meio físico e do uso e ocupação do solo (socioeconômico) e propõe fluxograma de análise de perigo como mostra a Figura 21 (TOMINAGA 2012, P.156).

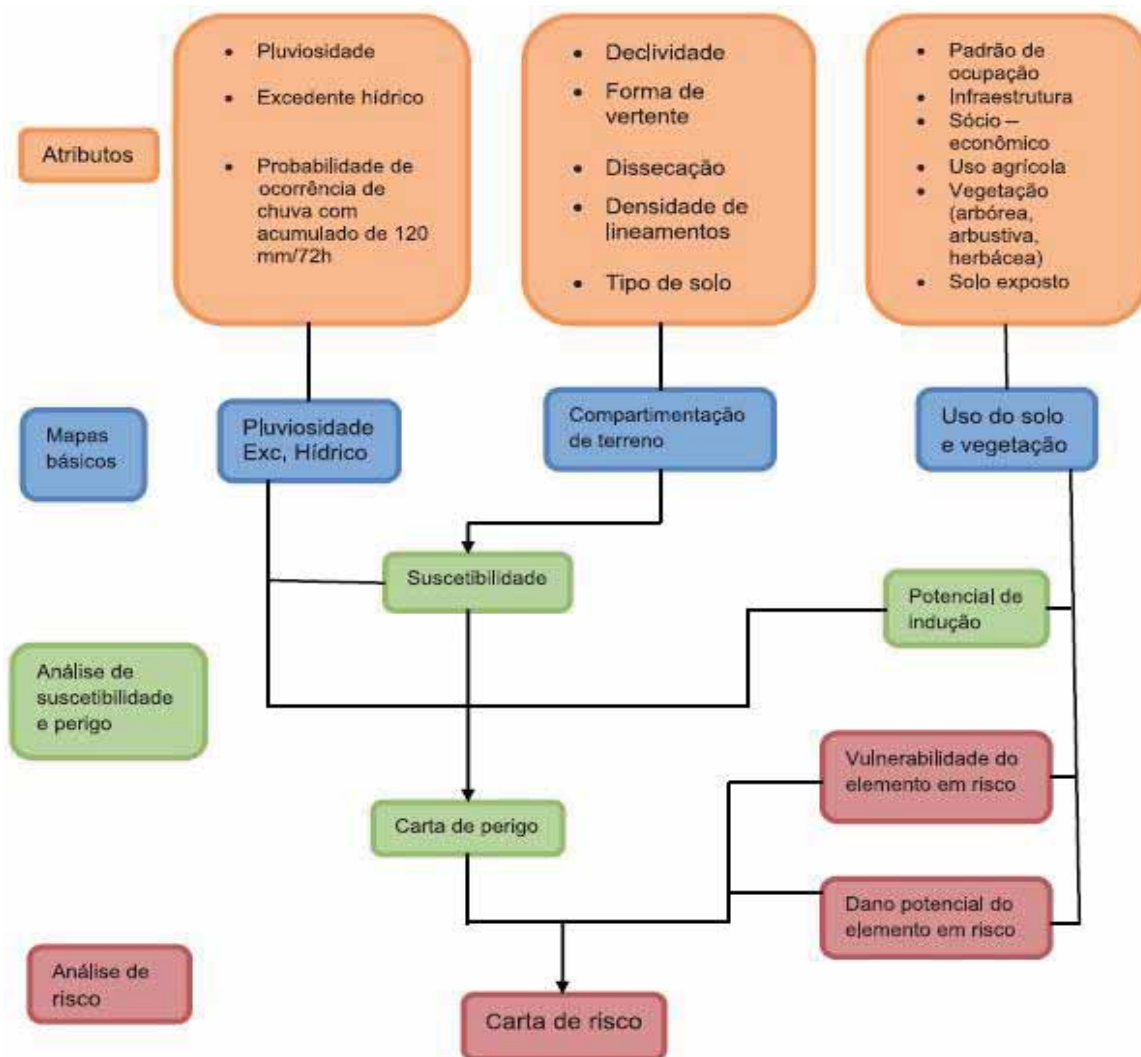


Figura 21 – Fluxograma da análise de perigo e risco.

Fonte: Modificado de Tominaga *et al.* (2004) *apud* Tominaga (2012).

No Brasil também são utilizados os métodos tradicional/clássico de mapeamento como mostra a proposta de Cerri (1993) e o fluxograma de Tominaga (2004) na Figura 21. No entanto, estes são aplicados em áreas reduzidas, devido a uma grande quantidade de favelas e áreas precárias presentes no território nacional que dificultam seu mapeamento. A inexistência de um planejamento prévio de uso e ocupação do solo para estas áreas urbanas também prejudicam seu mapeamento.

Diante das limitações que nosso país apresenta em relação à implantação do método tradicional, convém utilizar os métodos de mapeamento chamados “alternativos”. As características desse método de mapeamento são diferenciadas do método tradicional/clássico por necessitar de trabalho de campo intenso, uma vez que não há grande quantidade de mapas temáticos para uma análise prévia da área. Ao contrário do método tradicional/clássico, o método alternativo utiliza fotos aéreas de baixa altitude e poucas informações de outros

produtos de sensoriamento remoto, entre outros recursos. Os mapas de perigo produzidos por meio do método alternativo utilizam grandes escalas, normalmente de 1:5.000/1:10.000, pois nessa escala à maior subsídio técnico à gestão do perigo local.

Segundo Cerri (2006, p.48) há duas classificações principais para a análise de perigo: uma quantitativa e outra qualitativa. Os métodos denominados quantitativos podem ser associados aos métodos tradicionais/clássicos, pois ambos possuem a mesma definição, assim como os qualitativos são considerados sinônimos dos métodos alternativos. Os mapeamentos de perigo realizados através de avaliações quantitativas não são muito utilizados em nosso país devido à deficiência de banco de dados consistente sobre escorregamentos ocorridos durante um longo período de tempo. O método tradicional/clássico é aplicado apenas em municípios que tenham registro de informações acerca da intensidade das chuvas, causas dos acidentes, volumes deslizados, recorrência dos processos, entre outros dados, definindo assim a probabilidade de ocorrência dos processos destrutivos.

Os mapeamentos de perigo realizados por meio dos métodos qualitativos são os mais utilizados no Brasil entre outros países. Este consiste em identificar os perigos com base na opinião técnica da equipe que realiza o mapeamento por meio de trabalhos de campo, com o auxílio de informações dos moradores da área, possibilitando assim uma avaliação mais subjetiva da situação de perigo.

Na presente pesquisa adotou-se a denominação *método de tradicional/clássico* e *alternativo* em substituição aos termos *quantitativos* e *qualitativos*, respectivamente.

