

Dissertação de Mestrado

**GERENCIAMENTO DE RISCOS E
REDUÇÃO DE ACIDENTES GEOLÓGICOS
ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTOS**



NUGEO

AUTOR: SYLVIA BRANDÃO FURTADO

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio Maria Claret de Gouveia
(UFOP)**

ESCOLA DE MINAS / UFOP

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA DA UFOP

OURO PRETO - SETEMBRO DE 2014

GERENCIAMENTO DE RISCOS E REDUÇÃO DE ACIDENTES GEOLÓGICOS ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia do Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de **Mestre em Geotecnia**.

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 17 de setembro de 2014, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Prof. Dr. Antônio Maria Claret de Gouveia (Presidente - UFOP)

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima (Membro - UFOP)

Prof^ª. Dra. Terezinha de Jesus Espósito Barbosa (Membro - UFMG)

F992g Furtado, Sylvia Brandão.
Gerenciamento de riscos e redução de acidentes geológicos associados a
escorregamentos [manuscrito] / Sylvia Brandão Furtado. - 2014.
90f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Maria Claret de Gouveia.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia.
Área de Concentração: Gestão de Riscos em Geotecnia e Desastres Naturais.

1. Risco. 2. Avaliação de riscos. 3. Escorregamentos (Geologia). I. Gouveia,
Antônio Maria Claret de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 624.131.537

Catálogo: www.sisbin.ufop.br

“Todo conhecimento é uma resposta a uma questão.”

Gaston Bachelard (1884-1962)

“O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano.”

Isaac Newton (1642-1727)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Maurício e Isabel

Ao meu noivo, Michel

A minha irmã, Isabela.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, meu noivo Michel, a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

A. minha querida irmã, Isabela: sem sua preciosa ajuda a realização dessa dissertação não teria sido possível (valeu maninha!)

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes.

As queridas amigas Naiara, Tatiane, Laís e Stefânia pela convivência, pelo carinho e acolhimento recebidos. Muito obrigada por abrirem a casa de vocês para mim!

Aos amigos Evandro, Wallace e Bruno um muito obrigado pela convivência, pelas caronas e pelos muitos dias de estudos afínco.

Ao meu orientador, Claret, pela convivência e pelo precioso auxílio para que eu pudesse obter essa importante conquista em minha vida.

A todos os professores do curso, pelos ensinamentos proferidos.

À URBEL por disponibilizar o acesso às fichas do PEAR

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação de mestrado

RESUMO

O risco geológico nas áreas de vilas e favelas do município de Belo Horizonte está associado a situações onde há possibilidade de ocorrência de processos geodinâmicos como escorregamento, erosão, solapamento, queda e rolamento de blocos de rocha, além de eventos de inundação. Em 1993, a partir a constatação da gravidade da situação de risco nessas áreas, foi criado a Programa Estrutural em Áreas de Risco – PEAR o qual é coordenado pela URBEL. Desde a sua criação, esse programa implantou o atendimento à população que vive em área de risco, por meio de vistorias e intervenções pontuais. Para a execução das vistorias são utilizadas fichas específicas, nas quais são identificados e descritos os fatores condicionantes e deflagradores do risco geológico-geotécnico para cada situação de risco identificada. Considerando a relevância das informações contidas nas fichas de vistoria do PEAR, esta pesquisa foi desenvolvida com base nas análises estatísticas das fichas de vistoria do PEAR . Foram analisadas 518 fichas, as quais contemplam as situações de risco alto e muito alto das regionais Barreiro e Noroeste, durante o período compreendido entre junho de 2011 até março de 2013. Para tanto, utilizou-se um programa de dados estatísticos o qual reúne aplicações de banco de dados (criação, entrada e processamento de dados), análise estatística e geração de tabelas e gráficos. A partir da análise estatística, foi possível identificar os cenários de risco atrelados à situação de risco geológico alto e muito alto que podem ocorrer nas Regionais Barreiro e Noroeste bem como as possíveis consequências que estão atreladas aos cenários de riscos identificados. Também foram identificados critérios que diferenciem a classificação do nível de risco alto e muito alto para as regionais Barreiro e Noroeste.

ABSTRACT

In Belo Horizonte, the geological risk in sites occupied by slums and villages is associated with situations where there is possibility of geodynamic processes such as landslides, erosion, falls and, and flood events. In 1993, considering the severity of the risk in these areas, it was created the Program in Structural Risk Areas - PEAR which is coordinated by URBEL. Since then, this program has been taking care of the population living in risk areas, through the development of surveys and targeted interventions. For the implementation of the surveys it is use a specific form, which identified and described the conditioning factors, triggers and conditioning agents and the elements at risk for each risk identified. Considering the relevance of the information contained in this form, this study was developed based on the analysis of statistical records of this form. 518 records were analyzed, which include the situations of high risk and very high in regional Barreiro and Northwest during the period from June 2011 until March 2013. The data analyses were used an statistical software which gathers applications database (creation, entry and data processing), statistical analysis and generation of tables and graphs. From the statistical analysis was allow to identify risk scenarios linked to the situation of high and very high geological risk that may occur in the Regional Barreiro and Northwest as well as the possible consequences that are linked to risk scenarios identified. Criteria that distinguish the classification of the level of high and very high risk for regional Barreiro and Northwest were also identified.

Lista de Figuras

Figura 2.1:Tipologia dos riscos ambientais (Fonte: Cerri e Amaral 1998; Oliveira, M. 2009).....	6
Figura 2.2: Desastres naturais ocorridos no mundo e seus respectivos prejuízos. (Fonte: Kobiyama <i>et al.</i> ,2006, citando Alcántara-Ayala, 2002).....	10
Figura 3.1: Representação Trajetória de um espaço de estado para um sistema dependente de duas variáveis u_1 e u_2 .(Fonte: Hassel, 2010)	16
Figura 3.2:Distinção entre cenários de riscos e perigo	19
Figura 3.3: Curva de risco (Fonte: Kaplan e Garrik, 1981).....	23
Figura 4.1: Distribuição geográfica das Vilas e Favelas de Belo Horizonte	28
Figura 4.2: Fatores de risco que potencializam o processo (Fonte: Oliveira, L.2010)	35
Figura 4.3: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação (Fonte: Min. Cidades e IPT, 2007)	36
Figura 5.1: Ficha do PEAR.....	39
Figura 5.2: Ficha de vistoria PEAR – dados gerais	40
Figura 5.3:Ficha de vistoria PEAR – caracterização do local	41
Figura 5.4: Ficha de vistoria PEAR – características visuais da edificação	42
Figura 5.5: Ficha de vistoria PEAR – predisposição a processos geodinâmicos	43
Figura 5.6: Ficha de vistoria PEAR – agentes potencializadores	44
Figura 5.7: Ficha de vistoria PEAR – indicativo de processos geodinâmicos	44
Figura 5.8: Ficha de vistoria PEAR – nível atual de risco geológico.....	45
Figura 5.9: Ficha de vistoria PEAR – ocorrência atual	46
Figura 5.10: Ficha de vistoria PEAR – parecer e orientações	46
Figura 5.11: Ficha de vistoria PEAR – obras propostas	47

Figura 5.12: Ficha de vistoria PEAR - Considerações finais; execução de vistoria; ciência da vistoria e observações	48
Figura 5.13: Critério de correção utilizado para os ajustes no banco de dados. Nota-se que vistoriador, em suas considerações finais, recomenda não permanecer no local; portanto é necessário incluir a variável “não permanecer no local” no banco de dados.	49
Figura 6.1:Agentes potencializadores – Escorregamentos - Geral	58
Figura 6.2: Agentes potencializadores – escorregamentos – risco alto	58
Figura 6.3: Agentes potencializadores – escorregamentos – risco alto	59
Figura 6.4: Agentes potencializadores – Inundação Regional Barreiro	60
Figura 6.5: Agentes potencializadores – escorregamento+ erosão.....	60
Figura 6.6:Atingimento e tipo de processo geodinâmico – Regional Barreiro	66
Figura 6.7: Atingimento e tipo de processo geodinâmico – Regional Noroeste	67

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Exemplos de condicionantes para a ocorrência de escorregamentos e erosão (Fonte: Nogueira, 2006).	8
Tabela 3.1: Risco exposto na forma de uma tabela de cenários, probabilidades, medida de consequências e probabilidades cumulativas. (Fonte: Kaplan e Garrik, 1981).	22
Tabela 4.1: Critério adotados para a definição dos graus de risco no diagnóstico de risco nas vilas e favelas e conjuntos favelizados de Belo Horizonte(Fonte UNESP e PBH, 2006)	30
Tabela 4.2: Ações contínuas ao longo do ano (Fonte: Pereira <i>et al.</i> , 2009)	32
Tabela 4.3: Características dos principais movimentos de massa, conforme Augusto Filho, 1992 (Fonte: IG, 2009).....	34
Tabela 4.4: Inundações e processos correlatos - conceitos (Fonte: Min. Cidades e IPT, 2007)	36
Tabela 4.5:Erosão – conceitos	37
Tabela 6.1:Fichas de risco alto e muito alto analisadas nas regionais Barreiro e Noroeste	51
Tabela 6.2: Fichas referentes aos anos de 2011,2012 e 2013	52
Tabela 6.3:Predisposição a processos geodinâmicos.....	53
Tabela 6.4: Ocorrência atual	55
Tabela 6.5: Mês e ano das ocorrências atuais – regional Noroeste	56
Tabela 6.6:Mês e ano das ocorrências atuais – regional Barreiro	57
Tabela 6.7: Probabilidade de concretização de um cenário de risco	61
Tabela 6.8:Probabilidade de ocorrência de processos geodinâmicos em função da presença de agentes potencializadores.....	62

Tabela 6.9: Probabilidade de ocorrência de processos geodinâmicos em função da presença de indicativos de processos geodinâmicos.....	63
Tabela 6.10: Probabilidade de ocorrência de processos geodinâmicos em função da predisposição a processos geodinâmicos	63
Tabela 6.11: Probabilidade de ocorrência de processos geodinâmicos em função da morfologia.....	64
Tabela 6.12: Quantidade de pessoas em situação de risco alto e muito alto nas regionais Barreiro e Noroeste	65
Tabela 6.13: Quantidade de pessoas em situação de risco alto e muito alto na regional Barreiro que foram afetadas por alguma ocorrência atual.....	65
Tabela 6.14: Quantidade de pessoas em situação de risco alto e muito alto na regional Noroeste que foram afetada por alguma ocorrência atual	66
Tabela 6.15: Regional Barreiro: bairros registraram o maior número de ocorrências atuais	67
Tabela 6.16: Regional Noroeste: bairros registraram o maior número de ocorrências atuais	68
Tabela 6.17: Classificação qualitativa do risco geológico alto e muito alto, conforme UNESP e PBH, 2006.....	69
Tabela 6.18: Resultados do teste de hipótese	71
Tabela 7.1: Cenários de risco para as regionais Barreiro e Noroeste.....	73

Lista de Símbolos, Nomenclatura e Abreviações

AGS - Australian Geomechanics Society

GEGEP - Grupo de Engenharia de Encostas e Planícies da Universidade Federal de Pernambuco

IAEGE – International Association for Engineering Geology and the Environment

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IG – Instituto Geológico

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO - International Organization for Standardization

ISRM – International Society for Rock Mechanic

ISSMGE - International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NUDEC - Núcleo de Defesa Civil

PBH – Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

PEAR – Programa Estrutural em Áreas de risco

PMRR - Plano Municipal de Redução de Risco

SISVAR – Sistema de Vistoria em Áreas de Risco

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UNDRO - United Nations Disaster Relief Organization

UNESP – Universidade Estadual Paulista

UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction

URBEL – Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte

ZEIS – Zona de Especial Interesse Social

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivos Gerais	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Metodologia.....	3
1.4. Estrutura da dissertação	4
2. CONCEITO DE RISCO, RISCOS GEOTÉCNICOS E GERENCIAMENTO DE RISCOS	6
3. ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCO: PERSPECTIVA CRÍTICA.....	14
3.1. O conceito de risco	14
3.1.1. Definição quantitativa e qualitativa de risco	21
3.1.2. Equações e não equações em análise de risco	25
4. GESTÃO DE RISCO E SEUS DESDOBRAMENTOS.....	27
4.1. Introdução	27
4.2. Mapeamento de risco: caracterização e magnitude do problema	29
4.3. Programa Estrutural em Áreas de Risco	31
4.4. Os processos do meio físico.....	33
4.4.1. Deslizamentos e processos correlatos	33
4.4.1. Enchente e inundação	35
4.4.2. Erosão	36

5. PROCEDIMENTO DA PESQUISA E DESCRIÇÃO DO BANCO DE DADOS	38
5.1. Procedimentos da pesquisa e banco de dados.....	38
6. RESULTADOS.....	51
6.1. Identificação dos cenários de risco	52
6.1.1. Resposta à primeira pergunta – o que pode ocorrer?.....	52
6.1.2. Resposta à segunda pergunta – em que condições?	54
6.1.3. Resposta á terceira pergunta – com que probabilidade	61
6.2. Identificação das consequências	64
6.3. Identificação dos critérios que diferenciam a classificação do nível de risco alto e muito alto.....	68
7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	72

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

O município de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, possui uma população estimada de 2.479.165 habitantes e área de 331,401 km², conforme informações disponíveis no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2014). Estima-se que cerca de 5% do território municipal é ocupado por vilas e favelas, onde vivem 19% da população. No ano de 1994, a Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte – URBEL realizou o primeiro diagnóstico da situação de risco geológico nas vilas e favelas de Belo Horizonte. Nesta ocasião foi registrada a presença de 14.856 edificações em situação de risco alto e muito alto. Posteriormente, nos anos de 2004, 2009 e 2011 houve atualizações deste diagnóstico sendo que a última atualização registrou a existência de 2.761 edificações em risco alto e muito alto (URBEL, 2014).

O risco geológico nas áreas de vilas e favelas está associado a situações onde há possibilidade de ocorrência de processos geodinâmicos como escorregamento, erosão, solapamento, queda e rolamento de blocos de rocha, além de eventos de inundação. Adicionalmente, a existência de cortes no terreno, aterros mal executados, tubulações rompidas, lançamento de esgoto e deposição de lixo e entulho nas encostas e cursos d'água são fatores que contribuem para potencializar e aumentar as situações de risco.

Em 1993, a constatação da gravidade da situação de risco nas áreas de vilas e favelas de Belo Horizonte determinou a criação do Programa Estrutural em Áreas de Risco – PEAR o qual é coordenado pela URBEL. Desde a sua implantação, esse programa desenvolve uma gama de ações estratégicas para a diminuição dos riscos geológico-geotécnicos nestas áreas, como, por exemplo, ações de monitoramento compartilhado, obras de redução de risco, trabalhos de sensibilização, orientação aos moradores de áreas de risco, entre outros. Cabe ressaltar que o PEAR possui, como premissa, a convivência com o risco (não há risco zero), mediante ações e procedimentos de redução do mesmo.

A classificação do nível atual do risco geológico, também inserida no âmbito do PEAR, é feita ao longo de todo o ano através da realização de vistorias pontuais (por

moradia) nas áreas de risco. Após a solicitação da vistoria, a URBEL designa uma equipe multidisciplinar, formada por engenheiros e geólogos, para vistoriar o local. Uma vez no local indicado, os técnicos preenchem uma ficha de vistoria contendo os dados dos moradores e um “*check list*” das informações e parâmetros referentes ao local observado (morfologia, cobertura vegetal, características visuais da edificação, distância da moradia ao topo ou à base dos taludes, sinais de movimentação, feições de instabilidade, predisposição a processos geodinâmicos, etc...). Então, a partir da classificação do nível atual de risco geológico, é definido o atendimento e encaminhamento que será dado à família exposta ao risco (por exemplo: se haverá necessidade de remoção, execução de obra, entre outros).

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivos Gerais*

Considerando a relevância das informações contidas nas fichas de vistoria do PEAR, o objetivo principal deste trabalho é realizar a análise quantitativa dos dados que compõem as referidas fichas a fim de:

- A. Identificar os cenários de risco atrelados à situação de risco geológico alto e muito alto que podem ocorrer nas Regionais Barreiro e Noroeste;
- B. Identificar quais são as possíveis consequências que estão atreladas aos cenários de riscos identificados;
- C. Identificar critérios que diferenciem a classificação do nível de risco alto e muito alto.