4.3.2 MÉTODO DE MAPEAMENTO TRADICIONAL/CLÁSSICO (ZERMOS)

A seguir é apresentada uma descrição do método de mapeamento de Zonas Expostas a Riscos de Movimentos de Solo (ZERMOS), que corresponde ao mais clássico e difundido exemplo de mapa de perigo de escorregamento elaborado a partir do método denominado na presente pesquisa de tradicional/clássico. Os mapas ZERMOS são elaborados por especialistas geólogos e engenheiros geotécnicos. A descrição do método ZERMOS, descrita sinteticamente a seguir, foi extraída do livro de Geologia de Engenharia, capítulo 17, p. 587, escrito por Oliveira, A.M.S; Brito, S.N.A. edição de 1998.

Os mapas de Zonas Expostas de Movimentos de Solo (ZERMOS) são um método de mapeamento tradicional/clássico utilizado na França, que têm como intuito básico realizar um detalhamento da área acerca de suas condições de instabilidades, sejam elas potenciais ou já instaladas, associadas aos movimentos de massa, erosão, abatimentos e sismos.

Geralmente um nota explicativa acompanha os resultados apresentados nos mapas Zermos, sendo estes normalmente elaboradas nas escalas de 1:25.000 ou 1:20.000. Há

também as *plantas* ZERMOS, que são produzidas em escalas maiores que 1:5.000 e possuem duas funções básicas, uma informativa por se tratar de indicar a localização da área de estudo, e fornecer uma explicação sobre os fenômenos e a outra finalidade é de orientação, pois fornecem recomendações.

Os mapas Zermos, além da análise que realizam sobre a instabilidade do terreno, possibilitam um zoneamento graduado dos perigos, porém não consideram sua previsão no tempo.

Através da análise de uma considerável quantidade de fatores temporais ou permanentes que reduzem a estabilidade do terreno é possível se propor uma graduação da natureza ou do nível de estabilidade do mesmo.

Para a elaboração desses mapas é necessário no mínimo três fases de trabalho:

- levantamento bibliográfico e entrevistas sobre a existência de movimentos de terrenos na região estudada, suas frequências e amplitudes;
- estudo geomorfológico, por meio de fotointerpretação;
- estudos e controle no terreno dos principais fatores, permanentes e temporais, sendo indispensável lembrar que tudo deve ser mapeável na escala 1: 5.000 ou maiores.

A seguir será apresentada uma série de características que devem ser especificadas e que são utilizadas pela metodologia ZERMOS.

1. Identificação com croqui esquemático da região ou local em questão (Situação geográfica, acesso, outros).
2. Topografia
 - a. Topografia geral (inclinações, orientação)
 - b. Morfologia (forma e evolução das vertentes)
 - c. Vegetação natural (florestas, etc.)
 - d. Ocupação humana (habitações, cultivos)
 - e. Particularidades climáticas
3. Materiais inconsolidados
 - a. Natureza e idade
 - b. Extensão e espessura de cada tipo
4. Substrato rochoso
 - a. Litologia e estratigrafia
 - b. Estruturas
 - c. Falhas, fraturas, foliações, xistosidade e outras
 - d. Alteração geral
 - e. Detalhes geológicos
5. Hidrogeologia
 - a. Águas superficiais, variações e uso
 - b. Águas subterrâneas (fontes, qualidade e outra característica)

- c. Erosão ligada às águas (ravinamento, dissoluções)
- 6. Movimento dos terrenos
 - a. Aspectos gerais (estágio, estabilidade, outros)
 - b. Características (comprimento, largura, altura, inclinação, forma, etc.)
 - c. Outras características
- 7. Relação com a geologia e a hidrogeologia
 - a. As superfícies de ruptura estão associadas a alguma descontinuidade
 - b. Descrição da descontinuidade
 - c. Há relações entre hidrogeologia, ravinamento e erosão
- 8. Histórico do movimento e a sua evolução no tempo
 - a. Período de visualização do movimento;
 - b. Há relações com atividades da região e
 - c. Descrição da evolução do movimento
- 9. Interpretação e prognóstico

4.3.3. MÉTODO DE MAPEAMENTO DE PERIGO ADOTADO NO BRASIL

O método que será apresentado a seguir foi descrito por Cerri (2006), no livro *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para elaboração de Políticas Municipais*, publicado pelo Ministério das Cidades em 2006.

Trata-se de um método alternativo de mapeamento de perigo de escorregamento, sendo estruturado de acordo com as condições geomorfológicas, geológicas, climáticas, sociais, econômicas e ambientais inerentes a este País. Além disso, leva em consideração a não disponibilidade de banco de dados e mapas básicos.

Para se executar este mapeamento busca-se realizar um desenvolvimento de atividades relacionadas a critérios e procedimentos técnicos, assim como trabalhos de campo e registro de resultados.

Foi possível dividir este método em quatro etapas principais e que são descritas a seguir:

1ª Etapa:

Inicialmente, é imprescindível a delimitação das áreas que serão analisadas no mapeamento de perigo, assim como sua localização e dimensão. Recomenda-se priorizar, segundo o Programa de Redução de Risco do Ministério das Cidades as moradias precárias nos quais há registros de acidentes.

2ª Etapa:

Sugere-se a esquematização de um quadro composto por:

- a. número da área a ser mapeada
- b. nome da área;
- c. localização da área (de preferência obtidas por meio de leitura do Global Positioning System (GPS) – realizadas no campo).

3ª Etapa

É importante elaborar um mapa de localização das áreas de perigo em escala que possibilite a visualização da distribuição espacial destas áreas.

Há dois tipos de detalhamentos diferentes para se executar os mapeamentos de perigo: o zoneamento (ou setorização) de perigo e o cadastramento de perigo. No zoneamento de perigo se faz uma delimitação de setores em que se encontram instaladas várias moradias, compreendidas como pertencentes a um mesmo grau de perigo. No entanto, pode haver moradias com graus de perigo distintos. Desta maneira observa-se que o zoneamento possui uma generalização. Ao contrario do zoneamento, no cadastramento de perigo não há generalizações, pois o grau de detalhamento é maior, sendo os perigos identificados e analisados por moradia.

O cadastramento de perigo se trata de uma atividade muito intensa e somente deve ser realizado em casos onde existam várias situações de perigo distribuídas por entre as edificações de uma área específica. É possível definir ações referentes à gestão dos perigos identificados, apenas com base nos resultados apresentados no zoneamento. Sendo estes os responsáveis por indicar as áreas prioritárias para as realizações de cadastramento. Assim otimiza-se a execução de eventuais trabalhos de campo com maior detalhe.

As premissas acima auxiliam na orientação do dimensionamento da equipe e da infraestrutura da Defesa Civil municipal e possibilita identificar qual o grau de necessidade de seus serviços aumentando a eficiência dos trabalhos de prevenção e de situação de emergências.

4ª Etapa

Após a escolha entre se realizar um zoneamento ou cadastramento, é necessário uma reunião de materiais e informações referentes a essas atividades, tais como:

- cópias (ampliadas ou não) de fotos aéreas verticais, em escalas próximas a 1:5.000 ou produção de fotos oblíquas, em geral obtidas por meio de sobrevôos com helicóptero;

- cópias de bases cartográficas, com representação da topografia (folhas topográficas) e da ocupação existente, sempre que possível atualizada e em escala maior que 1:5.000;
- informações sobre as áreas de perigo, tais como histórico de acidentes, registros do desenvolvimento de processos de instabilização (deslizamentos, solapamentos, erosão, enchentes e inundações etc.), cópias de relatórios técnicos anteriormente elaborados, eventuais diretrizes de intervenção propostas (implantadas ou não), etc;
- publicações técnicas, como mapas geológicos e geomorfológicos, mapas e relatórios geotécnicos, cartas de declividade e demais documentos contendo informações sobre as áreas selecionadas para o mapeamento de perigo.

Com o material técnico recomendado anteriormente em mãos é possível realizar uma análise prévia dos locais a serem mapeados. Esta avaliação preliminar possibilita o direcionamento das equipes responsáveis pelos trabalhos às áreas que devem ser mapeadas. Além disso, possuem uma grande quantidade de informações técnicas que viabilizam a realização do mapeamento de forma dinâmica, rápida e eficaz.

Se o município possuir bases topográficas com maior precisão e detalhe (1:2.000 a 1:5.000), deve-se utilizá-las para indicar os setores de perigo destacando-se as moradias ameaçadas que serão informadas à Defesa Civil para levantamento de informações adicionais e posterior monitoramento ou remoção.

Depois de encerrada a análise preliminar da área, iniciam-se as etapas de campo para identificação dos perigos. Nos trabalhos de campo são adotados os procedimentos a seguir:

ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE MAPEAMENTO DE PERIGO

1. Elaborar lista das áreas de risco que serão objeto do mapeamento de risco contendo, número da área, nome, localização (endereço) e leitura de coordenadas com GPS (*Global Positioning System*).
2. Identificação dos tipos de processos destrutivos presentes na área a ser analisada, e posterior elaboração de um modelo de ocorrência dos mesmos.
3. Realização de trabalhos de campo por meio de investigações geológico-geotécnicas de superfície, visando identificar com base nos modelos de comportamento citados, condicionantes dos processos de instabilização, evidências (feições) de instabilidade e indícios (sinais) do desenvolvimento de processos destrutivos;

4. Listar todos os aspectos importantes para a definição do grau de probabilidade de ocorrência de processos destrutivos que devem ser observados durante a fase de campo. Para Região Sudeste, tem-se adotado listagem reproduzida no Quadro 6 e 7, Anexo II. Registrar os resultados das investigações geológico-geotécnicas e interpretações em fichas de campo específicas (Figuras 22 e 23, anexo II).
5. Delimitação dos setores de perigo e com base no julgamento dos profissionais encarregados do mapeamento de perigo, atribuir, para cada setor, um grau de probabilidade de ocorrência do processo destrutivo em questão, considerando o período de 1 ano, com base nos critérios descritos no Quadro 8, anexo II.
6. Localização precisa de cada setor de perigo (caso isto não tenha sido realizado anteriormente), tendo no mínimo 01 (um) ponto de leitura por setor de perigo delimitado. Representação dos mesmos identificados em mapas georeferenciados (Figura 24), cópias de fotografias aéreas ou fotografias oblíquas de baixa altitude tiradas de helicóptero (Figura 25), numerando ou codificando cada setor.
7. Estimar as consequências potenciais do processo destrutivo por meio da avaliação das possíveis formas de seu desenvolvimento (por ex., volumes mobilizados, trajetórias dos detritos, áreas de alcance, etc.);
8. Definir e registrar o número de moradias ameaçadas (total ou parcialmente) e para remoção, em cada setor de risco;
9. Quando houver moradias ameaçadas indicadas para a remoção, as mesmas devem ser especificadas na(s) foto(s) aérea(s) utilizada(s);
10. Indicar a(s) alternativa(s) de intervenção adequada(s) para cada setor de perigo, utilizando os termos conceituados presentes no Quadro 9, anexo II; nos casos em que é possível a adoção de mais de uma alternativa de intervenção, todas as alternativas devem ser registradas e quantificadas nas fichas de campo.

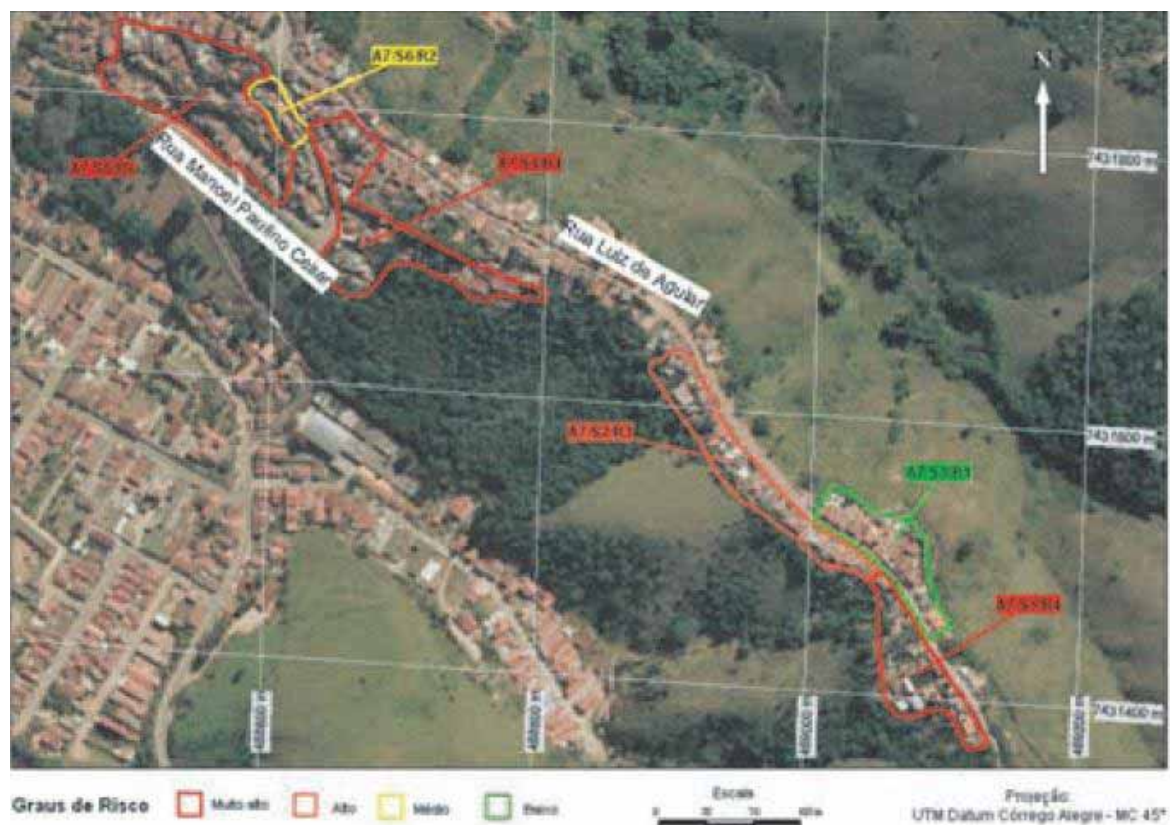


Figura 22 – Setorização de risco em mapas georeferenciados,
Fonte: Tominaga (2012)