Serão analisadas 518 fichas, as quais contemplam as situações de risco alto e muito alto das regionais Barreiro e Noroeste, durante o período compreendido entre junho de 2011 até março de 2013. Para tanto, será utilizado um programa que reúne aplicações de banco de dados (criação, entrada e processamento de dados), análise estatística e geração de tabelas e gráficos.

1.2.2. *Objetivos específicos*

A. Construir um banco de dados contendo as informações disponíveis nas fichas do PEAR;

B. Conduzir análises descritivas sobre predisposição a processos geodinâmicos¹ bem como sobre as ocorrências atuais²;

C. Determinar em cada uma das Regionais o número de pessoas que estão expostas à situação de risco alto e muito alto;

D. Identificar os principais fatores que contribuem para indução e/ou desencadeamento das ocorrências atuais, em ambas as regionais estudadas;

E. Estabelecer associações correlações estatísticas entre as variáveis que compõem a ficha de vistoria do PEAR/URBEL, determinando quais são os fatores mais importantes para a classificação no nível atual do risco geológico.

1.3. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida com base no arquivo de dados do PEAR. Esse arquivo de dados é formado por fichas preenchidas pelos vistoriadores contendo informações variadas sobre as edificações, seus moradores e os processos geodinâmicos que eles identificaram. Os vistoriadores acrescentam, ao final, uma avaliação subjetiva do risco classificado em baixo médio, alto e muito alto.

Como ferramenta auxiliar foi utilizado um programa de análises estatística qual permite a realização de análises estatísticas descritivas e também tratamento de dados para a verificação de hipóteses que se referem ao risco geológico no município de Belo Horizonte.

¹ Essa variável compreende os processos de instabilização que podem ocorrer em Belo Horizonte, como, por exemplo, escorregamento, erosão, rolamento/tombamento e queda de blocos e inundação.

² Essa variável é considerada no caso em que há registro de ocorrência de processo geodinâmico durante no período analisado; nesta ocasião são avaliadas as seguintes informações: i) tipo de processo (qual processo geodinâmico ocorreu? Trata-se, por exemplo, de erosão? Escorregamento?), ii) data em que aconteceu o fato, iii) volume estimado (caso de escorregamento), iv) altura da inundação (no caso de inundações) e v) houve atingimento da edificação?

Seguindo os procedimentos estatísticos, para testes de hipóteses, distingue-se as hipóteses H_0 ou Hipótese Nula que é aceita como verdadeira até prova estatística em contrário, e H_1 ou Hipótese Alternativa que será aceita, se os dados mostrarem evidências suficientes para a rejeição da hipótese nula. Para ilustrar seja as seguintes hipóteses:

- H_0 : a morfologia “encosta” está exclusivamente associada ao risco muito alto
- H_1 : a morfologia “encosta” pode ser associada tanto aos risco alto quanto muito alto.

O processo de teste de hipótese é muito bem definido em Estatística e será pormenorizado no capítulo referente a resultados

1.4. Estrutura da dissertação

Esta dissertação é organizada em sete em sete capítulos, iniciado por este capítulo 1 de Introdução. O capítulo 2 discorre sobre os tipos e classificações de riscos, enfocando a questão do risco geológico em áreas urbanas. Além disso, apresenta questões relativas à importância do gerenciamento de risco, bem como um modelo de abordagem para o enfrentamento de acidentes naturais, definidos pela Agência das Nações Unidas para Prevenção de Desastres, no âmbito da Década Internacional de Redução dos Desastres Naturais.

O Capítulo 3, Análise Quantitativa de Risco: Perspectiva Crítica, discute o conceito de risco expresso por meio de equações e pelo o que é aqui denominado de não-equações. Conceitos relacionados, como por exemplo, cenário de risco, perigo, vulnerabilidade e susceptibilidade são discutidos também. Demonstra-se que o cenário de risco é diferente de perigo; que vulnerabilidade tem duas abordagens relevantes para análise de risco em Engenharia (uma propriedade global do sistema e um aspecto particular dela); e que a suscetibilidade é um conceito genuinamente qualitativo o qual relaciona as noções de risco, perigo e vulnerabilidade com uma distribuição espacial.

O capítulo 4, Gestão de Risco e Seus Desdobramentos, descreve as condições de risco geológico-geotécnico observadas em vilas e favelas de Belo Horizonte (MG), em especial aquelas localizadas nas regionais Barreiro e Noroeste, e aborda o Programa

Estrutural em Áreas de Risco - PEAR, o qual compreende uma gama de ações estratégicas para a diminuição dos riscos geológico-geotécnicos.

No Capítulo 5, é apresentado o procedimento de pesquisa e banco de dados utilizado para a realização deste trabalho.

O Capítulo 6 apresenta os resultados das análises realizadas. A fim de cumprir os objetivos propostos, buscou-se identificar os cenários de risco e suas consequências e também os critérios que diferenciam a classificação do nível de risco alto e muito alto.

No Capítulo 7, são expostas, as conclusões referentes à análise realizada e em seguida as sugestões para continuidade dos estudos a respeito do tema.

,

2. CONCEITO DE RISCO, RISCOS GEOTÉCNICOS E GERENCIAMENTO DE RISCOS

Existem inúmeros tipos e classificações de riscos, por exemplo: riscos ambientais, riscos à saúde, riscos econômicos e financeiros, riscos geopolíticos Cerri e Amaral (1998), uma das classificações existentes baseia-se em situações potenciais de perdas e danos ao homem, tendo como ponto de partida os riscos ambientais e suas classes e subclasses, conforme apresentado na Figura 2.1. Tomando como referência essa classificação o objeto tratado neste trabalho é o risco ambiental no âmbito do meio urbano; mais especificamente, a “porção” que trata dos riscos físicos os quais, por sua vez, podem, ou não, serem potencializados pela atividade humana e pela ocupação do território.

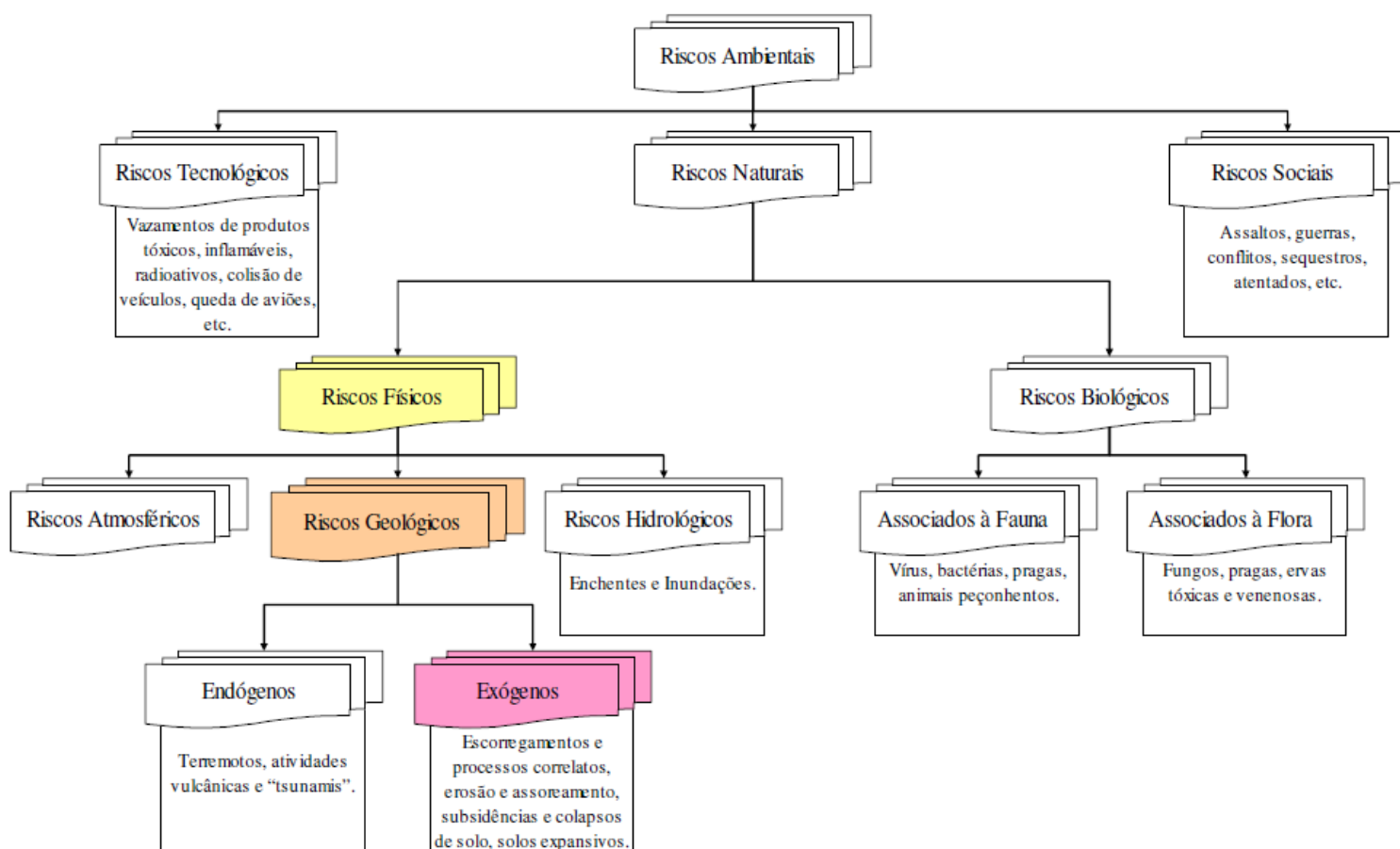


Figura 2.1: Tipologia dos riscos ambientais (Fonte: Cerri e Amaral 1998; Oliveira, M. 2009)

O risco geológico em áreas urbanas não é uma novidade e vem sendo estudado por diversos autores. Cerri e Amaral (1998) afirmam que uma dada área é dita “área de risco” quando há a possibilidade de ocorrência de processos geológicos, induzidos ou não, que possam causar perdas ou danos a pessoas e a propriedades. Já para Alheiros (2011), o risco é resultante da combinação de dois fatores: uma condição propícia para a ocorrência do processo geológico em si (susceptibilidade) e uma condição de fragilidade das pessoas, de suas moradias e da infraestrutura no local a ser afetado (vulnerabilidade). O risco é, portanto, a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal (Veyret, 2007).

Nogueira (2006) afirma que o termo risco indica a probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população (pessoas ou bens materiais). É uma condição potencial para a ocorrência de um processo adverso (natural ou induzido pela ação antrópica) que, atingindo um sistema vulnerável, causa danos humanos, ambientais e ou materiais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Para fins do exercício da gestão de risco, é adequado considerar que o risco pode ser expresso da seguinte forma:

$$R = \frac{P(fA) * C(fV)}{g} \quad (1)$$

em que o risco (R) representa a probabilidade P de ocorrência de um fenômeno físico “A” (cenário de risco), em local e intervalo de tempo específicos e com características determinadas (localização, dimensões, processos e materiais envolvidos, velocidade e trajetória), causando consequências C (às pessoas, bens e ou ao ambiente), em função da vulnerabilidade V dos elementos expostos, podendo ser modificado pelo grau de gerenciamento g.

Tomando como referência a expressão (1), a análise de uma situação de risco, envolve a identificação do cenário de risco (quais os processos naturais e ou antrópicos podem ocorrer e qual a probabilidade deste fenômeno físico ocorrer?) e avaliação das consequências já que “não há risco sem alguma probabilidade de acidente nem acidente sem qualquer consequência de perda ou de dano” (Nogueira, 2006). Após essas etapas, é importante gerenciar o problema através da adoção de um conjunto de ações voltadas para a redução e o controle do risco.

O termo $P(fA)$ da expressão (1) representa a probabilidade de ocorrência do fenômeno físico (A) responsável pela situação de risco. Esta probabilidade é também chamada de cenário de risco. Assim, deve-se, em primeiro lugar, identificar qual é cenário de risco, respondendo às seguintes questões: (1) que processos naturais ou da ação humana são responsáveis por este cenário de risco? (2) quais perigos afetam o sistema, influenciando sua trajetória? (3) qual a probabilidade deste cenário de risco ocorrer?

O entendimento dos tipos de processos que pode ocorrer num determinado local é fundamental para avaliar o cenário de risco (o que pode ocorrer? em que condições? e com que probabilidade?). Por exemplo, o cenário de risco pode ser escorregamentos de taludes, quedas de blocos rochosos, desabamentos de moradias provocadas por erosão.

É importante distinguir que para cada cenário de risco, as condições que podem levar à deflagração de um dado processo são, normalmente, diferentes entre si. As variações climáticas (períodos chuvoso e seco) e as características geológico-geotécnicas, bem como as características da ocupação nas vilas e favelas influenciam a determinação do risco, na medida em que condicionam a ocorrência de processos geodinâmicos. Como exemplo, a Tabela 2.1 apresenta um conjunto de condicionantes para a ocorrência de escorregamentos e erosão.

Tabela 2.1: Exemplos de condicionantes para a ocorrência de escorregamentos e erosão (Fonte: Nogueira, 2006).

Condicionantes naturais	Condicionantes antrópicas
Características dos solos e rochas	Adensamento da ocupação
Relevo (inclinação, forma e amplitude da encosta)	Cortes e aterros
Clima	Desmatamento; cultivo inadequado
Vegetação	Lançamento de lixo e entulho
Nível d'água	Vazamento de tubulação; lançamento de águas servidas na superfície; fossas sanitárias

Já o termo $C (fV)$ da expressão (1) é referente às consequências C (que afetam pessoas, bens e ou ao ambiente), em função da vulnerabilidade V dos elementos expostos. Em teoria, os perigos naturais ameaçam igualmente qualquer cidadão, mas são as populações de baixa renda, especialmente aquelas que vivem em vilas e favelas, as que convivem e enfrentam as mais graves e frequentes situações de risco. Essas populações vivem em moradias mais vulneráveis, em áreas mais densamente povoadas e em terrenos de maior suscetibilidade à ocorrência de processos geológicos, já que ocupam áreas desatendidas pelo poder público, ou seja, áreas com infraestrutura precária e ou faltante (Nogueira, 2002, IG,2009). Quando afetadas por um acidente ambiental³, mesmo que de pequeno porte, as populações destes assentamentos precários enfrentam enorme dificuldade para restabelecer a sua condição anterior (baixa resiliência). Nestas áreas, em função dos inúmeros aspectos que podem configurar a vulnerabilidade⁴ do meio exposto, as consequências potenciais de um acidente são maiores e, portanto, maior também é o risco. (Nogueira, 2006).

Finalmente o termo $1/g$ da expressão (1), referente á gestão e ao gerenciamento de risco, diz respeito ás ações voltadas para sua redução e controle. Nota-se que o risco diminui à medida que aumenta o gerenciamento. Ou seja, gerenciar riscos implica a adoção de práticas e métodos pelos municípios, no sentido de evitar acidentes, atender as emergências, reduzir e até mesmo erradicar os riscos ambientais, nas áreas de assentamentos precários (Nogueira, 2006).

O aumento dos desastres naturais a partir da década de 50 e dos prejuízos econômicos a partir da década de 70 (Figura 2.2) motivou a maior iniciativa científica internacional até então desenvolvida para criar estratégias mitigadoras para todo o

3 De acordo com Kobiyama *et al.* (2006) , citando Castro (1999), em relação a sua intensidade, os desastres são considerados de pequeno porte quando os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo \leq 5% PIB municipal). As consequências desses desastres são facilmente superáveis com os recursos do próprio município.

4 Conforme Nogueira (2006) são exemplos que configuram a vulnerabilidade em áreas de vila e favelas: edificações implantadas de maneira técnico-construtiva inadequada (em função do menor acesso a tecnologias construtivas, do grau de organização social da comunidade, das condições de emprego e renda, da velocidade de implantação, da relação do assentamento com a cidade formal, da acessibilidade e capacidade de transporte dos materiais de construção, etc.); a ausência e ou insuficiência da infraestrutura urbana e de serviços públicos (como calçamento de acessos, drenagens, coleta de águas servidas, esgotos e coleta de lixo).

globo. A Organização das Nações Unidas declarou os anos 1990 como a Década Internacional de Redução dos Desastres Naturais.

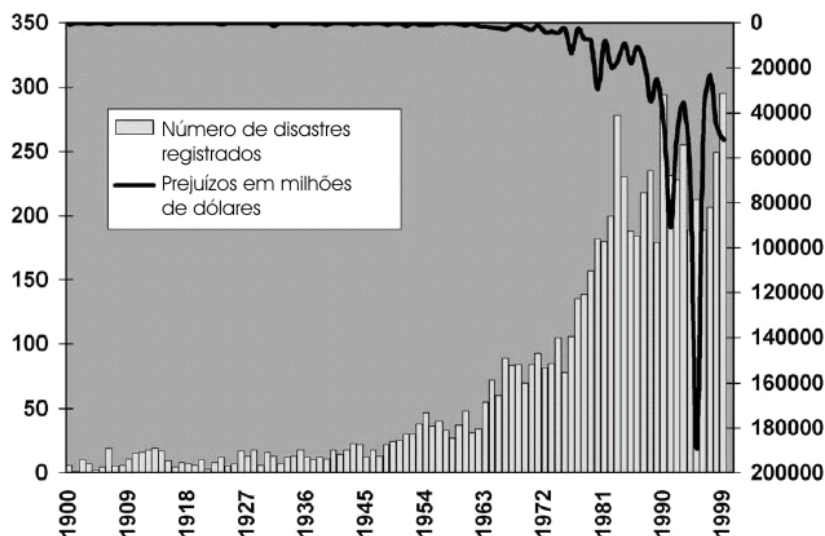


Figura 2.2: Desastres naturais ocorridos no mundo e seus respectivos prejuízos. (Fonte: Kobiyama *et al.*, 2006, citando Alcántara-Ayala, 2002)

Entre os muitos resultados positivos da Década Internacional de Redução dos Desastres Naturais está a formulação de um modelo de abordagem para o enfrentamento de acidentes naturais, baseando-se em dois eixos de ação: prevenção e preparação. Neste modelo, destacam-se quatro estratégias indispensáveis para o gerenciamento de riscos (Nogueira, 2006 e GEGEP-UFPE, 2008 citando UNDRO, 1991)

1. Identificação e análise dos riscos (conhecimento dos problemas);

A identificação dos riscos se refere aos trabalhos de reconhecimento dos perigos e da identificação das respectivas áreas de risco. É importante descrever os fatores condicionantes, os agentes deflagradores e condicionantes e os elementos sob risco para cada situação e risco identificadas. Para tanto são utilizados dados de acidentes já ocorridos (retroanálise), considerando os diferentes tipos de processos passíveis de

ocorrer em uma dada localidade, para aplicar na identificação dos riscos e no reconhecimento prévio do problema em situações similares.

A análise de riscos é feita tomando como base o conhecimento gerado pela identificação dos riscos e compreende o zoneamento (ou setorização) das áreas de risco, quantificação do risco; cadastramento do risco; carta de risco; hierarquização de risco, previsão de possíveis cenários para acidentes. Esse tipo de análise pode ser realizado, tanto para uma área restrita, quanto para um conjunto de áreas. Sabendo-se qual é o processo destrutivo e como ele ocorre, buscam-se mais informações e elementos da área de risco (formas de ocupação, vulnerabilidade dos moradores, sistema de micro e macrodrenagem, presença de cortes e aterros, fossas, entre outros), para avaliar as consequências e hierarquizar as diferentes situações identificadas na área avaliada. O grau de risco é determinado a partir da comparação entre as situações de riscos identificadas (risco relativo), sendo estabelecidos níveis qualitativos (baixo, médio, alto e muito alto). Estas informações são indispensáveis para a implementação das estratégias seguintes.

2. Adoção de medidas (estruturais e não estruturais) para a prevenção de acidentes e a redução dos riscos;

Priorizar a redução de risco e a qualificação dos assentamentos precários é um importante investimento para toda cidade. A partir dos dados obtidos nas etapas de identificação e análise dos riscos são levantadas quais intervenções são necessárias para a redução ou eliminação do risco. Nessa fase do gerenciamento, é feita a formulação e execução de medidas estruturais e não estruturais mais adequadas ou factíveis de serem executadas a curto, médio e longo prazos, conforme realidade de cada município.

Os produtos obtidos na análise de risco devem permitir a montagem de um plano de prevenção de acidentes, voltado para a redução do risco. O Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), instituído pela Ação de Apoio à Prevenção de Riscos em Assentamentos Precários no âmbito do Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários do Ministério das Cidades, tem essa finalidade. O PMRR é instrumento de planejamento e prioriza a adoção de medidas de prevenção

nas áreas que apresentam os cenários de risco mais críticos, considerando um horizonte temporal, geralmente até 10 anos, para reduzir de modo definitivo, o risco no município.

3. Planejamento para situações de emergência

A execução de importantes ações estruturais e não estruturais de prevenção não é garantia suficiente de que os acidentes serão evitados dado que o grau de incerteza é uma característica inerente aos desastres naturais.

O enfrentamento das condições potencialmente adversas requer o planejamento com antecedência das ações que deverão ser deflagradas na hipótese de desastres, definindo em tempo a logística para o atendimento dessas emergências.

Fundamentalmente o planejamento para situações de emergência tem por objetivo a elaboração de Planos de Contingência. Nesses planos são abordadas as ações a serem realizadas, as pessoas responsáveis pela sua execução, a quantidade e a origem dos recursos materiais e humanos, as provisões necessárias à situação a ser enfrentada e as formas de evacuação ou proteção de uma dada população.

Conforme GEGEP-UFPE, 2008, p.18, alguns exemplos de ações a serem realizadas após a ocorrência de um desastre são:

- Determinação das áreas de impacto e da provável evolução dos processos destrutivos;
- Delimitação das áreas para remoção da população;
- Encaminhamento para os abrigos destinados à população afetada;
- Orientação do resgate;
- Execução de obras emergenciais;
- Sistema de monitoramento da área;
- Recomendações para o retorno seguro da população.

4. Informação pública e capacitação (treinamentos) para prevenção

A cultura de prevenção é o melhor instrumento para reduzir os desastres e a educação é o sistema que melhor responde às mudanças de comportamento, representando uma estratégia de grande efeito no gerenciamento de riscos. Neste contexto, torna-se essencial o enriquecimento da educação formal (em todos os níveis de ensino) e não formal com a inclusão de conhecimentos e experiências locais e

soluções pragmáticas, com o intuito de serem colocadas em prática pela própria população.

O diagnóstico dos riscos urbanos e os planos de ação para sua redução e erradicação são assuntos de interesse de toda cidade, já que benefícios de tal redução e erradicação reverterão para ela indistintamente. Por isso, conforme afirma Nogueira (2006), devem ser conhecidos por todos os órgãos da administração pública (especialmente os vinculados a defesa civil, obras e serviços urbanos, planejamento, habitação, assistência social, saúde e educação), pelas Câmaras Municipais, pelo Ministério Público e por toda a sociedade, em particular, pelos moradores das áreas de risco.

Com o intuito de auxiliar os moradores das áreas de riscos a adotar práticas preventivas, diferentes formas de abordagem podem utilizadas para capacitar e motivar essas populações, por exemplo: cursos, oficinas, palestras, manuais, livros e cartilhas, peças teatrais e outras formas de expressão artística e cultural. Também deve ser incentivada a utilização de outros meios de informação como rádio, televisão e imprensa escrita, na divulgação de conteúdos, abrangendo a identificação dos perigos, vulnerabilidades, medidas de prevenção e mitigação, legislação e sistemas de alerta. Por último, a capacitação dos moradores pode também ter como objetivo a formação de núcleos de defesa civil (NUDECs), constituídos por voluntários da comunidade local que auxiliam no monitoramento das áreas de risco e identificam evidências de instabilidade e indicadores de perigo no período chuvoso.

Ouvir as experiências e orientar os moradores dos assentamentos precários sobre as situações de risco existentes, as suas causas e as alternativas de obras e ações para minimizá-los ou evitar situações semelhantes, pode resultar no estabelecimento de parcerias na gestão de risco, no compartilhamento das responsabilidades de monitoramento e prevenção (Nogueira, 2006).

3. ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCO: PERSPECTIVA CRÍTICA

3.1. O conceito de risco

Nas últimas três décadas houve crescente avanço técnico-científico em relação a área de conhecimentos sobre riscos naturais, no entanto, apesar dos avanços, conceituar e definir riscos é uma questão que ainda está em discussão. Considerando que, na engenharia, o risco está atrelado ao comportamento de um sistema (por exemplo, a estabilidade de um talude), outra questão, que também está em discussão, diz respeito à informação e comunicação do risco para as pessoas interessadas. A terminologia atualmente utilizada é bastante confusa sendo que pesquisadores e engenheiros, apesar dos esforços de associações profissionais como AGS, ISSMGE, ISRM e IAEGE para o estabelecimento de um vocabulário único, não concordam sobre o que é risco e como comunicá-lo. (Corteletti, 2014).

Kaplan e Garrick (1981), em um notável trabalho sobre o conceito de risco, argumentam que os elementos do risco estão atrelados às respostas de três perguntas intuitivas que surgem quando se está observando um sistema de engenharia:

- (a) Que evento adverso pode acontecer (o que pode dar errado)?
- (b) Qual é a probabilidade do evento adverso ocorrer?
- (c) Caso o evento adverso de fato ocorra, quais são as consequências?

Isso significa que, por definição, os elementos do risco, R , são um conjunto de cenários, S_s , (resposta da primeira questão), a probabilidade de sua ocorrência, p_s , (resposta da segunda questão), e as consequências associadas, indicada por x_s (a resposta à terceira questão). Expressando em notação matemática tem-se que

$$R = f(\{S_s, p_s, x_s\}). \quad (2)$$

O índice s varia de 1 a S cenários o que indica que a primeira pergunta (a) tem várias respostas. Aven (2011) apresenta a mesma definição de Kaplan e Garrick (1981), porém com uma sutil modificação em relação à formulação da terceira questão: caso o

evento adverso de fato ocorra, quais são as probabilidades de cenários e de suas consequências? Assim, o risco pode ser expresso de outra forma:

$$R = f(\{A\}, \{C\}, \{P\}) \quad (3)$$

em que $\{A\}$ é um conjunto de cenários, $\{C\}$ é um conjunto de consequências correspondentes aos cenários e $\{P\}$ é um conjunto de probabilidades de ocorrência de $\{A\}$ e $\{C\}$.

É importante atentar que o fato de utilizar as expressões (2) e (3), escritas em uma forma matemática, não significa que essas expressões sejam necessariamente definições quantitativas de risco. Na verdade, (2) e (3) são apenas símbolos linguísticos ou "códigos" para expressar o risco, o qual é considerado como dependente de alguns parâmetros, como cenários, probabilidade de cenários e medidas de consequências.

Nota-se que, comparando os códigos (2) e (3), as probabilidades dos cenários em (2) foram modificadas para as probabilidades dos cenários e de suas consequências em (3). Isso significa que, para o código (2), dado um determinado cenário, considera-se que suas consequências não são afetadas por incertezas; já para o código (3), tanto o cenário quanto as consequências são afetados por um nível de incerteza. Observa-se também que tanto o código (2) quanto o código (3) não contemplam várias outras perguntas cujas respostas seriam desejáveis em uma definição rigorosa de risco: quais são os critérios objetivos para escolher os cenários S_s ? Qual o conceito de probabilidade é usado quando p_s é avaliado? Como medir consequências x_s ?

Kaplan e Garrick (1981) discutiram em seu artigo o que denominaram de "definição quantitativa de risco". Hassel (2010) argumenta que esta definição é útil, não pelo fato de ser chamada de "quantitativa", mas porque utiliza a noção de cenários. E no seu ponto de vista, trata-se uma "definição operacional" de risco, na medida em que se trata não de um método para medir o risco, mas uma maneira geral de caracterizá-lo.

A noção de cenários de risco é fundamental neste conceito. Hassel (2010) apresenta uma conceituação dos cenários baseada no conceito de subespaços provenientes da Álgebra Linear. O estado de um sistema compreende o conjunto dos valores das variáveis que o definem $n_i, i = 1, N$ em um dado instante, $t_j, \{u\}_j$. Considerando que as

variáveis de estado podem assumir qualquer valor real e que são linearmente independentes, $\{\{u\}, t\}$ gera um espaço-tempo que é denominado espaço tempo estado do sistema, SS. Um cenário expressa a maneira como o sistema se comporta à medida que ele é excitado por uma ou mais causas externas, as quais tendem a alterar as variáveis de estado atuais. Usando uma analogia cinemática, um cenário é uma "trajetória no espaço-tempo estado de um sistema", (Hassel, 2010). Sendo u_{ij} a série histórica de valores das N variáveis de estado $\{u_i\}$, um cenário pode ser entendido como uma sucessão de estados do sistema $\{u_1, \{u_2\}, \dots \{u_N\}$. A Figura 3.1, extraída de Hassel (2010), ilustra o conceito de cenário para um sistema caracterizado por duas variáveis u_1 e u_2 . Os cenários são o produto de incertezas em um espaço onde é possível combinações de variáveis de estado. Os cenários de interesse em análises de risco são denominados cenários de risco S_s , $s=1, S$, que são desvios do "cenário de sucesso", S_0 .

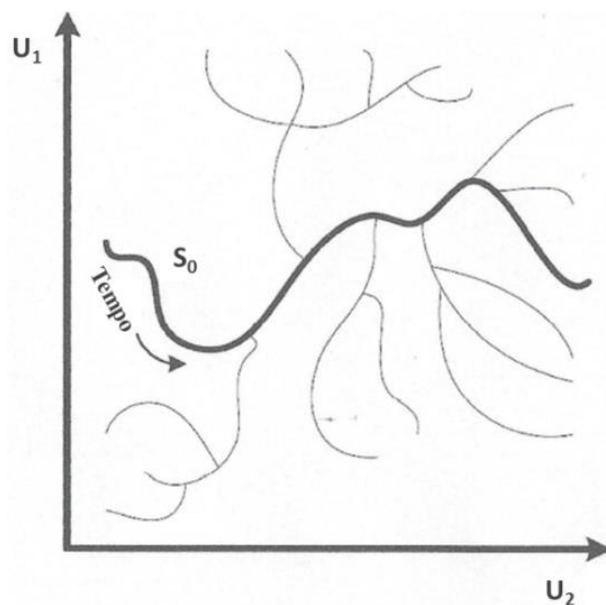


Figura 3.1: Representação Trajetória de um espaço de estado para um sistema dependente de duas variáveis u_1 e u_2 .(Fonte: Hassel, 2010)

A noção de cenário de risco está associada às consequências negativas. Usando uma notação apropriada, admite-se que o cenário de risco S_s leva consequências negativas X_{ks} , $k=1, K$. Além disso, cada cenário é caracterizado por uma probabilidade de ocorrência, L_s , $s=1, S$. Assim, o risco é considerado como sendo

relacionado a eventos indesejáveis que podem ocorrer no futuro, o que implica consequências negativas. A definição de risco constante no conjunto de normas ISO 31000 (ISO, 2009), a qual afirma que "riscos são efeitos da incerteza sobre os objetivos" (obviamente incluindo consequências positivas e negativas), é muito geral para ser usada na maioria dos problemas técnicos de Engenharia. Isto pode ser bem compreendido considerando-se que os engenheiros estão sempre em busca de soluções otimizadas em termos de materiais e consumo de energia, ao mesmo tempo em que enfrentam o dilema de ter que escolher parâmetros que não sejam muito conservadores, quando é tratada a questão da segurança. Porém, os sistemas de engenharia reais são sistemas verdadeiramente dinâmicos, dado que as suas propriedades físicas variam com o tempo e também porque eles interagem dinamicamente com o seu ambiente. Assim, apenas os cenários associados com prováveis consequências negativas são motivos de preocupação.