Figura 23 – Setorização de áreas de perigo em fotos aéreas de helicóptero
Fonte: [http://www.ciram.com.br/ciram_arquivos/arquivos/gtc/downloads/curso1_multip/ogura_aula5.p](http://www.ciram.com.br/ciram_arquivos/arquivos/gtc/downloads/curso1_multip/ogura_aula5.pdf)
df

4.3.4 MÉTODO DE MAPEAMENTO DE PERIGO DE ESCORREGAMENTO REALIZADO POR NÃO ESPECIALISTAS

Macedo (2001), em sua tese de doutorado, intitulada “Elaboração de Cadastro de Risco Iminente Relacionado a Escorregamentos: Avaliação Considerando Experiência profissional, Formação Acadêmica e subjetividade”, apresentou uma proposta de roteiro de cadastro de perigo de escorregamento, descrita a seguir. Pode-se classificar a proposta de Macedo como um método de mapeamento alternativo.

O método consiste na aplicação de fichas de campo empregadas nas vistorias para cadastramentos. Essas fichas devem conter uma lista dos aspectos a serem analisados, ou seja, uma “check list”. Não há ficha padrão que possa ser utilizada em qualquer tipo de situação, esta varia conforme os tipos de processos que ocorrem em uma determinada área e estes por sua vez se modificam de acordo com os condicionantes naturais e antrópicos. Desta maneira cada ficha contém as especificidades de sua própria área.

Para propor seu método de mapeamento, Macedo (2001) fez uma revisão teórica de outros quatro tipos de métodos de mapeamento de perigo de escorregamento distintos. Cada método foi aplicado em um Estado: Jundiaí (SP), Recife (PE), Maceió (AL), Rio de Janeiro (RJ). Em cada cidade aplicou-se um tipo de método proposto por quatro autores diferentes: Cerri (1993), Gusmão Filho *et al.* (1997), Anjos *et al.* (1997) e Collet *et al.* (1997), respectivamente.

Macedo (2001) após análise dos trabalhos mencionados anteriormente, reuniu os parâmetros que julgou mais importante e apresentou sua proposta de roteiro de vistoria que visa o cadastro de perigo em situações emergenciais, com público alvo formado por não especialistas.

Os parâmetros adotados foram:

- tipologia da moradia, dos taludes e dos materiais;
- geometria do local (inclinação da encosta e distância da moradia);
- situação das águas servidas e pluviais;
- situação de movimentação;
- tipologia dos processos esperados ou já ocorridos.

A proposta do roteiro descrito permite ao usuário concluir o grau de perigo da situação em análise.

Cabe ressaltar que o cadastro proposto visa o uso por pessoas não especializadas em geologia ou engenharia geotécnica.

Para a realização do Roteiro de cadastro proposto para pessoas não especializadas, no caso técnicos das Fundação Municipal de Ação Social – Furnas, de Jundiaí, o autor julgou ser

importante oferecer aos técnicos um curso de capacitação como preparação para a utilização do roteiro proposto.

Macedo (2001) empregou neste curso técnicas de ensino que foram desenvolvidas e extraídas de um grupo, do qual o autor faz parte, que trabalha com o ensino de adultos. Trata-se de um grupo do Centro de Treinamento para Prevenção de Emergências da Região Sul – CTREM/SUL, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). O principal curso ministrado por este grupo e utilizado pelo referido autor na capacitação dos técnicos de Furnas é a Capacitação para Instrutores (CPI). Neste curso foi utilizado o Método de ensino Interativo (MEI), que segundo Grande (1993) *apud* Macedo (2001, p. 110) consiste na união de estratégias de várias teorias de aprendizagem, é totalmente participativo e estimula a interação entre os componentes da situação de aprendizagem como instrutores, participantes, meios, conteúdos e finalidade.

A seguir serão listados todos os passos do roteiro de cadastro com um sucinta descrição dos mesmos. Cada passo possui uma pequena instrução inicial com o intuito de direcionar a análise da situação e apresentar alternativas que possam facilitar a tarefa do usuário.

- **Roteiro de cadastro 1º Passo- Dados gerais sobre a moradia.**

Este campo deve ser bem preenchido, pois deve possibilitar a qualquer pessoas retornar ao local utilizando as informações dessa ficha.

- **Roteiro de cadastro 2º passo – Caracterização do local.**

Descreve a caracterização do local da moradia ou do grupo de moradias como: Tipo de talude, tipo de material, presença de materiais, inclinação da encosta ou corte, distância da moradia ao topo ou base dos taludes

Há desenhos que facilitam na identificação da inclinação do terreno devido à dificuldade de determiná-los sem o uso de bússolas ou clinômetros

- **Roteiro de cadastro 3º passo – água.**

Levantar questões de origem e destino dos tipos e águas.

- **Roteiro de cadastro 4º passo – Vegetação no talude ou proximidades.**

Cultivo de banana facilita a infiltração de água, o tipo de vegetação pode ser prejudicial ou não para as moradias.

- **Roteiro de cadastro 5º passo- sinais de movimentação.**

Quanto mais lento for o processo mais fácil será de monitorar suas feições de instabilidade, caso do escorregamento planar de solo.

- **Roteiro de cadastro 6º passo- tipos de processos de instabilização.**

Interpretação dos 5 primeiros passos para se determinar qual será o tipo de problema esperado para essa área.

- **Roteiro de cadastro 7º passo- Determinação do grau de risco.**

O técnico não especialista em geologia, neste passo irá determinar graus de risco para a área, é neste passo que se testa o conhecimento do técnico, sendo este o passo mais importante.

Tipos de risco: Iminente; não imminente; baixo risco.

Houve uma proposta de nomenclatura para a classe de risco não imminente, substituindo esse nome por risco a ser observado, isso ocorreu após uma reunião com os funcionários realizada na fundação municipal social - fumas de Jundiaí, pois há uma dificuldade por parte dos funcionários em classificar dentro dessa classe de risco.

Cerri (1993) diz ser possível estabelecer outras classes de risco, mas esse procedimento aumenta a subjetividade da análise.

- **Roteiro de cadastro 8º passo – Necessidade de remoção.**

Necessidade de remoção para moradias em risco imminente.

Nº de moradias em risco, estimativa de nº de pessoas para remoção.

- **Roteiro de cadastro – outras informações**

Espaço para anotações que o técnico julgar ser importante sobre os processos analisados e situações especiais verificadas.

- **Roteiro de cadastro – desenhos**

Há duas propostas de desenhos:

Uma em planta para indicar como chegar à moradia e outra em perfil indicando a inclinação do talude e as distâncias da moradia em relação à base e ao topo dos taludes.