Em conformidade com os códigos (2) e (3), a identificação de cenários de risco deve ser o primeiro tema abordado em análises de risco. Isto é utilizado quando há interesse em explicitar os (possíveis) caminhos de eventos futuros. Em termos do estudo do risco geológico-geotécnico a identificação dos cenários de risco é especialmente importante na medida em que possibilita que as pessoas que, porventura, são passíveis de serem afetadas, estejam cientes dos cenários de risco.

O conjunto dos cenários considerados na análise de risco deve ser finito, disjuncto e completo. Por "finito" entende-se que, por razões práticas, o número de cenários de um conjunto não deve ser extremamente grande, embora teoricamente o número de trajetórias no espaço de estado do sistema seja infinito. Já a "disjunção" atesta que não há a sobreposição de cenários subjacentes, ou, usando a linguagem matemática, os cenários de um dado conjunto são independentes. Por fim, o termo "completo" indica que todos os cenários considerados representam a combinação de probabilidade de ocorrência e a relevância das consequências negativas, sendo essa última também utilizada como critério para decidir quais os cenários são relevantes. Esta questão é também avaliada por Kaplan e Garrick (1981), mas é fácil de reconhecer que a completude tem um componente cultural, através do qual apenas os cenários capturados

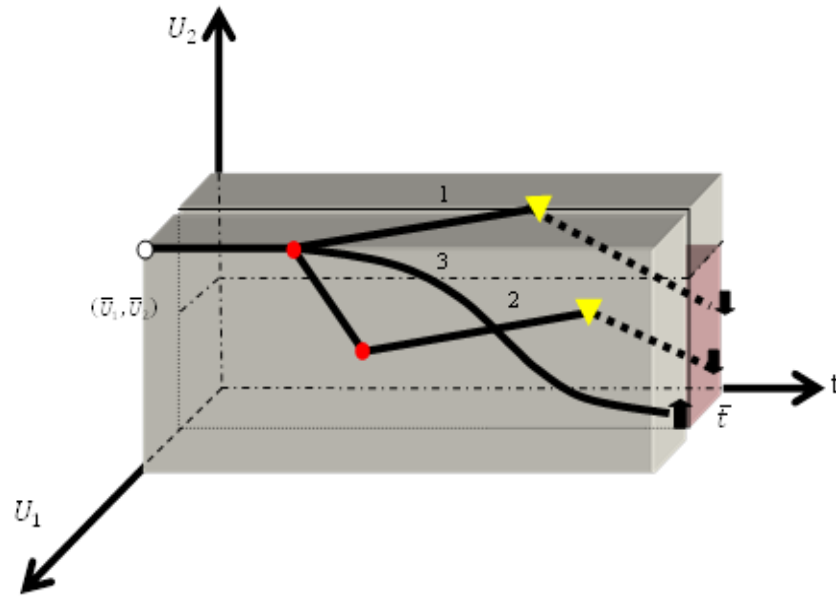
pela equipe de análise de riscos tendem a ser considerados. Isto introduz uma fonte de pressões de análises de risco chamado incertezas com completude (Stirling, 2001).

Até este ponto, a definição operacional de risco foi baseada apenas na premissa de que "em face de uma excitação externa, um sistema pode comportar-se de tal forma que possa sofrer ou desenvolver consequências negativas". Em termos brutos, isto significa apenas que a premissa aqui é que "o risco existe". Com a finalidade de delimitar este campo bastante amplo, serão considerados neste trabalho somente os riscos de desastres naturais, isto é, as catástrofes humanas causadas por um gatilho natural (Pelling, 2003). Assim serão desconsiderados os atos de terrorismo e outros atos humanos intencionais. Neste contexto, o conceito de risco frequentemente aparece modificado por conceitos como perigo, vulnerabilidade e suscetibilidade, o que pode causar algumas alterações na abordagem baseada em cenários.

UNISDR (2009, p 17) apresenta a seguinte definição de perigo: "um fenômeno, substância, atividade antrópica ou condição perigosa é aquela que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, danos à propriedade, perda de meios de subsistência e serviços, perturbações sociais e econômicas, ou dano ambiental". É interessante observar que os perigos apresentam naturezas diferentes (fenômeno, substância, atividade antrópica ou condição), mas, independentemente da sua natureza, todos os perigos são capazes de impactar o próprio sistema de engenharia, causando o seu mau funcionamento e desviando-o de um cenário de sucesso (ou desejável).

As definições de perigo e cenários de risco são frequentemente confundidas (Bonachea *et al.* 2009; Mahler *et al.* 2012; Li e Chi, 2011), embora sejam conceitos diferentes. Pode-se considerar que todas as trajetórias de risco de um sistema formam um subespaço-tempo \mathcal{RS} , do espaço-tempo SS , ou seja, um cenário de risco é a trajetória de um sistema o qual possui pelo menos uma parte transcorrendo em \mathcal{RS} . A Figura 3.2 ilustra espaço-tempo de estado de um sistema dependente de duas variáveis de estado u e u_2 . A partir da investigação da estabilidade do sistema é possível concluir que sua instabilidade é caracterizada para todos os estados em que $U_1 < \bar{U}_1 \geq 0$ e $U_2 < \bar{U}_2 \geq 0$. Então as trajetórias (1) e (2) são cenários de risco; (3) é uma trajetória, mas não é um cenário de risco, pois, embora esteja representado um evento perigoso

(primeiro círculo vermelho), o sistema supostamente se comporta sem consequências negativas.



Observações:

- Origem da trajetória – início da observação de um sistema
- Indica quando um perigo é identificado
- ▼ Indica quando o sistema entra no subespaço-tempo \mathcal{RS}
- ⬇ Representa as falhas que ocorrem

Figura 3.2: Distinção entre cenários de riscos e perigo

A partir do que foi exposto, conclui-se que cenários de risco são trajetórias potenciais de um sistema no seu espaço-tempo; perigos compreendem aqueles fenômenos que excitam o sistema durante um determinado período de tempo, influenciando sua trajetória. Usando a analogia da física, o perigo é como se fosse o impulso de uma força, cuja ação pode ocorrer durante um intervalo de tempo de curta ou longa duração. O perigo “impulso” afeta o sistema, fazendo-o movimentar e descrever uma trajetória. Quando se prediz a descrição da trajetória em função de um determinado perigo e de suas consequências negativas, tem-se o que é chamado de cenário de risco.

Em suma, têm-se dois aspectos que são essencialmente relevantes, considerando cenários de risco, perigos e consequências:

(a) Alguns perigos são duradouros, ou seja, estão sempre presentes ao longo do tempo, como ocorre na análise dos riscos tecnológicos (por exemplo, uma usina nuclear localizada próxima a um curso d'água é percebida como um perigo constante); outros perigos ocorrem num curto espaço de tempo, como é o caso de uma forte tempestade;

(b) Perigo, cenário de risco, e consequências são entes diferentes entre si. O perigo é potencial, abstrato e nunca diretamente observado (inspirado no mito de Dâmocles, uma espada que paira sobre a cabeça de uma pessoa apenas pode ser “percebida” como um perigo); cenários de riscos são potenciais, mas podem ocorrer conforme o esperado (ou seja, é observável) dependendo da precisão da descrição antes de o fato ocorrer, se o fato vier a ocorrer; consequências são transformações do ambiente externo que são diretamente observáveis; há também consequências que não são observáveis devido á sua natureza (por exemplo, pânico e medo da população pós desastre) ou porque são espaçadas no tempo (por exemplo, mudanças climáticas).

O conceito de vulnerabilidade que vem sendo desenvolvido desde a década de 1970 tem duas abordagens relevantes para análise de risco em Engenharia. A primeira vertente considera que vulnerabilidade é uma propriedade do sistema como um todo (Johansson e Hassel, 2010) que avalia a gravidade das consequências negativas em um evento perigoso específico. Nota-se que, neste caso, há uma semelhança em relação ao conceito de cenário de risco. Numa segunda interpretação, a vulnerabilidade pode ser utilizada para descrever um componente ou aspecto de um dado sistema. Neste contexto, o componente analisado é a própria vulnerabilidade o que significa que seu colapso pode causar grandes consequências negativas ao sistema estudado.

No campo das engenharias, e particularmente na Geotecnia, as duas vertentes são válidas. Em geral, a primeira vertente é adotada para os casos em que são considerados a provável ocorrência de um cenário de risco específico, sendo que se esse cenário realmente se concretizar, haverá consequências negativas e severas ao sistema. Por exemplo, ao se analisar o risco de deslizamento, é comum considerar uma chuva intensa como um perigo e a instabilidade da encosta como o único cenário de risco. Desta forma o nível de água subterrânea não representa uma condição de vulnerabilidade para

uma encosta bem drenada, mas, certamente, o é para uma encosta contendo camadas argilosas. Porém, a partir do momento em que é possível a ocorrência de mais que um cenário de risco para um único perigo, é muito valioso considerar as vulnerabilidades conforme a segunda interpretação. Por exemplo, se há a probabilidade de ocorrência de um terremoto e uma precipitação intensa, as vulnerabilidades do sistema são devidas tanto ao fato de a encosta ser fraturada quanto ao de possuir camadas argilosas.

Em outras áreas do conhecimento, a questão da vulnerabilidade é muito mais complexa, porém estão fora do escopo deste trabalho. Por exemplo, McEntire (2005) apresenta uma revisão histórica do conceito destacando a influência subjacente de visões capitalista e socialista por trás das opiniões de cientistas e engenheiros.

Suscetibilidade é um termo frequentemente usado nas análises de risco geotécnico. Em geral, expressa a propensão à ocorrência de um cenário de risco específico, numa dada área, considerando sua vulnerabilidade (Guillard and Zezere, 2012). É um conceito genuinamente qualitativo o qual relaciona as noções de risco, perigo e vulnerabilidade com uma distribuição espacial. As aplicações nas engenharias e em Geotecnia estão relacionadas a inventários e mapeamentos que são utilizados como base para os zoneamentos (Varnes, 1984) e para análises futuras mais acuradas.

3.1.1. Definição quantitativa e qualitativa de risco

É factível definir risco utilizando tanto abordagens qualitativas quanto quantitativas, sendo ambos os métodos amplamente aceitos. Os métodos qualitativos são frequentemente usados pelo fato de serem intuitivos e por permitirem boa avaliação do comportamento físico do sistema. Porém, as soluções de Engenharia não são homogêneas nos projetos que combinam métodos quantitativos (sejam eles analíticos ou experimentais) com avaliação qualitativa do risco. Suponha que se deseja construir um muro de concreto para estabilizar uma encosta com certo risco de instabilidade. O uso de métodos que se destacam por sua objetividade em conjunto com avaliações subjetivas de risco resulta na indeterminação do fator de segurança de toda a solução. Entretanto, métodos quantitativos de avaliação de risco são formulações complexas, baseadas em conceitos probabilísticos, e cuja interpretação dos resultados exige

habilidades específicas; as soluções são homogêneas e a segurança global do sistema pode ser calculada.

Frequentemente, em se tratando de analisar o risco, engenheiros esperam obter um número que pode ser usado como síntese ou, em outras palavras, como uma medida. No entanto, o risco não é um conceito que sempre pode ser expresso por simples número. Considerando que o risco é expresso em função de cenários de risco, das probabilidades associadas e das medidas das consequências associadas a cada cenário, Kaplan e Garrick (1981) propuseram que, para expressão do risco, é necessária uma tabela como Tabela 3.1, ou uma curva como a Figura 3.3. Estes autores são suficientemente enfáticos em afirmar que "Tabela 3.1 ou Figura 3.3 é o risco". Os métodos para a obtenção tanto de tabelas como Tabela 3.1 quanto das curvas como Figura 3.3 são métodos quantitativos de análise de risco. É importante salientar que para a construção da referida tabela Kaplan e Garrick (1981) dispuseram os cenários em ordem crescente de severidade de danos, ou seja, as consequências obedecem á seguinte relação: $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_i$. Desta forma, a coluna "probabilidade cumulativa" é obtida somando-se a última linha da coluna "probabilidade" (P_N) com a penúltima linha da coluna "probabilidade" (p_{N-1}) e assim subsequentemente.(a soma é feita "de baixo para cima")

Tabela 3.1: Risco expresso na forma de uma tabela de cenários, probabilidades, medida de consequências e probabilidades cumulativas. (Fonte: Kaplan e Garrick, 1981).

Cenário	Probabilidade	Consequências	Probabilidade cumulativa
S_1	p_1	x_1	$P_1 = P_2 + p_1$
S_2	p_2	x_2	$P_2 = P_3 + p_2$
...
S_i	p_i	x_i	$P_i = P_{i+1} + p_i$
...
S_{N-1}	p_{N-1}	x_{N-1}	$P_{N-1} = P_n + p_{N-1}$
S_N	p_N	x_N	$P_N = p_N$

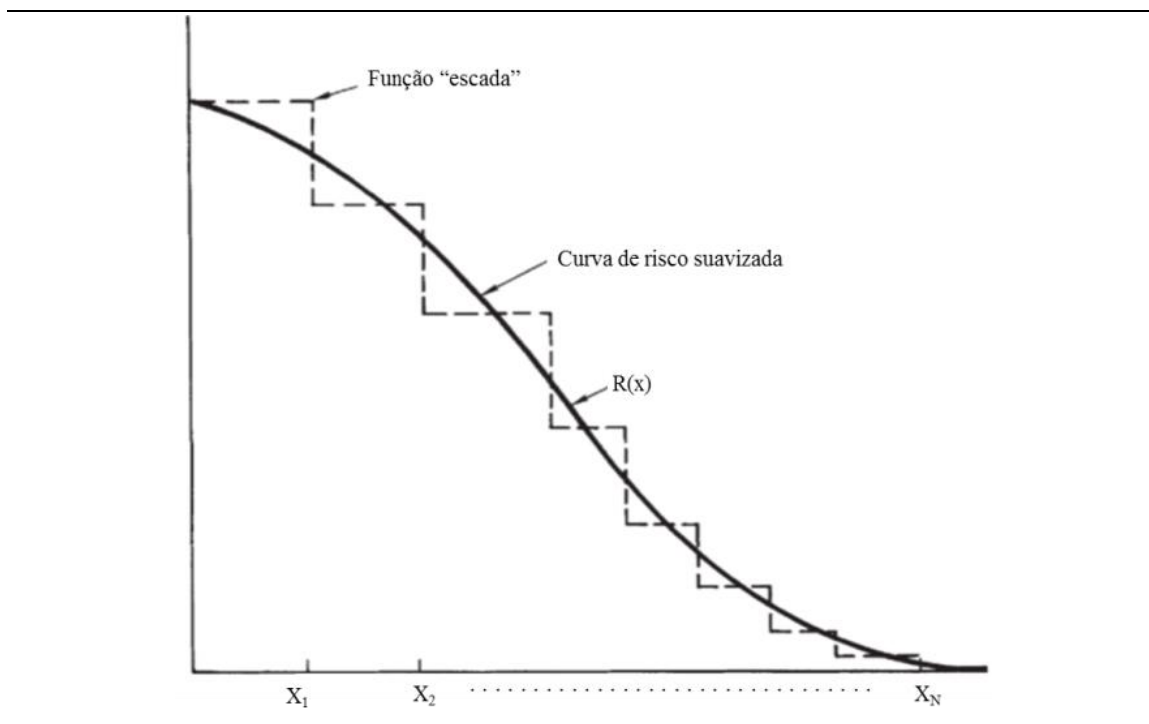


Figura 3.3: Curva de risco (Fonte: Kaplan e Garrik, 1981)

Conforme Hassel (2010), caso não sejam adotados os cenários de risco, não é possível obter a descrição do curso potencial de eventos que levam a resultados negativos, ou seja, um não é possível tentar antecipar o que pode acontecer no sistema. Além disso, a hipótese de não se considerar todos os cenários de risco torna a prevenção e preparação das tarefas de resposta e recuperação muito difíceis, uma vez que não se tem conhecimento sobre quais aspectos ou características do sistema afetam os cursos de eventos negativos.