- **Roteiro de cadastro- equipe técnica.**

Identificação dos responsáveis por aplicar o roteiro de cadastro

- **Roteiro de cadastro – lembrete importante.**

Espaço reservado para qualquer observação que se julgar ter necessidade de uma maior atenção.

4.3.5 MÉTODO PARTICIPATIVO DE MAPEAMENTO DE PERIGO

O método analisado neste item foi proposto por Carpi Jr. *et al* (2012) e apresentado no Congresso Brasileiro Sobre Desastres Naturais, Rio Claro (SP) em maio de 2012 com o título: Experiências de mapeamento de riscos ambientais no Estado de São Paulo com utilização de método participativo.

O método participativo de mapeamento de riscos ambientais foi utilizado como base dos trabalhos realizados desde a década de 1990 em São Paulo, adaptando-se de acordo com

as especificidades locais. No decorrer dos últimos anos se substituiu a denominação “Mapeamento de Riscos Ambientais” para “Mapeamento Ambiental Participativo”, devido ao grande interesse da comunidade em relatar e apontar características que envolviam a preservação e recuperação ambiental, quando presentes.

Durante a aplicação deste método não foram utilizadas definições rígidas e padronizadas acerca dos conceitos relacionados ao tema “risco ambiental”. Mesmo reconhecendo a relevância dos inúmeros trabalhos, tanto nacional quanto internacional, referentes à temática citada, os conceitos empregados foram adquiridos e aplicados de maneira empírica através de atividades práticas ou de pesquisa adaptadas para cada situação. O objetivo desta técnica foi possibilitar a participação favorável de qualquer pessoa, independente da sua área de atuação ou do seu grau de escolaridade.

Pode-se dividir este método de mapeamento em quatro etapas distintas que será apresentada a seguir.

1ª Etapa

A realização de “reuniões públicas de mapeamento de perigo ambientais” compõe a primeira etapa do método proposto. É nesse momento que se obtém a maior parte das informações e identificação de problemas que afetam o ambiente local que associadas às ações positivas tem sido utilizada como base para a elaboração de propostas e recomendações ao poder público e às próprias comunidades envolvidas.

As atividades realizadas durante as reuniões públicas iniciam-se através do contato e cadastramento de pessoas e entidades da região, assim como a organização do material cartográfico. Essas são atividades preliminares necessárias para a realização de futuras reuniões de mapeamento. Ainda nesta etapa há visitas técnicas de divulgação do projeto e das reuniões de mapeamento com a definição dos locais mais adequados para a execução das mesmas e elaboração dos mapas-base. Os perigos mais relevantes são informados previamente durante a oficina ou constam na carta convocatória entregue às pessoas.

Segundo Carpi Jr *et al* (2012) o termo “ reuniões públicas” passou a ser empregado após trabalhos realizados na bacia do Ribeirão das Anhumas, em Campinas.

2ª Etapa

Qualquer pessoa interessada pode participar das Oficinas. Durante este mesmo trabalho parte da equipe e alguns participantes preferiram usar as nomenclaturas “oficina de trabalho”, “oficina de mapeamento” ou simplesmente “oficina”. No decorrer da oficina os integrantes passaram por uma “alfabetização cartográfica”, que possibilita a utilização de seus

conhecimentos e de sua percepção para localizar no mapa base os pontos onde existem os perigos ambientais da área. Em seguida as informações são reunidas e verificadas em trabalhos de campo.

Há alguns métodos que complementa o levantamento das situações de perigo e que também podem ser empregados na checagem ou refinamentos das informações como os trabalhos de campo, entrevistas, aplicação de questionário, alfabetização cartográfica, formação *ad posteriori* de grupos de trabalho, pesquisa e análise bibliográfica.

3ª Etapa

Por fim, é feito um tratamento computacional onde há digitalização, georeferenciamento e tratamento das informações obtidas nas reuniões de mapeamento, constituindo um banco de dados.

4ª Etapa

Os resultados finais são apresentados à população interessada através de reuniões públicas.

Todos os materiais produzidos são disponibilizados às prefeituras municipais, entidades de gerenciamento de recursos hídricos da região e demais instituições com o objetivo de elaborar propostas e recomendações pra evitar a ocorrência dos perigos e orientar ações de recuperação e planejamento ambiental.

O trabalho original sobre o método participativo traz dez relatos de experiências de mapeamento de perigos ambientais realizadas no Estado de São Paulo, no entanto, estas experiências não foram abordas nesta pesquisa, pois o intuito deste item foi apenas demonstrar a estruturação do método participativo.

4.3.6 PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PERIGO DE ESCORREGAMENTO PLANAR DE SOLO COM UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PARTICIPATIVO.

Após a análise dos quatro métodos de mapeamento de áreas de perigo descritos nos itens anteriores, obteve-se um grande embasamento teórico de modo que possibilitou a construção da proposta sugerida para esta pesquisa. O método de mapeamento aqui apresentado contem atributos pertencentes a três dos quatro métodos citados, como a utilização de fotos dos indícios de escorregamentos apresentadas na proposta de Cerri (2006),

o roteiro de cadastro utilizado na proposta de Macedo (2001) e adoção da estrutura de método de mapeamento participativo proposto por Carpi Jr. (2012). Este último método foi analisado com uma perspectiva voltada para os perigos relacionados aos escorregamentos planares de solo. Deste modo, são sugeridas algumas adaptações no novo método aqui proposto visando a sua aplicação eficaz e coerente com a realidade de áreas de perigo de escorregamento planar de solo.

Nesta proposta de método emprega-se a denominação “Oficina” definida por Carpi Junior et al (2012). A oficina terá seu tempo de duração definido de acordo com as dimensões e com o problema de cada área de perigo. O intuito desta oficina é realizar um trabalho conjunto entre especialista da área de perigos geológicos juntamente com a população e que possuam informações sobre o local a ser mapeado. Desta maneira, a proposta desta oficina é promover uma interação entre as partes citadas de modo que se obtenha uma troca de conhecimentos que será aperfeiçoada ao longo do curso e possibilitará ao seu final, a conclusão do mapa de perigo de escorregamentos planares de solo.

Assim todas as etapas do trabalho referente à confecção do mapa de perigo terá a participação das pessoas envolvidas nesta oficina.

Este método pode ser dividido em três etapas principais que será apresentada a seguir.