Probabilidade é essencial para expressar o nível de certeza (confiança) que se tem de que o sistema se comportará como previsto num dado cenário de risco particular, ou para expressar a frequência com a qual esse cenário de risco considerado irá ocorrer, se um "experimento mental" é repetido um determinado número de vezes. Para fazer apenas uma imagem aproximada da forma como um sistema se comporta, talvez não seja necessário usar probabilidades. Mas, na maioria dos casos de interesse da Engenharia, é necessário selecionar e priorizar os cenários e, em seguida, considerar, dentre os futuros eventos potenciais, quais são mais ou menos prováveis de ocorrência.

Cabe destacar que, em muitas situações, engenheiros preferem utilizar índices (ou seja, são construídos indicadores que são assumidos como correlacionados o risco) ao invés de trabalhar com cenários de risco. Os índices são geralmente simples e rápidos de calcular, de fácil compreensão e adequados para suportar rapidamente engenheiros em seu processo de tomada de decisão sobre a gestão de riscos. Além disso, o uso de índices facilita a comunicação de risco para um público não especializado. Por fim, os índices podem ser estimados com base em informações e dados já disponíveis e não exigem esforços adicionais.

A utilização de índice não é adequada para sistemas complexos, embora, teoricamente, é possível construir um índice de risco composto usando técnicas de ponderação. Em geotecnia, os sistemas frequentemente não são tão complexos o que permitiu que vários autores (Bonachea et al, 2010;. Guillard e Zezere, 2012;. Mahler *et al.*, 2012) empregassem índices nas análises de risco. No entanto, esta abordagem é responsável por uma perda de conteúdo já que não há a explicitação do cenário de risco (deve-se considerar que o simples fato de explicitar os cenários é capaz de fazer as pessoas refletirem no que pode acontecer no futuro e criar a consciência do risco). Mais importante é o fato de que o emprego dos índices caminha em paralelo com os métodos qualitativos de avaliação de risco.

A realização de análises utilizando índices requer o conhecimento de como o sistema se comporta o que é feito através da identificação dos parâmetros mais importantes que definem o risco para um determinado evento de interesse. Para exemplificar, cita-se o trabalho de Espósito e Duarte (2010) que propuseram um índice para classificar risco de falha em barragens de rejeitos: o índice de risco R_i é definido como

$$R_i = f(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) \quad (4)$$

em que $\pi_i, i = 1, n$ são números que medem os parâmetros de risco existentes no sistema em uma tabela de valores pré-definidos. Por exemplo, considerando-se o volume V do material depositado na barragem, o parâmetro de risco é $\pi_1 = 2$ para $V \geq 20 \text{ hm}^3$; $\pi_1 = 1,5$ para $5 \text{ hm}^3 \leq V < 20 \text{ hm}^3$; e $\pi_1 = 1,0$ para

$V < 5 \text{ hm}^3$. A natureza subjetiva dos valores dos parâmetros π_i é óbvia. Por conseguinte, generalizando a partir deste exemplo, a fim de fazer uso de um método que utilize índices, os valores utilizados pelo analista devem corresponder aos utilizados para a formulação do método, geralmente aqueles sugeridos pelo autor. Mas, uma vez que os valores são subjetivos, isto nem sempre ocorre.

3.1.2. *Equações e não equações em análise de risco*

Aparentemente há um paradoxo em relação às equações e não-equações em análise de risco: as equações são, em teoria, a expressão de métodos objetivos os quais são usados para avaliar o risco como parte de análises qualitativas; já as não-equações são, em princípio, a expressão das relações subjetivas que estão associados com os métodos quantitativos. O fenômeno da utilização das equações para avaliação de risco é referido como uma "compressão", porque o risco é muito mais do que aquilo que pode ser expresso por um número. Esta questão é discutida por Aven (2010), donde ele concluiu que o risco não existe "objetivamente". Na verdade, o risco é um fenômeno cultural que tem ao menos três dimensões: a dimensão do que é percebido como capaz de produzir resultados indesejáveis, a incerteza desses eventos expressa por probabilidades de frequências ou por graus subjetivos de confiança (expresso também como probabilidades), e a magnitude das consequências negativas. A primeira dimensão pode ser chamada de "dimensão cultural", porque a identificação dos riscos em uma dada comunidade ocorre em conformidade com seus valores éticos. A segunda é a "dimensão fenomênica", porque ela está relacionada com a incerteza dos fenômenos "cenários de risco", que é uma característica interna. A terceira é a "dimensão ambiental", pois refere-se a como o mundo real é modificado pelos fenômenos de risco.

Corteletti (2014) apresenta uma revisão dos conceitos de risco na qual contempla onze autores na área de Geotecnia. Sem fazer uma crítica particular a cada um desses conceitos pode-se dizer que eles são todos "compressões" derivadas do conceito operacional discutido aqui (Kaplan e Garrick, 1981; Aven, 2010; Hassel, 2010). Algumas destas definições são equações para estimar o risco e expressá-lo por apenas um número.

Um conceito para estimativas de risco o qual é frequentemente usado em geotecnia afirma que o risco é “o produto da probabilidade de ocorrência de um dado evento por suas consequências” (Li e Chi, 2011). Esta compressão do conceito de risco consiste em medir o risco (R), aplicando a probabilidade de um cenário de risco (p) e a medida de consequências (C):

$$R = pC \quad (5)$$

Esta equação só faz sentido num contexto em que apenas um cenário de risco é considerado sendo ainda que as unidades de medidas são as mesmas tanto para as consequências quanto para o risco. Este método é útil para avaliar o risco ao tratar das consequências financeiras de um evento. Por exemplo, sabendo que a probabilidade de uma ferrovia ficar paralisada por 12 horas é de 15% (considerando o período de um ano de operação), o risco correspondente é de 0,15 C, em que C é a quantidade de bens e mercadorias a serem transportados durante este período.

Um erro comum em textos geotécnicos consiste em considerar não-equações como sendo equações para avaliar o risco de deslizamento de terra. Por exemplo, Corteletti (2014) cita Fell *et al.* (1994), ISSMGE (2004), AGS (2007) e Van Westen (2008), que dão a "equação"

$$R = \sum(E \times P \times V) \quad (6)$$

em que R é risco; E é uma medida das consequências, P é a probabilidade de um deslizamento, e V é a vulnerabilidade. Obviamente, o código (6) não é originalmente uma equação, é apenas uma afirmação genérica de que o risco é uma função das consequências, das probabilidades de deslizamento de terra e da vulnerabilidade. Sem considerar o significado da probabilidade e da vulnerabilidade neste código, ele se transforma em uma equação somente se se considerar E, P e V como índices qualitativos escolhidos através de alguns critérios subjetivos. Assim, mais uma vez equações são para utilização em análises de risco por meio de métodos qualitativos.

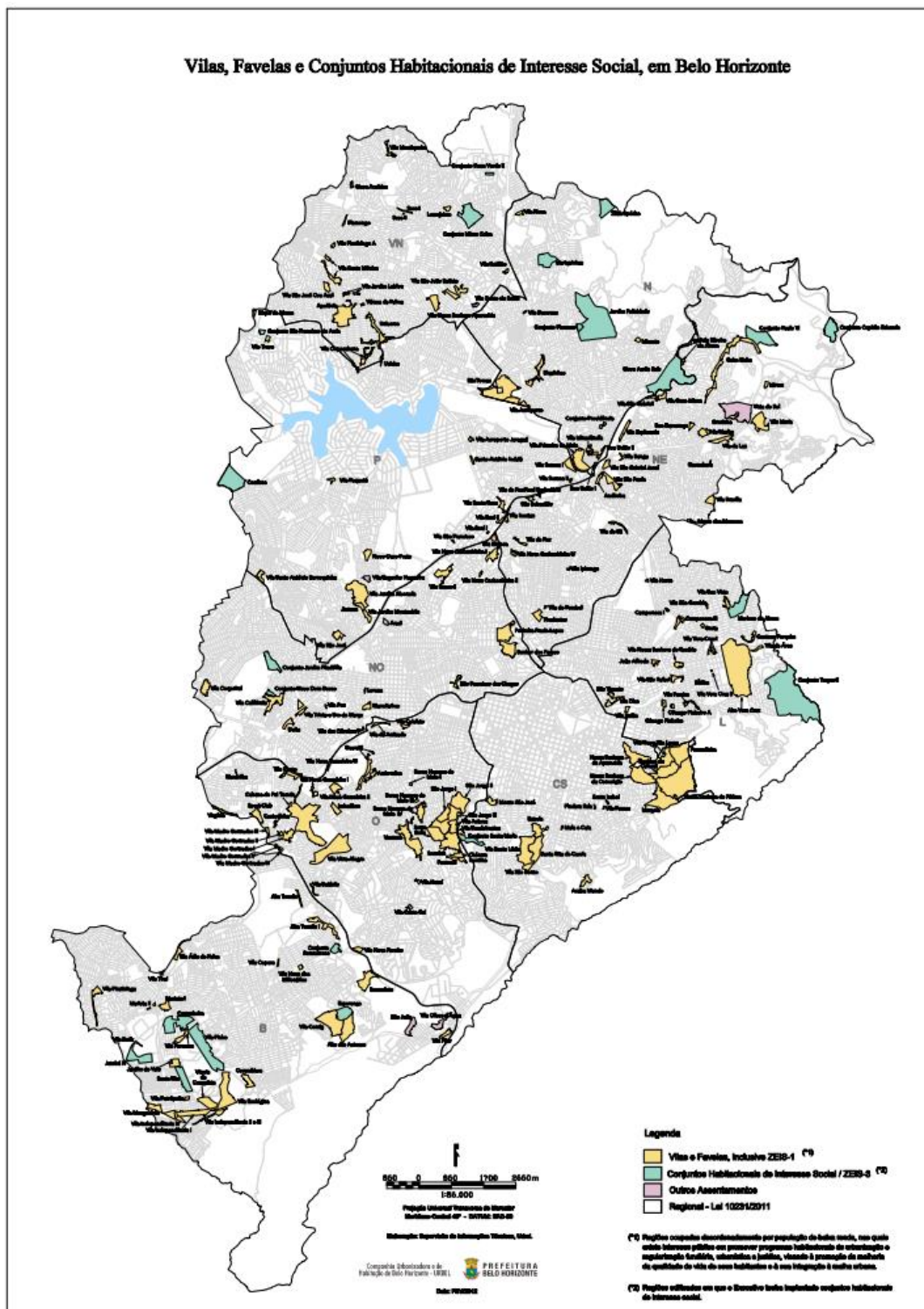
4. GESTÃO DE RISCO E SEUS DESDOBRAMENTOS

4.1. Introdução

O processo de urbanização e de ocupação do solo em Belo Horizonte, influenciado pelo crescimento explosivo da população urbana, foi marcado pela ausência de planejamento para utilização do meio físico. A falta de controle técnico e a desconsideração dos aspectos constitutivo e comportamentais do sistema geológico levou á ocupação desordenada de áreas geotecnicamente suscetíveis, como por exemplo, as encostas e margens de rios. Da solicitação crescente do meio físico, resultaram o surgimento de problemas relacionados, por exemplo, às erosões, aos escorregamentos, à estabilidade de encostas e às inundações. Consequentemente, uma parcela da população urbana, especialmente aquela que habita áreas de vilas e favelas, está permanentemente exposta a riscos naturais, com agravante nas épocas mais chuvosas, quando os processos geológicos se manifestam mais intensamente. Por exemplo, conforme o Diagnóstico de Risco Geológico elaborado pela URBEL em 2004 existiam 10.650 moradias em situação de risco geológico alto e muito alto, em um universo de aproximadamente 94 mil moradias existentes nas vilas e favelas da cidade á época (Pereira *et al.*, 2009).

O município de Belo Horizonte possui 185 vilas e favelas, 23 conjuntos habitacionais e 7 outros assentamentos irregulares espalhados em todas as nove regiões administrativas: Barreiro(B), Centro-Sul (CS), Leste (L), Nordeste (NO), Noroeste(NE), Norte (N), Oeste (O), Pampulha (P) e Venda Nova (VN) - Figura 4.1. Essas áreas são consideradas Zonas de Especial Interesse Social - ZEIS, conforme Lei Municipal 7166/1996. A ZEIS-1 é referente às vilas e favelas, enquanto a ZEIS-3 compreende conjuntos habitacionais populares implantados pelo poder público (URBEL, 2014).

O planejamento e coordenação da estratégia e das ações preventivas nas áreas de risco geológico, principalmente de deslizamento de encosta, é de responsabilidade da URBEL. O Programa Estrutural Para Área de Risco (PEAR) é modelo de gestão para outras cidades do País e ao longo dos últimos anos tem contribuído para a redução do número de edificações em riscos alto e muito alto e diminuição dos acidentes graves com vítimas durante o período chuvoso.



Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – PBH (2014). Gestão Compartilhada. <http://gestaocompartilhada.pbh.gov.br/sites/gestaocompartilhada.pbh.gov.br/files/produtos/8.1_a3_vilas_favelas_conjuntoszeis3_0.pdf> Acesso em: 02 ago 2014

Figura 4.1: Distribuição geográfica das Vilas e Favelas de Belo Horizonte

4.2. Mapeamento de risco: caracterização e magnitude do problema

O mapeamento de risco geológico em Belo Horizonte foi realizado em 1993/1994 sendo as atualizações efetuadas em 2004, em 2009 e em 2011. Além do mapeamento, a contabilização de moradias em risco ocorreu em 2005, através do Plano Municipal de Redução de Risco – PMRR. A contabilização das moradias foi refeita visando delimitar apenas os processos existentes nas áreas de encosta e os processos de solapamento; foram excluídas as áreas de inundação. Nos intervalos entre o primeiro mapeamento e suas atualizações, sempre foi possível monitorar e avaliar a evolução do risco ou a eficiência das ações desenvolvidas por meio das informações disponíveis no banco de dados de vistoria, o SISVAR – Sistema de Vistoria em Áreas de Risco (Pereira *et al.*, 2009).

O mapeamento de risco compreende as atividades voltadas à identificação dos riscos e à delimitação das áreas de sua ocorrência podendo ser realizado em dois níveis distintos: o zoneamento (ou setorização) de risco e o cadastramento de risco. O zoneamento de risco é um trabalho de mapeamento genérico na medida em que utiliza a delimitação de setores nos quais, em geral, encontram-se instaladas várias moradias. Admite-se que todas as moradias do setor se encontram em um mesmo grau de risco (como por exemplo, risco alto) e não são consideradas as especificidades de cada uma. Já o cadastramento de risco é executado em grau de detalhe bem maior, quando comparados aos casos de zoneamento e os riscos são identificados e analisados moradia por moradia, não existindo qualquer generalização (Cerri, 2006; GEGEP-UFPE, 2008).

Independentemente da escala adotada, para identificar os riscos é essencial a realização de trabalhos de campo durante os quais é avaliada tanto a possibilidade de ocorrência de processos geodinâmicos (por exemplo, deslizamento) quanto às consequências sociais e ou econômicas resultantes. Conforme Cerri, (2006) e GEGEP-UFPE (2008) nos trabalhos de campo são adotados os seguintes procedimentos :

1. Definição de quais processos destrutivos são objeto do mapeamento de risco. Nesta etapa é importante elaborar uma síntese descritiva a respeito dos principais sinais e feições de desenvolvimento de cada um dos processos analisados, pois são estes sinais que, quando reconhecidos durante os trabalhos

de campo, darão fundamento à decisão sobre o grau de probabilidade de ocorrência de um acidente.

2. Realização de trabalhos de campo. Nesta etapa, busca-se identificar as condicionantes dos processos de instabilização bem como as evidências de instabilidade e indícios do desenvolvimento de processos destrutivos. Todos os dados e resultados devem ser registrados em fichas de campo específicas. Nessas fichas também são feitas as anotações a respeito do número de moradias ameaçadas, se haverá necessidade de remoção, se haverá necessidade de obras bem como outras observações que se julguem relevantes. Esses dados são importantes para estimar as consequências potenciais do processo geodinâmico analisado
3. Com base no julgamento dos profissionais encarregados do mapeamento de risco, é feita a delimitação dos setores de risco bem como uma hierarquização dos graus de riscos. O grau de risco é determinado a partir da comparação entre as situações de risco identificadas (risco relativo), sendo estabelecidos níveis qualitativos (baixo, médio, alto e muito alto). A Tabela 4.1 apresenta os critérios adotados no município de Belo Horizonte.

Tabela 4.1: Critério adotados para a definição dos graus de risco no diagnósticos de risco nas vilas e favelas e conjuntos favelizados de Belo Horizonte(Fonte UNESP e PBH, 2006)

Grau de risco	Descrição
IV - Risco muito alto	Processo com indícios claros de adiantado estágio evolutivo, com possibilidade de destruição imediata de moradias, não sendo necessária a ocorrência de chuvas intensas ou de longa duração.
III - Risco alto	Processo destrutivo instalado, com indícios de seu desenvolvimento e possibilidade de destruição de moradias em curto espaço de tempo. É possível o acompanhamento evolutivo do processo, podendo ocorrer a evolução rápida com um chuva mais intensa e/ou de longa duração.
II- Risco médio	Processos destrutivos encontram condições potenciais de desenvolvimento, constatando-se condicionantes físicos predispostos ao risco e/ou indícios iniciais do desenvolvimento do processo.
I - Risco baixo	Sem indícios de instabilização aparentes, sendo consideradas áreas com baixa predisposição ao risco.
Área sem risco geológico	Áreas estáveis no momento da análise, não apresentando qualquer indício ou possibilidade de desenvolvimento de processos destrutivos, mantidas as condições até o momento da análise, ou seja, não havendo nenhuma alteração antrópica significativa.
Área com predisposição ao risco geológico	Áreas sem ocupação as que possuem alta predisposição á ocorrência de algum tipo de evento geodinâmico

4.3. Programa Estrutural em Áreas de Risco

No município de Belo Horizonte todo o rol de atividades de gerenciamento de risco tem sido aplicado através do Programa Estrutural em áreas de Risco – PEAR. Conforme Pereira *et al.* (2009) o PEAR foca suas ações a partir dos seguintes modelos de gestão:

- Gestão compartilhada com a comunidade envolvida, principalmente através de Núcleos de Defesa Civil (NUDEC);
- Gestão de proximidade intensificada com a criação de Centros de Referência em Áreas de Risco –(CREAR) nas principais áreas de risco;
- Articulação entre os órgãos da Prefeitura com a composição do Grupo Executivo em Áreas de Risco (GEAR);
- Investimento em ferramentas de planejamento como a atualização do diagnóstico de risco e o Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR).

A operacionalização do PEAR fica a cargo da URBEL e também das nove Secretarias de Administração Regional do Município. O Programa é composto por três planos de ação:

- Plano de Atendimento Emergencial - PAE, que objetiva atuar no período chuvoso (outubro a março) com monitoramento das áreas e moradias em risco;
- Plano de Mobilização Social - PMS, que trabalha a sensibilização e a orientação dos moradores, de lideranças comunitárias e de membros dos NUDEC para assegurar a prevenção de riscos e o sucesso das intervenções e obras realizadas;
- Plano de Obras – PO: objetiva a execução de obras pontuais e/ou estruturantes, de pequeno e médio porte, nas áreas de risco geológico.

O PEAR compreende o atendimento contínuo da população de vilas e favelas em situação de risco e é baseado na realização de vistorias individualizadas, ações preventivas durante o ano e monitoramento e ações emergenciais no período chuvoso, conforme é apresentado na

Tabela 4.2. Adicionalmente, o programa possui como premissa básica a convivência com o risco e tem como principais objetivos diagnosticar, prevenir, controlar e minimizar situações de risco geológico-geotécnico.

Tabela 4.2: Ações contínuas ao longo do ano (Fonte: Pereira *et al.*, 2009)

Ações contínuas ao longo do ano
<ul style="list-style-type: none"> • Vistorias em 100% das áreas solicitadas com orientação técnica ao morador. • Obras de pequeno porte realizadas com mão-de-obra dos moradores e assistência técnica e material fornecidos pelo programa. • Obras de médio porte através dos contratos da Divisão de Manutenção da URBEL. Estas obras são realizadas por empresas de engenharia e são executadas quando há o benefício de um número maior de famílias. • Monitoramento compartilhado com o morador. • Reuniões sistemáticas com os NUDEC visando capacitá-los sobre as ações preventivas e consolidá-los enquanto grupo.
Ações do PEAR no período pré-chuva
<ul style="list-style-type: none"> • Fórum de vilas e favelas com a comunidade envolvida, divulgando o programa e compartilhando informações. • Divulgação, nas comunidades, das medidas necessárias para se evitar situações de risco e através da distribuição de cartilhas educativas (operação “pente-fino”), contando com o apoio dos integrantes dos NUDEC. Nesta operação, também são emitidos comunicados de utilidade pública informando a população acerca dos indícios que podem ser observados e os telefones para situação de emergência. • Limpeza de cursos d’água, bocas de lobos, sistema de drenagens, encostas etc...
Ações do PEAR no período chuvoso
<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de plantões nos finais de semana e feriados (de outubro a março). O plantão inclui todo o Grupo Executivo em Áreas de Risco – GEAR que, além de órgãos municipais como a URBEL, as nove regionais, a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil, a Superintendência de Desenvolvimento da Capital, a Superintendência de Limpeza Urbana, a Empresa de Trânsito de Belo Horizonte e as Secretarias Municipais de Assistência Social, Abastecimento e Saúde, conta também com a participação de órgãos estaduais convidados (Corpo de Bombeiros, Defesa Civil Estadual – CEDEC e Concessionárias de água e energia); • Acompanhamento dos índices pluviométricos e recebimento de previsão meteorológica, declarando estado de alerta quando o volume de precipitação atinge 50 mm acumulados em 02 dias, 70 mm em 03 dias, ou quando a previsão assim indicar. Estes alertas são repassados aos NUDEC e rádios comunitárias que os replicam nas comunidades. • Colocação de lona em encostas que podem ser mantidas sob monitoramento. • Isolamento de cômodos. • Sinalização das áreas onde houve remoção ou onde há uma situação crítica, através de faixas alertando sobre o risco. • Manutenção, limpeza, desobstrução ou pequenas intervenções em sistemas de drenagem pluvial, esgoto, pequenos cursos d’água, vias de pedestre, etc., com mão-de-obra contratada (equipe de braçais). • Obras emergenciais. • Refúgio momentâneo nos CREAM durante a noite. • Remoção temporária onde, após o período chuvoso, seja possível o retorno dos moradores com segurança, mediante ou não a realização de obra. • Remoção definitiva que implica, sempre na demolição da moradia de risco.

A seguir são abordados os principais processos do meio físico que podem afetar diretamente as áreas de vilas e favelas do município de Belo Horizonte, engendrando riscos para a população envolvida.

4.4. Os processos do meio físico

A deflagração e evolução de processos de alteração do meio físico, induzidos, potencializados ou acelerados pelo uso e ocupação do solo podem causar prejuízos sociais, econômicos ou ambientais e até mesmo a perda de vidas humanas (Oliveira, L. 2010). Conforme UNESP e PBH (2006) foram identificados os seguintes processos destrutivos passíveis de ocorrência nas vilas e favelas de Belo Horizonte:

- Escorregamento de solo
- Escorregamento de rocha alterada/saprólito
- Escorregamento de aterro
- Escorregamento de lixo
- Erosão
- Queda e rolamento de bloco de rocha
- Solapamento
- Inundação

4.4.1. *Deslizamentos e processos correlatos*

O termo genérico deslizamento, também referenciado como escorregamento, faz referência ao fenômeno de movimentação de materiais sólidos de várias naturezas ao longo de terrenos inclinados (MMA, 2007). Via de regra, os diferentes tipos de deslizamento são identificados e classificados em função de pelo menos um dos seguintes parâmetros: tipo de material envolvido, magnitude e da geometria das massas de solo, rochas ou detritos mobilizados e características mecânicas da movimentação (velocidade, direção, alcance). Conforme IG (2009), uma das classificações mais

utilizadas em âmbito internacional, a que foi proposta por Varnes (1978), é baseada no tipo de movimento e no tipo de material transportado. Dentre as classificações brasileiras, destacam-se as de Freire (1965), de Guidicini & Nieble (1984) e de Augusto Filho (1992), das quais esta última é apresentada na Tabela 4.3 (IG, *Op.cit.*).

Tabela 4.3: Características dos principais movimentos de massa, conforme Augusto Filho, 1992 (Fonte: IG, 2009)

Rastejo
Vários planos de deslocamentos (internos); Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescente com a profundidade; Movimentos constantes, sazonais ou intermediários; Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada, geometria indefinida.
Escorregamentos
Poucos planos de deslocamento (externos); Velocidades médias (m/h) a altas (m/s), Pequenos a grandes volumes de material; Geometria e material variáveis; PLANARES – solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; CIRCULARES – solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; EM CUNHA – solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas
Sem planos de deslocamento; movimento 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 MATAÇÃO; TOMBAMENTO
Corrida
Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas á massa em movimentação); Movimento semelhante a um líquido viscoso; Desenvolvimento ao longo de drenagens; Velocidades médias a altas; Mobilização de solo rocha detritos e águas, Grandes volumes de material; Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Terrenos com relevos íngremes e/ou encostas modificadas pela ação humana, localidades situadas em regiões serranas, bem como as áreas de intensa urbanização, constituem os ambientes mais propícios para a ocorrência de deslizamentos. Especialmente nas áreas ocupadas por vilas e favelas estes processos são frequentemente potencializados por agentes tais como: cortes no terreno, aterros mal executados, tubulações rompidas, lançamento de esgoto e deposição de lixo e entulho nas encostas e cursos d'água, entre outros (Figura 4.2).



Figura 4.2: Fatores de risco que potencializam o processo (Fonte: Oliveira, L.2010)

4.4.1. Enchente e inundação

Enchentes e inundações são eventos naturais que consistem na elevação dos níveis de um curso de água, (rio, córrego, riacho, arroio, ribeirão) e que frequentemente são deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração. Há também os conceitos de alagamento e enxurrada, usualmente empregados em áreas urbanas (Tabela 4.4 e Figura 4.3). As enchentes, inundações, alagamentos e enxurradas são fenômenos particularmente complexos porque sua ocorrência depende da combinação de

condicionantes naturais e antrópicos. Entre os condicionantes naturais destacam-se: formas do relevo; as características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; chuvas (intensidade, quantidade, distribuição e frequência); características do solo e o teor de umidade; presença (ou ausência) da cobertura vegetal. Quanto aos fatores antrópicos é importante observar a retirada da cobertura vegetal, retificação e encurtamento de cursos d'água, remoção de rugosidades, impermeabilização (MMA, 2007).

Tabela 4.4: Inundações e processos correlatos - conceitos (Fonte: Min. Cidades e IPT, 2007)

Inundação, enchente e processos correlatos
<ul style="list-style-type: none"> • Enchente ou cheia: Elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga (observar que a água não extravasa). • Inundação: Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio. • Alagamento: Acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial. • Enxurrada: Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte.



Figura 4.3: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação (Fonte: Min. Cidades e IPT, 2007)

4.4.2. Erosão

Erosão compreende o processo de “desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas pela ação combinada da gravidade com a água,

vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais)” (IPT, 1986 citado por IG, 2009). Os processos erosivos se desenvolvem naturalmente em decorrência da ação dos agentes erosivos (águas pluviais, fluviais e marinhas além de ventos e geleiras) podendo ser potencializados pelas ações e intervenções antrópicas. Em áreas urbanas, a erosão ocasionada pela ação das águas é amplamente disseminada, destacam-se dois tipos principais, conforme a forma que ocorre o escoamento das águas superficiais: erosão laminar ou em lençol, erosão linear (Tabela 4.5).

Tabela 4.5:Erosão – conceitos

Erosão
<ul style="list-style-type: none"> • Erosão laminar: ocorre quando a água escoar uniformemente pela superfície do terreno, transportando as partículas de solo, sem formar canais definidos. É responsável por grandes prejuízos às terras agrícolas e pelo fornecimento de grande quantidade de sedimentos que assoreiam rios, lagos e represas, apesar de ser uma forma mais amena de erosão. (IG, 2009, citando Proin/CAPES e UNESP/IGCE, 1999) • A erosão linear compreende aquela causada pela concentração do escoamento superficial e de fluxos d’água em forma de filetes. Sua evolução origina três tipos diferentes de erosão: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sulco - é um tipo de erosão no qual o fluxo d’água ao atingir maior volume transporta maior quantidade de partículas, formando incisões na superfície de até 0,5 m de profundidade e perpendiculares às curvas de nível. (IG, 2009, citando Proin/CAPES e UNESP/IGCE, 1999); ○ Ravinas - são formas erosivas lineares com profundidade maior que 0,5 m, neste caso as águas do escoamento superficial escavam o solo até seus horizontes inferiores; possuem forma retilínea, alongada e estreita. (IG, 2009, citando Proin/CAPES e UNESP/IGCE, 1999); ○ Voçoroca (ou boçoroca)- forma mais complexa de erosão linear; ocorre o aprofundamento da erosão até atingir o nível freático que aflora no fundo do canal. Há, então, ação combinada das águas do escoamento superficial e subterrâneo, o que condiciona uma evolução da erosão lateral e longitudinalmente. (IG, 2009, citando Proin/CAPES e UNESP/IGCE, 1999) • Os solapamentos, também denominados de desbarrancamentos, compreendem a “ruptura de taludes marginais do rio por erosão e ação instabilizadora das águas durante ou logo após processos de enchentes e inundações” (Min. Cidades e IPT, 2007)

5. PROCEDIMENTO DA PESQUISA E DESCRIÇÃO DO BANCO DE DADOS

A identificação dos riscos se refere aos trabalhos de reconhecimento dos perigos e da identificação das respectivas áreas de risco. É importante descrever os fatores condicionantes, os agentes deflagradores e condicionantes e os elementos sob risco para cada situação de risco identificada (utilização de fichas de vistoria). Além disso, também são utilizados dados de acidentes já ocorridos (retroanálise), considerando os diferentes tipos de processo passíveis de ocorrer em uma dada localidade, para aplicar na identificação dos riscos e no reconhecimento prévio do problema em situações similares.

Neste capítulo é apresentado o procedimento de pesquisa e banco de dados utilizado para a realização deste trabalho

5.1. Procedimentos da pesquisa e banco de dados

A pesquisa se desenvolveu com a seguinte sequência de procedimentos:

A. Obtenção das fichas de vistoria do PEAR/URBEL

O acesso á base de dados da URBEL para fins de obtenção das fichas do PEAR foi realizado em julho de 2013. Foram considerados os documentos referentes ás situações de risco alto e muito alto das regionais Barreiro e Noroeste, durante o período compreendido entre junho de 2011 até março de 2013. A opção da escolha das regionais Barreiro e Noroeste é devida ao fato dessas regionais compreenderem os principais domínios de rochas encontrados em Belo Horizonte. Essas áreas abrangem tanto as rochas da Sequência Metassedimentar (regional Barreiro) quanto as rochas do Complexo Belo Horizonte (regional Noroeste). Com relação ao período analisado, utilizaram-se os dados referentes aos dois últimos períodos chuvosos disponíveis á época em que foi realizado o acesso á base da URBEL. Foram registradas 341 fichas da regional Barreiro e 177 da regional Noroeste, totalizando 518 fichas (Figura 5.1).