1ª Etapa

Antes de se iniciar a oficina propõe-se uma “reunião pública” como definida por Carpi (2012). Para esta reunião os especialistas terão em mãos mapas e dados coletados mediante a um levantamento prévio de informações a cerca de toda região da área a ser analisada e que posteriormente será detalhada e direcionada ao longo da oficina. Neste primeiro encontro, aberto a qualquer pessoa interessada, será realizado um cadastro dos participantes, definição do local da próxima reunião e um prévio zoneamento das áreas de perigo (Figura 23) como proposto por Cerri (2006, p. 50), além da divulgação do projeto. Após identificadas as áreas que possuem algum grau de perigo, os especialistas deverão fazer um novo levantamento prévio de informações detalhadas de cada uma dessas áreas e apresenta-los no início da oficina. Isto será utilizado como base para a produção do mapa de perigo. Neste levantamento prévio de detalhe busca-se reunir os seguintes materiais propostos por Cerri (2006, p.51):

- cópias de bases cartográficas, com representação da topografia (folhas topográficas) e da ocupação existente, sempre que possível atualizada e em escala maior que 1:5.000;

- informações sobre as áreas de risco, tais como histórico de acidentes, registros do desenvolvimento de processos de instabilização (deslizamentos, solapamentos, erosão, enchentes e inundações etc.), cópias de relatórios técnicos anteriormente elaborados, eventuais diretrizes de intervenção propostas (implantadas ou não), etc;
- publicações técnicas, como mapas geológicos e geomorfológicos, mapas e relatórios geotécnicos, cartas de declividade e demais documentos contendo informações sobre as áreas selecionadas para o mapeamento de risco.

2ª Etapa

Finalizada a reunião pública o próximo passo é realizar a oficina. A duração da mesma e a programação de seu conteúdo são determinados ao longo do curso. Não há prazos determinados e nem conteúdos rígidos e fixos a serem executados e apresentados. Tem-se apenas um planejamento dos aspectos que devem ser abordados para a realização de um mapa de perigo fiel á realidade da área analisada. Este planejamento pode ser modificado ou não. Deste modo, a duração e o conteúdo a ser considerado nesta oficina, será determinada conjuntamente por todos os participantes da oficina tendo sempre um auxílio e direcionamento dos especialistas responsáveis pela oficina.

Ainda durante a etapa da oficina propõe se realizar a “alfabetização cartográfica” como determinada por Carpi (2012, p.3), que possibilita aos participantes o uso de sua percepção cotidiana como ferramenta de auxílio à determinação de pontos de perigo no mapa de localização.

Outra atividade realizada durante a oficina seria a associação entre os conceitos básicos referentes aos perigos geológicos presentes na literatura, assim como os conceitos adquiridos pelos participantes. Este conhecimento será adquirido de forma empírica através de práticas ou de pesquisas adaptadas a cada contexto. Desta maneira a assimilação dos conceitos ocorre de maneira dinâmica e fácil.

Serão apresentados também aos componentes alguns exemplos de indícios de escorregamentos planares de solo por meio de fotos e de trabalhos de campo que devem ser observados durante o mapeamento de perigo. Tais vestígios de escorregamentos podem ser vistos no subitem, 4.2.1.1.2.1.

Em seguida será realizado um trabalho de campo feito por equipes, sempre com o acompanhamento de pelo menos um especialista. Nesta fase recomenda-se a aplicação do “roteiro de cadastramento” proposto por Macedo (2001, p. 98) mostrado no item 4.3.3 desta pesquisa. Optou-se por esse roteiro devido a sua simples linguagem, que facilmente é

compreendida por qualquer pessoa de qualquer área e nível de escolaridade. No início de cada passo deste roteiro o autor coloca um breve texto com uma instrução que auxilia no entendimento e na aplicação de cada fase de cadastramento.

Após a execução deste roteiro é possível realizar em fotos aéreas oblíquas (retiradas por helicópteros) a setorização das áreas de perigo, assim como determinar o seu grau de perigo. Para isso deve-se utilizar o quadro proposto por Cerri (2006, p. 53) que apresenta critérios para a definição do grau de perigo.

3ª Etapa

Após o término de todas as etapas descritas anteriormente, partimos para a fase de tratamento computacional onde será realizada a digitalização dos mapas com as referidas áreas de perigo, o georeferenciamento de cada ponto visitado, assim como construção de um banco de dados detalhado composto por todas as informações adquiridas durante a realização da oficina. Todos os participantes terão acesso ao material produzido. É imprescindível a programação de uma nova reunião pública onde será apresentado às pessoas interessadas que não participaram da oficina, os resultados obtidos no projeto.

Todas as informações adquiridas assim como o mapa de perigo serão disponibilizadas às prefeituras municipais, entidades de gerenciamento de recursos ambientais e demais instituições ligadas aos perigos geológicos, de maneira a subsidiar e orientar as ações de gerenciamento de áreas de perigo, que associadas às políticas públicas tem por finalidade a redução, prevenção e controle permanente dos perigos.

5 CONCLUSÃO

O objetivo da pesquisa foi plenamente atingido, dado que foi apresentado uma proposta de método de mapeamento. O método adotado para realizar a pesquisa foi adequado para atingir o objetivo previsto. Além disso, constatou-se que o trabalho de formatura é de extrema importância para o aluno uma vez que possibilita ao mesmo o aprimoramento da sua formação acadêmica.

A presente pesquisa buscou a elaboração de uma proposta de mapeamento de áreas de perigo de escorregamento com a utilização do método participativo. Acredita-se que dessa forma a sinergia empregada por diversos sujeitos possibilitará um avanço na elaboração dos mapas de perigo.

Foram analisados os conceitos básicos que permeiam as discussões de fenômenos geológicos e quatro diferentes métodos de mapeamento de perigo. A proposta de Carpi Jr. (2012) foi a base para o desenvolvimento das ideias aqui apresentadas. O autor citado propõe o método participativo como ferramenta fundamental na prevenção do perigo. No entanto, não particulariza nenhum fenômeno geológico específico. Neste contexto se insere a contribuição apresentada na presente pesquisa, ou seja, buscou-se elementos de diferentes métodos para elaboração de proposta de procedimento específico de mapeamento de áreas de perigo de escorregamento utilizando o método participativo.

A presente pesquisa, realizada por meio de revisão bibliográfica, permitiu adquirir os subsídios intelectuais mínimos necessários para a proposição de um método que contemplasse as especificidades de cada local, ou seja, a realidade concreta de cada área em estudo/investigação segundo a visão e atuação de diferentes sujeitos. Acredita-se que com a utilização desse método o resultado se dará de uma maneira mais completa, pois o sujeito que reproduz diariamente sua vida em determinado espaço poderá acrescentar informações que um especialista por algum motivo não a identificou. Também acredita-se que essa capacitação a qual será submetida a comunidade local e interessados faça parte de uma proposta maior de educação popular para a superação de problemas sociais, ou seja, criar e disseminar uma conscientização acerca do espaço em que vivem e das formas que podem intervir. De maneira geral, a intenção é possibilitar a criação de uma cultura de prevenção. Cabe ressaltar que essa educação não se dá em um sentido único. O conhecimento popular é de extrema importância. Não se deve aqui promover a hierarquização ou subjunção de conhecimentos, e sim a complementação de ambos (conhecimento científico e popular) para promover ações mais condizentes com o que realidade apresenta e exige.

Esta proposta de método de mapeamento de perigo de escorregamento por meio da participação popular deverá permitir a setorização da área de perigo em fotos oblíquas e/ou

mapas base em escala de detalhe, assim como, a determinação do grau de perigo de cada setor. Esta delimitação será realizada a partir de elementos observados em campo, como as feições de instabilidade da área, juntamente com informações fornecidas pelos moradores e também com a utilização, quando possível, de materiais obtidos através de bancos de dados. Finalmente, a proposta considera que será realizado um tratamento e sistematização de todas às informações obtidas, georeferenciamento da área, digitalização dos mapas contendo todos os elementos pertinentes e reunião de materiais específicos.

Embora a presente pesquisa tenha sido desenvolvida com enfoque para escorregamento planar de solo, foi possível concluir, após o desenvolvimento da investigação, que a proposta apresentada pode ser adaptada à outros tipos de processos de movimentos gravitacionais de massa, desde que sejam realizadas as alterações que se fizerem necessárias dadas as características de cada fenômeno.

Diante da expansão do processo de urbanização, alterações ambientais, aspectos naturais em potencial entre outros fatores descritos neste trabalho que contribuem para ocorrência dos acidentes naturais, se faz necessária investigações que visem contribuir na prevenção dos fenômenos geológicos e na gestão dos perigos, de um modo geral. O trabalho desenvolvido pelo geólogo é de vital importância nesse processo diante dos conhecimentos adquiridos durante a formação acadêmica. A utilização dos resultados da pesquisa não se restringe ao campo acadêmico, mas extrapola os muros da universidade e adentra nas instituições públicas, auxiliando as secretarias de planejamento (urbano, ambiental, etc), comunidades de bairros, organizações não governamentais e interessados. Ainda que a contribuição seja pequena diante da possibilidade de avanço no assunto, acredita-se na viabilidade da mesma.

6 Referências

AUGUSTO FILHO, O. *Riscos geológicos: aspectos conceituais*. In: Simp, Latino Americano sobre Risco Geológico Urbano. São Paulo. 1990.

CARPI JR., S. *Experiências de mapeamento de riscos ambientais no Estado de São Paulo com a utilização do método participativo*. In: Congresso Brasileiro de Desastres Nautrais, Rio Claro (SP), 2012.

CERRI, L. E. S. *Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos: Uma proposta para a prevenção de acidentes*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, do Campus de Rio Claro (SP), Universidades Estadual Paulista. Rio Claro. 1993.

CERRI, L. E. S. *Subsídios para a seleção de alternativas de medidas de prevenção de acidentes geológicos*. Tese de livre-docente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, do Campus de Rio Claro (SP), Universidades Estadual Paulista. Rio Claro. 2001.

CERRI, L. E. S. *Mapeamento de riscos nos municípios*. In: Celso Santos Caralho e Thiago Galvão, (Orgs). *Prevenção de riscos de deslizamentos de encostas: guia para elaboração de políticas municipais* – Brasília: Ministério das Cidades. 2006.

MACEDO, E. S. *Elaboração de cadastro de risco iminente relacionado a escorregamentos: avaliação considerando experiência profissional, formação acadêmica e subjetividade*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, do Campus de Rio Claro (SP), Universidades Estadual Paulista. Rio Claro. 2001.

NERY, D. T. *Avaliação da suscetibilidade a escorregamentos translacionais rasos na bacia da ultrafértil, Serra do Mar (SP)*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

NOGEIRA, F. R. *Gerenciamento de riscos Ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, do Campus de Rio Claro (SP), Universidades Estadual Paulista. Rio Claro. 2002

TOMINAGA, L. K. *Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: Aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP*. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

TOMINAGA, L. K. *Análise e mapeamento de risco*. In: Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosângela do Amaral (Orgs) – 2ª ed. *Desastres naturais: conhecer para prevenir* – São Paulo: Instituto Geológico. 2012.

REIS, F. A. G. V. *Curso de geologia ambiental via internet*, Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco01.html>. Acessado em 01 de junho de 2012. 2001.

SANTOS, A. M. & BRITO, S. N. A. *Geologia de engenharia*. São Paulo. Associação Brasileira de Engenharia. 1998.

VANACÔR, R. N. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao mapeamento das áreas susceptíveis a movimentos de massa na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES/ CITIES ALLIANCE. *Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: Guia para elaboração de políticas municipais/ Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão, organizadores* – Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BROLLO, M. J. (Org). *O instituto geológico na prevenção de desastres naturais*. 1ª edição. 2ª Reimpressão. São Paulo. Instituto Geológico. 2011.

CARLOS, A. F. A. *O espaço urbano: novos escritos sobre a cidade*. São Paulo: FFLCH, 2007, 123p.

CERRI L. E. S., NOGUEIRA F. R., CARVALHO E. S., AGUSTO FILHO O. *Mapeamento de riscos em assentamentos precários no município de São Paulo*. Unesp São Paulo. *Rev.Geoc.v. 26, n.2 p. 143-150*. 2007

MACHADO, A. S. V. *Geotecnologias na avaliação da suscetibilidade a movimentos de massa no município de Várzea Paulista (SP)*. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado – Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro. 2011.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT – *Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios*. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, (Orgs) – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

OGURA, A. T.; SILVA F. C.; VIEIRA, A. J. N. L. *Zoneamento de risco de escorregamento das encostas ocupadas por vilas operárias como subsídios à elaboração do plano de gerenciamento de áreas de risco da estância climática de Campos do Jordão – SP*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. P. 44-58.

PIMENTEL, J.; FERREIRA, C. E. O.; TRABY, R. D. & DINIZ, N. C. *Comunidade mais segura: mudando hábitos e reduzindo os riscos de movimentos de massa e inundações*. Rio de Janeiro. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2007.

RODRIGUES M. A. *Na procura do lugar o encontro da identidade: um estudo do processo de ocupação de terras: Osasco*. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1988.

SANTORO, J. & SOUZA, S. M. *Você sabe o que é deslizamento?* São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Geológico. 2011.

VILLAÇA F. *A segregação urbana e a justiça: ou a justiça no injusto espaço urbano*. *Rev. Bras. de Ciências criminais*, ano 11, no.44, julho/setembro 2003, pgs 341/346.