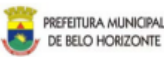
 PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE		Programa Estrutural em Áreas de Risco - PEAR		SIGEAR	
			Vistoria		Página: 1/1
FICHA DE VISTORIA					
Data: _____ Captação: _____ Criar: _____ Solicitante: _____					
Motivo: _____					
1. Nome: _____		Nasc: _____		Identidade: _____	
Mãe: _____		Fone: _____		Celular: _____	
2. Nome: _____		Nasc: ____/____/____		Identidade: _____	
Mãe: _____		Fone: _____		Celular: _____	
Tipo log: _____ Logradouro: _____ Num: _____ Comp: _____ Contato: _____					
Bairro: Jardim Alvorada Regional: _____ Referência: _____					
Tempo moradia: Ano: _____ / Mês: _____ Total moradores: _____ Crianças (<= 12anos): _____ Nº domicílios: _____					
Caracterização do local					
Morfologia: <input type="radio"/> Encosta <input type="radio"/> Planície aluvial <input type="radio"/> Área aplainada <input type="radio"/> Fundo de vale <input type="radio"/> Área totalmente ocupada					
Talude: <input type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/> De corte <input type="checkbox"/> De aterro <input type="checkbox"/> De córrego					
Montante: Altura: _____ Afastamento base: _____ m Inclinação: _____ Cob. Superficial: _____ Espessura: _____ m Vegetação: _____					
Jusante: Altura: _____ m Afastamento crista: _____ m Inclinação: _____ ° Cob. Superficial: _____ Espessura: _____ m Vegetação: _____					
Litologia: _____ Grau de alteração: _____ Estrutura: _____ Complemento: _____					
Características visuais da edificação					
Tipologia: <input type="checkbox"/> Alvenaria <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Lona Pavimentos: <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> >3 Idade: <input type="radio"/> < 15 <input type="radio"/> 15 a 30 <input type="radio"/> > 30					
Estruturas: <input type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Viga <input type="checkbox"/> Laje <input type="checkbox"/> Telhado Fundação: <input type="radio"/> Rasa (até 1 m) <input type="radio"/> Profunda					
Sintomas: <input type="checkbox"/> Trincas e rachaduras <input type="checkbox"/> Flechas exageradas <input type="checkbox"/> Deslocamento do concreto <input type="checkbox"/> Porosidade					
Parecer: <input type="radio"/> Monitoramento pelo morador <input type="radio"/> Intervenção do morador <input type="radio"/> Risco construtivo não monitorável					
Predisposição a processos geodinâmicos					
<input type="checkbox"/> Escorregamento <input type="checkbox"/> Inundação <input type="checkbox"/> Erosão <input type="checkbox"/> Rolamento / tombamento / queda de blocos <input type="checkbox"/> Não se aplica					
Tipo escorregamento: Planar Tipo erosão: _____ Material: _____					
Agentes potencializadores					
<input type="checkbox"/> Vazamento / ruptura redes (infiltrações)			<input type="checkbox"/> Concentração de água pluvial		
<input type="checkbox"/> Fossas			<input type="checkbox"/> Lixo / entulho		
<input type="checkbox"/> Surgência			<input type="checkbox"/> Bananeira		
<input type="checkbox"/> Corte			<input type="checkbox"/> Lançamento água / esgoto		
			<input type="checkbox"/> Trinca moradia		
			<input type="checkbox"/> Estrutura deformada		
			<input type="checkbox"/> Cicatriz escorregamento		
			<input type="checkbox"/> Trinca terreno		
			<input type="checkbox"/> Degraus de abatimento		
Nível atual do risco geológico					
<input type="radio"/> Muito alto <input type="radio"/> Alto <input type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Sem Risco					
Ocorrência atual					
Data: ____/____/____ Tipo do processo: _____ Material: _____ Volume estimado: ____m3 Altura inundação: ____m					
<input type="radio"/> Atingimento parcial <input type="radio"/> Atingimento total <input type="radio"/> Perda parcial <input type="radio"/> Perda total <input type="radio"/> Sem atingimento					
Parecer					
<input type="radio"/> Monitoramento pelo morador <input type="radio"/> Indicação de remoção temporária <input type="radio"/> Indicação de remoção definitiva <input type="radio"/> Não se aplica					
Orientações					
<input type="checkbox"/> Não expandir edificação <input type="checkbox"/> Não permanecer no local <input type="checkbox"/> Remoção de entulho <input type="checkbox"/> Remoção de bananeira					
<input type="checkbox"/> Solicitar nova vist se modificar quadro <input type="checkbox"/> Intervenção do morador <input type="checkbox"/> Isolamento cômodo <input type="checkbox"/> Inversão de cômodo					
<input type="checkbox"/> Fora de critérios					
Motivo fora critério: _____ Demolição de: _____ Cortes de lona: <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4					
Obras propostas					
Mão de obra: <input type="checkbox"/> Morador <input type="checkbox"/> PBH Tipo de obra: _____ Famílias beneficiadas: _____					
Descrição complementar: _____					
Considerações finais					
Execução da vistoria					
<input type="checkbox"/> Vistoria concluída: Motivo: _____					
Data: _____ Órgão: _____					
Responsáveis técnicos: _____					
Equipe complementar: _____					
Ciência da vistoria					
Nome: _____ Assinatura: _____					
Observações					

Figura 5.1: Ficha do PEAR

B Definição das variáveis

As variáveis que compõem o banco de dados foram definidas com base nas informações constantes nas fichas de vistoria do PEAR conforme detalhado a seguir:

1º Passo – Dados gerais sobre a moradia

Tomando como referência os dados constantes no campo “Dados Gerais” (Figura 5.2). São definidas as seguintes variáveis

- Identificação da ficha de vistoria (número SIGEAR)
- Data da solicitação da vistoria
- Motivo da solicitação da vistoria
- Bairro
- Regional
- Total de moradores
- Crianças
- Número de domicílios

Conforme orientação recebida da URBEL, não foram utilizadas informações que pudessem identificar os moradores das áreas de risco.


 PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE	Programa Estrutural em Áreas de Risco - PEAR FICHA DE VISTORIA	SIGEAR Vistoria
Data: ___/___/___ Captação: _____ Crear: _____ Solicitante: _____		
Motivo: _____		
1. Nome: _____ Nasc: ___/___/___ Identidade: _____ CPF: _____		
Mãe: _____ Fone: _____ Celular: _____		
2. Nome: _____ Nasc: ___/___/___ Identidade: _____ CPF: _____		
Mãe: _____ Fone: _____ Celular: _____		
Tipo log: _____ Logradouro: _____ Num: _____ Comp: _____ Contato: _____		
Bairro: _____ CEP: _____ Regional: _____ Referência: _____		
Tempo - moradia: Ano: _____ Mês: _____ Total morador: _____ Crianças(<=12anos): _____ Nº domicílios: _____		

Figura 5.2: Ficha de vistoria PEAR – dados gerais

2º Passo – Caracterização do local

As variáveis obtidas no segundo passo, com base no campo “caracterização do local” (Figura 5.3), descrevem a localização da edificação em relação ao meio físico, e são listadas a seguir:

Caracterização do local											
Morfologia:	<input type="radio"/> Encosta	<input type="radio"/> Planície aluvial	<input type="radio"/> Área aplainada	<input type="radio"/> Fundo de vale	<input type="radio"/> Área totalmente ocupada						
Talude:	<input type="checkbox"/> Natural	<input type="checkbox"/> De corte	<input type="checkbox"/> De aterro	<input type="checkbox"/> De córrego							
Montante: Altura:	_____ m	Afastamento base:	_____ m	Inclinação:	_____ °	Cob. Superficial:	_____	Espessura:	_____ m	Vegetação:	_____
Jusante: Altura:	_____ m	Afastamento crista:	_____ m	Inclinação:	_____ °	Cob. Superficial:	_____	Espessura:	_____ m	Vegetação:	_____
Litologia:	_____	Grau de alteração:	_____	Estrutura:	_____	Complemento:	_____				

Figura 5.3:Ficha de vistoria PEAR – caracterização do local

- **Morfologia**

Encosta: conformação natural da superfície do terreno inclinado, a qual é originada a partir da atuação de forças externas e internas por meio de agentes geológicos, climáticos, biológicos e humanos (Min. Cidades e IPT, 2007)

Planície aluvial: áreas planas e baixas junto aos cursos d'água, formados por sedimentos aluvionares. (Campos, 2011)

Área aplainada: corresponde aos terrenos planos alterados onde não são identificados encostas a montante e nem jusante da edificação (Campos, 2011).

Fundo de vale: vales encaixados em que a edificação localiza-se na linha de drenagem (Campos, 2011).

Área totalmente ocupada: local onde não é possível observar taludes. Edificações ocupam todo o terreno, o que dificulta caracterizar a morfologia local (Campos, 2011)

- **Tipo de Talude**

Taludes naturais: são encostas de maciços terrosos, rochosos ou mistos, de solo e rocha, de superfície não horizontal, originados pela ação de agentes naturais. (Min. Cidades e IPT 2007)

Talude de corte: resultante de algum processo de escavação realizado pelo homem (Min. Cidades e IPT 2007)

Talude de aterro: são aquelas taludes originados pelo aporte de materiais, tais como, por exemplo, solo, rocha, rejeitos de mineração (Min. Cidades e IPT 2007)

Talude de córrego: taludes marginais ao curso d'água (Campos, 2011)

Para cada talude identificado, seja ele de jusante (abaixo da edificação) ou de montante (acima da edificação), é determinado:

- Altura do talude
- Inclinação do talude;
- Distância da moradia em relação ao topo ou base do talude (afastamento)
- Tipo e espessura da cobertura superficial (quando houver)
- Tipo de vegetação

Finalmente são descritas as seguintes variáveis:

- Litologia (tipo de rocha)
- Grau de alteração da rocha
- Estruturas

3º Passo - Características visuais da edificação

Essas 6 variáveis descrevem as características e as condições da edificação e forma definidas com base no campo “características visuais da edificação” (Figura 5.4).

Características visuais da edificação												
Tipologia:	<input type="checkbox"/> Alvenaria	<input type="checkbox"/> Madeira	<input type="checkbox"/> Lona	Pavimentos:	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> >3	Idade:	<input type="radio"/> < 15	<input type="radio"/> 15 a 30	<input type="radio"/> > 30
Estruturas:	<input type="checkbox"/> Pilar	<input type="checkbox"/> Viga	<input type="checkbox"/> Laje	<input type="checkbox"/> Telhado	Fundação:	<input type="radio"/> Rasa (até 1 m)		<input type="radio"/> Profunda				
Sintomas:	<input type="checkbox"/> Trincas e rachaduras		<input type="checkbox"/> Flechas exageradas		<input type="checkbox"/> Desplacamento do concreto		<input type="checkbox"/> Porosidade					
Parecer:	<input type="radio"/> Monitoramento pelo morador		<input type="radio"/> Intervenção do morador		<input type="radio"/> Risco construtivo não monitorável							

Figura 5.4: Ficha de vistoria PEAR – características visuais da edificação

- **Tipologia** Descreve se moradia é feita de alvenaria, madeira ou lona;
- **Estrutura** Indica se a moradia possui uma ou mais das seguintes estruturas analisadas: pilar, viga, laje, telhado;
- **Sintomas** Indica se a moradia possui um ou mais sintomas de patologia aparentes: trincas e rachaduras, flechas exageradas, deslocamento do concreto, porosidade;
- **Pavimentos** Indica quantos pavimentos a moradia possui;
- **Fundação** Caso a moradia tenha fundação, indica se a mesma é rasa ou profunda;
- **Parecer** Indica se há necessidade de monitoramento, intervenção do morador, ou se o risco é não monitorável.

4º Passo – Predisposição a processos geodinâmicos

A variável “predisposição a processos geodinâmicos”- PPG indica quais são os processos geodinâmicos passíveis de ocorrência na área vistoriada, ou seja, o tipo de processo destrutivo que pode vir a ocorrer (Figura 5.5), conforme avaliação técnica do vistoriador. Cabe ressaltar que na área vistoriada pode haver a predisposição para a ocorrência de um ou mais processos geodinâmicos. Quando a variável PPG corresponde ao item “não se aplica” é porque a área vistoria não tem predisposição a nenhum dos outros processos considerados na ficha. Cabe ressaltar que todos os processos geodinâmicos foram descritos no item 4.4.

O formulário apresenta um cabeçalho verde com o título "Predisposição a processos geodinâmicos". Abaixo dele, há cinco opções com caixas de seleção: "Escorregamento", "Inundação", "Erosão", "Rolamento / tombamento / queda de blocos" e "Não se aplica". Cada opção selecionada possui um campo de texto associado: "Tipo escorregamento:" para o primeiro, "Tipo erosão:" para o terceiro, e "Material:" para o quinto.

Figura 5.5: Ficha de vistoria PEAR – predisposição a processos geodinâmicos

- Predisposição a processos geodinâmicos
 - Escorregamento
 - planar
 - em cunha
 - circular
 - Rolamento/tombamento e queda de blocos
 - Erosão
 - laminar
 - linear
 - solapamento
 - Inundação
 - Não se aplica

5º Passo – Agentes potencializadores

A partir das informações constantes no campo “agente potencializadores” (Figura 5.6) é descrita a variável referente aos agentes que potencializam a ocorrência de processos geodinâmicos, ou seja, essa variável engloba os fatores antrópicos que

favorecem a ocorrência dos processos geodinâmicos listados no 4º Passo. Cabe ressaltar que os processos geodinâmicos podem ser potencializados por um ou mais agentes.

Agentes potencializadores	
<input type="checkbox"/> Vazamento / ruptura redes (infiltrações)	<input type="checkbox"/> Concentração de água pluvial
<input type="checkbox"/> Fossas	<input type="checkbox"/> Lixo / entulho
<input type="checkbox"/> Surgência	<input type="checkbox"/> Bananeira
<input type="checkbox"/> Corte	<input type="checkbox"/> Lançamento água / esgoto

Figura 5.6: Ficha de vistoria PEAR – agentes potencializadores

- Agentes potencializadores
 - Vazamento/ruptura redes (infiltrações)
 - Fossas
 - Surgência
 - Corte
 - Concentração de água pluvial
 - Lixo/entulho
 - Bananeira
 - Lançamento água/esgoto

6º Passo – Indicativos de processos geodinâmicos

A variável “indicativo de processos geodinâmicos” diz respeito aos sinais de movimentação (feições de instabilidade) e é útil para monitorar a evolução de um processo geodinâmico. Quanto mais lentos forem os processos, mais úteis serão as feições (Min. Cidades e IPT, 2007; GEGEP-UFPE (2008)). Importante destacar que pode haver caso que apresentem mais de um sinal de movimentação. Conforme o campo “Indicativo de processo geodinâmico” da ficha do PEAR (Figura 5.7) são analisadas cinco feições diferentes .

Indicativo de processos geodinâmicos	
<input type="checkbox"/> Trinca moradia	<input type="checkbox"/> Trinca terreno
<input type="checkbox"/> Estrutura deformada	<input type="checkbox"/> Degraus de abatimento
<input type="checkbox"/> Cicatriz escorregamento	

Figura 5.7: Ficha de vistoria PEAR – indicativo de processos geodinâmicos

- Indicativos de processos geodinâmicos

Trinca moradia
 Trinca Terreno
 Estrutura deformada
 Degraus de abatimento
 Cicatriz de escorregamento

7º Passo – Nível atual do risco geológico-geotécnico

Essa variável compreende a classificação do nível de risco geológico da área vistoriada. Cabe ressaltar que essa classificação é feita com base na opinião técnica da equipe que realiza a vistoria, sendo que os critérios adotados para embasar a classificação do risco geológico-geotécnico são apresentados na Tabela 4.1. Embora a ficha do PEAR apresente cinco níveis de risco distintos, conforme Figura 5.8, optou-se por trabalhar somente com as fichas de risco alto e muito alto das regionais Barreiro e Noroeste, durante o período de junho de 2011 até março de 2013 (ver item 5.1 A).