ZUQUETTE L. V. *Mapeamento geotécnico aplicada a análise de processos de movimentos de massa gravitacionais: Costa Verde – RJ – escala 1:10.000*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

ANEXO I



Figura 11 – Árvore com inclinação, evidenciando a instabilidade do terreno.
Fonte: Ministério das Cidades (2006)



Figura12– Presença de trincas no solo ou em aterro indicativo de feição de instabilidade
Fonte: Ministério das Cidades (2006)



Figura 13 – Degrau de abatimento observado no piso de moradia
Fonte: Ministério das Cidades (2006)



Figura 14 – Presença de trincas no piso.
Fonte: Ministério das Cidades (2006)



Figura 15 - Trincas em paredes de moradia indicando instabilidade do terreno.
Fonte: Ministério das Cidades (2006)



Figura 16 - Muro encurvado indicando a possibilidade de ocorrência imediata de ruptura.
Fonte: Ministério das Cidades (2006)



Figura 17 – Evidencia de instabilidade causada pelo lançamento de água de esgoto na superfície do terreno

Fonte: Ministério das Cidades (2006)



Figura 18 – Surgência de água, causando a instabilidade do talude

Fonte: Ministério das Cidades (2006)

ANEXO II

FIGURA 24 - FICHA GERAL DE CAMPO

Local:

Equipe:

Localização:

GPS:

Foto Aérea:

Fotos de Helicóptero:

Área nº:

Data:

Caracterização da Ocupação (padrão, tipologia das edificações, infra-estrutura):
Caracterização Geológica:
Caracterização Geomorfológica:

Setor nº	Grau de probabilidade	Nº de moradias ameaçadas	Alternativa de intervenção

Fonte: Ministério das Cidades (2006)

FIGURA 25 - FICHA DE SETOR

☐ Encosta

☐ Margem de Córrego

Local:

Área nº:

Setor:

Equipe:

Data:

Referência:

Fotos de Campo:

Diagnóstico do setor (condicionantes, evidências e indícios do processo destrutivo):

Descrição do Processo de Instabilização: (escorregamento de solo / rocha / aterro; naturais / induzidos; materiais mobilizados; solapamento; ação direta da água, etc):

Observações (incluindo descrição de fotos obtidas no local):

Grau de Probabilidade:

Indicação de intervenção:

Quantitativos para a intervenção sugerida:

Estimativa de nº de edificações no setor:

Fonte: Ministério das Cidades (2006)

Quadro 6. Listagem de controle para diagnóstico de setores de risco e para descrição dos processos destrutivos.

CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL Talude natural/ corte Altura do talude Aterro compactado/lançado Distância da moradia Declividade Estruturas em solo/rocha desfavoráveis Presença de blocos de rocha/matacões/paredões rochosos Presença de lixo/entulho Aterro em anfiteatro Ocupação de cabeceira de drenagem	EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO Trincas moradia/aterro Inclinação de árvores/postes/muros Degraus de abatimento Cicatrizes de escorregamentos Feições erosivas Muros/paredes “embarrigados” ÁGUA Concentração de água de chuva em superfície Lançamento de água servida em superfície Presença de fossas/rede de esgoto/rede de água Surgências d'água Vazamentos
VEGETAÇÃO NO TALUDE OU PROXIMIDADES Presença de árvores Vegetação rasteira Área desmatada Área de cultivo	MARGENS DE CÓRREGO Tipo de canal (natural/sinuoso/retificado) Distância da margem Altura do talude marginal Altura de cheias Trincas na superfície do terreno

Fonte: Ministério das Cidades (2006)

Quadro 7 - Critérios para caracterização da ocupação.

CATEGORIA DE OCUPAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Área consolidada	Áreas densamente ocupadas, com infraestrutura básica.
Área parcialmente consolidada	Áreas em processo de ocupação, adjacentes a áreas de ocupação consolidada. Densidade da ocupação variando de 30% a 90%. Razoável infraestrutura básica.
Área parcelada	Áreas de expansão, periféricas e distantes de núcleo urbanizado. Baixa densidade de ocupação (até 30%). Desprovidas de infraestrutura básica
Área mista	Nesses casos, caracterizar a área quanto a densidade de ocupação e quanto a implantação de infraestrutura básica

Fonte: Ministério das Cidades (2006)

Quadro 8 - Critérios para definição do grau de probabilidade de ocorrência de processos destrutivos do tipo escorregamentos em encostas ocupadas e solapamento de margens de córregos.

Grau de probabilidade	Descrição
R1 Baixo a Inexistente	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e em margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de um ciclo chuvoso.
R2 Médio	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
R3 Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
R4 Muito Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.

Fonte: Ministério das Cidades (2006)

Quadro 9 - Tipologia de intervenções voltadas à redução de riscos associados a escorregamentos em encostas ocupadas e a solapamentos de margens de córregos.

TIPO DE INTERVENÇÃO	DESCRIÇÃO
SERVIÇOS DE LIMPEZA E RECUPERAÇÃO	Serviços de limpeza de entulho, lixo, etc. Remoção de bananeiras. Recuperação e/ou limpeza de sistemas de drenagem, esgotos e acessos. Também incluem obras de limpeza de canais de drenagem. Correspondem a serviços manuais e/ou utilizando maquinário de pequeno porte.
OBRAS DE DRENAGEM E PROTEÇÃO SUPERFICIAL	Implantação de sistema de drenagem superficial (canaletas, rápidos, caixas de transição, escadas d'água, etc.). Implantação de proteção superficial vegetal (gramíneas) ou biomanta em taludes com solo exposto. Implantação de proteção superficial por meio de "argamassa chapada". Eventual execução de acessos para pedestres, como por ex. calçadas, escadarias, lajes de concreto, integrados ao sistema de drenagem. Proteção vegetal de margens de canais de drenagem. Predomínio de serviços manuais e/ou com maquinário de pequeno porte.
RETALUDAMENTO	Alteração da geometria do terreno por meio da execução de cortes e/ou aterros localizados, visando a obtenção de taludes com ângulos de inclinação menores. Predomínio de serviços manuais e/ou com maquinário de pequeno porte.
DESMONTE DE BLOCOS E MATAÇÕES	Desmonte de blocos rochosos e matações, por meio de serviços manuais, eventualmente com o uso de explosivo.
OBRAS DE DRENAGEM DE SUBSUPERFÍCIE	Execução de sistema de drenagem de subsuperfície (trincheiras drenantes, DHP, poços de rebaixamento, etc.). Correspondem a serviços parcial ou totalmente mecanizados.
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE PEQUENO PORTE ($h_{\max} \leq 3 \text{ m}$)	Implantação de estruturas de contenção (localizadas ou não), como muros a flexão (em concreto ou alvenaria estrutural), muros de gravidade, como gabiões, "bolsacreto", muro de solo cimento ensacado ("rip-rap"), muros sobre estacas escavadas. Correspondem a serviços manuais ou parcialmente mecanizados.
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MÉDIO A GRANDE PORTE ($h_{\max} > 3 \text{ m}$)	Implantação de estruturas de contenção (localizadas ou não), envolvendo muros em concreto a flexão, muros de gravidade (gabiões), chumbadores, solo grampeado, microestacas e cortinas atirantadas. Poderão envolver serviços complementares de terraplenagem. Predomínio de serviços mecanizados.
OBRAS LINEARES DE PROTEÇÃO DE MARGENS DE CANAIS	Obras lineares de proteção de margens de canais, por meio de obras de gravidade (gabiões, muros de concreto, massa, etc.) ou pré-moldados em concreto armado. Correspondem a serviços parcial ou totalmente mecanizados.
REMOÇÃO DE MORADIAS	As remoções podem ser definitivas ou preventivas e temporárias, por exemplo, para implantação de uma obra.

Fonte: Ministério das Cidades (2006)