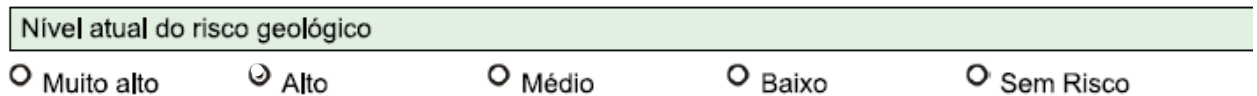


Figura 5.8: Ficha de vistoria PEAR – nível atual de risco geológico

- Risco geológico Muito alto
 Alto

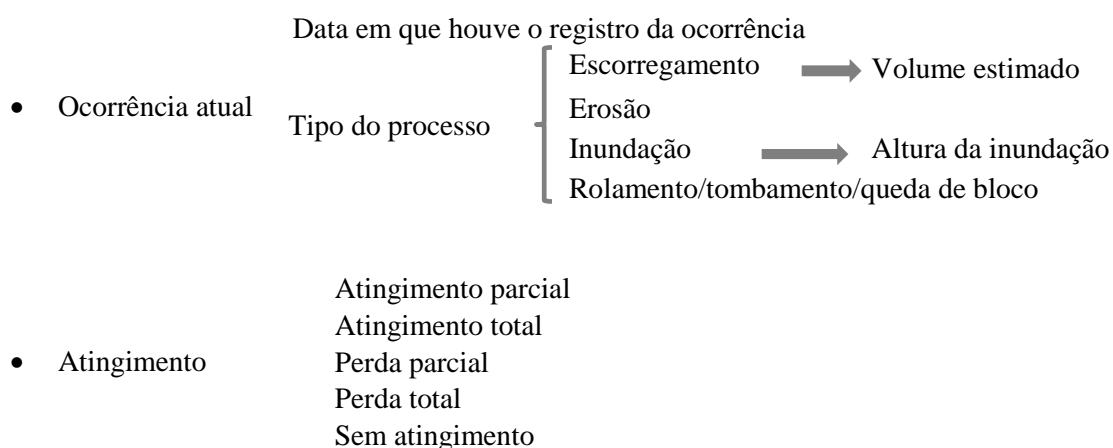
8º Passo – Ocorrência atual

O campo “ocorrência atual” é preenchido somente quando há o registro de uma ocorrência, ou seja, quando há o desencadeamento de algum processo geodinâmico na área vistoriada. São avaliadas as seguintes informações: i) tipo de processo (qual processo geodinâmico ocorreu? Trata-se, por exemplo, de erosão? Escorregamento?), ii) data em que aconteceu o fato c) iii) volume estimado (caso de escorregamento), iv) altura da inundação (no caso de inundações) e v) houve atingimento da edificação? (Figura 5.9)

Ocorrência atual				
Data: ___/___/___	Tipo do processo: _____	Material: _____	Volume estimado: ___m ³	Altura inundação: ___m
<input type="radio"/> Atingimento parcial	<input type="radio"/> Atingimento total	<input type="radio"/> Perda parcial	<input type="radio"/> Perda total	<input type="radio"/> Sem atingimento

Figura 5.9: Ficha de vistoria PEAR – ocorrência atual

A partir do campo ocorrência atual são obtidas duas variáveis: “ocorrência atual” e “atingimento” (a moradia foi atingida em função do desencadeamento do processo geodinâmico?)



9º Passo – Parecer e orientações

Nestes campos da ficha do PEAR constam a definição do encaminhamento a ser dado á família exposta ao risco e também são anotadas as informações repassadas aos moradores (Figura 5.10).

Parecer			
<input checked="" type="radio"/> Monitoramento pelo morador	<input type="radio"/> Indicação de remoção temporária	<input type="radio"/> Indicação de remoção definitiva	<input type="radio"/> Não se aplica
Orientações			
<input type="checkbox"/> Não expandir edificação	<input type="checkbox"/> Não permanecer no local	<input type="checkbox"/> Remoção de entulho	<input type="checkbox"/> Remoção de bananeira
<input type="checkbox"/> Solicitar nova vist se modificar quadro	<input type="checkbox"/> Intervenção do morador	<input type="checkbox"/> Isolamento cômodo	<input type="checkbox"/> Inversão de cômodo
<input type="checkbox"/> Fora de critérios	Motivo fora critério: _____		Demolição de: _____
			Cortes de lona: <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4

Figura 5.10: Ficha de vistoria PEAR – parecer e orientações

Com base nas informações deste campo tem-se as seguintes variáveis

- Parecer
 - Monitoramento pelo morador
 - Indicação de remoção temporária
 - Indicação de remoção definitiva
 - Não se aplica

- Orientações
 - Não expandir edificação
 - Solicitar nova vistoria se modificar quadro
 - Não permanecer no local
 - Remoção de entulho
 - Remoção de bananeira
 - Intervenção do morador
 - Isolamento cômodo
 - Inversão de cômodo
 - Fora dos critérios⁵
- Motivo fora do critério
- Demolição de
- Cortes de lona

10º Passo – Obras propostas

O campo da ficha do PEAR “obras propostas” apresenta o detalhamento da obra a ser realizada (Figura 5.11)

Obras propostas	
Mão de obra:	<input type="checkbox"/> Morador <input type="checkbox"/> PBH Tipo de obra: _____ Famílias beneficiadas: _____
Descrição complementar: _____	

Figura 5.11: Ficha de vistoria PEAR – obras propostas

⁵ Conforme Campos (2011) O beneficiário do PEAR, com direito às intervenções do programa, tem que se enquadrar em todos os critérios a seguir:

- Morar em áreas delimitadas pela Lei de Uso e Ocupação do Solo (Lei 7.166/96) como Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS 1/3;
- Estar em situação de risco geológico-geotécnico efetivo;
- Ter ocupado o local em avaliação há pelo menos dois anos;
- Ter a posse da moradia, ou seja, não ser inquilino nem morar de favor;
- Possuir renda familiar inferior a cinco salários mínimos, conforme estabelecido na Política Municipal de Habitação;
- Não ter sido beneficiado por outros programas habitacionais do município;
- Excluem-se as moradias do tipo barracas de lona, barracões de madeirite ou similares, mesmo que construídos em áreas delimitadas como ZEIS 1/3.

A partir das informações constantes nesse campo são tem-se as seguintes variáveis

- Tipo de obra a ser realizada (pode ser obra de contenção, de drenagem etc...)
- Mão de obra } Morador
 } Prefeitura
- Famílias beneficiadas
- Descrição complementar

11º Passo – Considerações finais

Neste campo da ficha de vistoria do PEAR vistoriador anota dados referentes à execução de vistoria; ciência da vistoria e observações, bem como alguma informação relevante e ou que complemente a vistoria (Figura 5.12).

Considerações finais
Execução da vistoria
<input type="checkbox"/> Vistoria concluída: Motivo: _____
Data: _____ Órgão: _____
Responsáveis técnicos: _____
Equipe complementar: _____
Ciência da vistoria
Nome: _____ Assinatura: _____
Obs: _____
Observações

Figura 5.12: Ficha de vistoria PEAR - Considerações finais; execução de vistoria; ciência da vistoria e observações

A partir desses dados tem-se as seguinte variáveis:

- Considerações finais
- Data de conclusão da vistoria
- Responsáveis técnicos
- Equipe complementar

C. Elaboração do banco de dados

Para a composição do banco de dados foi necessário digitalizar em formato Excel todas as 518 fichas a serem analisadas. A primeira etapa executada foi construção de um formulário em formato Excel contendo as mesmas informações e campos da ficha do PEAR. Cabe ressaltar que não foi utilizada qualquer informação que pudesse identificar os moradores das áreas de risco, conforme orientação recebida da URBEL. Além disso, não foram digitalizadas as informações referentes ao campo ciência da vistoria e observações. A segunda etapa compreendeu o preenchimento do formulário, o que resultou na criação do banco de dados em formato Excel. A última etapa foi correção do banco de dados utilizando como critério as informações constantes no campo das “considerações finais”. Por exemplo, conforme apresentado na Figura 5.13, o vistoriador, em suas considerações finais, recomendou que a família “não permanecesse no local em dias de chuva forte”. Nota-se, porém, que essa mesma informação deve constar no campo de “orientações”. Dessa forma, após analisar detalhadamente as “considerações finais” de cada ficha em que esse campo foi preenchido, foram feitas as correções pertinentes. Somente no caso da variável “Bairro”, quando a mesma não estava preenchida, utilizou-se como critério a busca do endereço no Google. O banco de dados final contém todas as informações originais bem como o controle de todas as informações que foram ajustadas.

Orientações			
<input checked="" type="checkbox"/> Não expandir edificação	<input type="checkbox"/> Não permanecer no local	<input type="checkbox"/> Remoção de entulho	<input checked="" type="checkbox"/> Remoção de bananeira
<input checked="" type="checkbox"/> Solicitar nova vist se modificar quadro	<input type="checkbox"/> Intervenção do morador	<input type="checkbox"/> Isolamento cômodo	<input checked="" type="checkbox"/> Inversão de cômodo
<input type="checkbox"/> Fora de critérios			
Motivo fora critério: _____	Demolição de: _____	Cortes de lona: <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	
Obras propostas			
Mão de obra: <input type="checkbox"/> Morador	<input checked="" type="checkbox"/> PBH	Tipo de obra: Contenção: muro padrão	Famílias beneficiadas: 01
Descrição complementar: _____			
Considerações finais			
VERIFICADO ENCOSTA JUNTO AA RESIDENCIA E RECOMENDADA A INVERSÃO DE COMODOS E NÃO PERMANECER NO LOCAL EM DIAS DE CHUVA FORTE, ABRIGANDO EM CASA DE PARENTES OU CREAM, ASSINADO TERMO DE RESPONSABILIDADE.			

Figura 5.13: Critério de correção utilizado para os ajustes no banco de dados. Nota-se que vistoriador, em suas considerações finais, recomenda não permanecer no local; portanto é necessário incluir a variável “não permanecer no local” no banco de dados.

D. Análise dos dados utilizando o software estatístico

As informações contidas no banco de dados foram importadas para o software estatístico e, deste modo, foi possível realizar a análise quantitativa dos dados utilizando as funções do referido software. Buscou-se o estabelecimento de associações entre as variáveis (por exemplo, em uma das análises fez-se a associação entre as variáveis regional, predisposição a processos geodinâmicos e risco geológico). Os resultados foram obtidos na forma de tabelas e gráficos.

E Discussão dos resultados

Os resultados são analisados levando em consideração que o risco é resultante da atuação de diversos fatores condicionantes. A discussão é apresentada na forma de texto, tabelas e gráficos.

6. RESULTADOS

Para alcançar os objetivos propostos pelo trabalho, foi criado um banco de dados com as informações das fichas do PEAR com o auxílio de um formulário de leituras de dados, desenvolvido no software Excel. A criação deste bando de dados constitui um dos objetivos específicos deste trabalho (ver seção 1.1). Os outros objetivos específicos deste trabalho foram sendo cumpridos na medida em que se identificaram os cenários de risco e suas possíveis consequências; adicionalmente procurou-se identificar critérios que diferenciam a classificação do nível de risco alto e muito alto.

Foram analisadas 518 fichas, as quais contemplam as situações de risco alto e muito alto das regionais Barreiro e Noroeste, durante o período compreendido entre junho de 2011 até março de 2013. Deste total, 341 fichas são da regional Barreiro (65,8%) e 177 são da regional Noroeste (34,2%). A grande maioria dos dados é referente aos anos de 2011 e 2012 (95%) sendo que 65,5% das fichas foram preenchidas no ano de 2012. Considerando cada uma das regionais, a distribuição das fichas entre os anos é ligeiramente diferente, enquanto par a regional Barreiro 70,4% das fichas são de 2012, para a regional Noroeste este número é de 56,5% - Tabela 6.1 e Tabela 6.2.

Com relação ao nível de risco nota-se que 416 fichas (80,3%) são de risco alto e outras 102 (19,7%) são de risco muito alto. O comparativo entre as regionais Barreiro e Noroeste indica que distribuição das fichas entre as categorias de risco alto e muito alto apresenta diferenças, a regional Barreiro apresenta 76,8% das fichas de risco alto, na já na regional Noroeste este número é de 87% (ver Tabela 6.1).

Tabela 6.1:Fichas de risco alto e muito alto analisadas nas regionais Barreiro e Noroeste

Regional	Total de fichas	Risco	Fichas	%
Barreiro	341	Alto	262	76,8
		Muito Alto	79	23,2
Noroeste	177	Alto	154	87,0
		Muito Alto	23	13,0
Total	518	Alto	416	80,3
		Muito Alto	102	19,7

Tabela 6.2: Fichas referentes aos anos de 2011,2012 e 2013

Regional	Total de fichas	Ano	Fichas	%
Barreiro	341	2011	85	24,9
		2012	240	70,4
		2013	16	4,7
Noroeste	177	2011	71	40,1
		2012	100	56,5
		2013	6	3,4
Total	518	2011	156	30,1
		2012	340	65,6
		2013	22	4,2

6.1. Identificação dos cenários de risco

A identificação de cenários de risco compreende a resposta a três perguntas: o que pode ocorrer? Em que condições? Com que probabilidade? A resposta de cada uma destas perguntas envolve a associação entre variáveis de modo que:

6.1.1. Resposta à primeira pergunta – o que pode ocorrer?

A resposta á primeira pergunta, apresentada na Tabela 6.3, compreende a associação entre as variáveis “regional”, “predisposição a processos geodinâmicos” e “risco geológico”. A associação dessas variáveis permitem a identificação dos tipos de processo geológicos que podem ocorrer nas áreas de risco alto e muito alto das regionais Barreiro e Noroeste

Nota-se que a associação entre as variáveis foi realizada da seguinte forma:

- Identificação e quantificação das fichas de risco alto e muito alto de cada uma das regionais (ou seja, as fichas foram subdivididas em 4 categorias).
- Quantificação da variável “predisposição a processos geodinâmicos” para cada categoria. É importante observar que, no caso da ficha que apresenta, por exemplo, predisposição á erosão e escorregamento a mesma ficha é

contabilizada três vezes (uma vez para escorregamento; uma vez para erosão e uma vez “mais de um processo”).

Evidenciou-se que, das 518 fichas analisadas, 94,2 % apresentaram predisposição á ocorrência de escorregamentos; 20,7% predisposição á ocorrência de erosão; 4,8% predisposição á ocorrência inundaçã e finalmente, 21,6% apresentaram predisposição para a ocorrência de mais de um processo geodinâmico. Secundariamente podem ocorrer também rolamentos/tombamentos/queda de bloco (1,7%). Nota-se 1,0% que fichas (cinco fichas) foram classificadas na categoria “não se aplica” o que significa que não há informações a respeito da predisposição a processos geodinâmicos ou que o processo observado não se enquadra em nenhum dos outros processos geodinâmicos (Tabela 6.3).

Tabela 6.3:Predisposição a processos geodinâmicos

Regional	Risco	Fichas	Fichas com predisposição a processos geodinâmicos em %*					
			A	B	C	D	E	F
Barreiro	Alto	262	92,4	12,2	8,8	0,8	13,4	0,8
	Muito Alto	79	94,9	3,8	2,5	0,0	3,8	2,5
	Total	341	93,0	10,3	7,3	0,6	11,1	1,2
Noroeste	Alto	154	96,1	42,9	0,0	4,5	44,2	0,6
	Muito Alto	23	100,0	26,1	0,0	0,0	26,1	0,0
	Total	177	96,6	40,7	0,0	4,0	41,8	0,6
Total	Alto	416	93,8	23,6	5,5	2,2	24,8	0,7
	Muito Alto	102	96,1	8,8	2,0	0,0	8,8	2,0
		518	94,2	20,7	4,8	1,7	21,6	1,0

Observação: A= Escorregamento; B= Erosão; C= Inundaçã; D= Rolamento/queda de blocos; E= Mais de um processo; F= Não se aplica

Tomando como referência apenas a regional Barreiro nota-se que 93% das fichas apresentam predisposição a escorregamentos sendo que este é o processo que mais engendra riscos para a população dessa regional. Além dos escorregamentos, nesta área existe a possibilidade de ocorrência de erosões (10,3 % das fichas) e inundações (7,3% das fichas). Há ainda alguns locais vistoriados que apresentam predisposição à ocorrência de mais de um processo geodinâmico (11,1%) dentre escorregamentos,

erosão e inundação. Em uma escala muito menor também podem ocorrer rolamentos/tombamentos e queda de blocos (apenas 0,6% das fichas).

Para a regional Barreiro a possibilidade de ocorrência de escorregamentos aparece em 92,4% das áreas de risco alto e 94,9% das áreas de risco muito alto. Com relação à possibilidade de ocorrência de outros processos geodinâmicos, nota-se que a maioria das áreas que apresentam predisposição a mais de um processo geodinâmico (predisposição a erosão e predisposição a inundação) são de risco alto. Neste contexto, são observadas as seguintes proporções: 13,4% para “mais de um processo”; 12,2% para “erosão” e 8,8% para “inundação”. Já nas áreas de risco muito alto 3,8% dos locais vistoriados apresentam predisposição à erosão e também predisposição à ocorrência de mais de um processo geodinâmico. A predisposição à inundações aparece em menor quantidade e representa 2,5% das possibilidades.

Considerando como referência apenas a regional Noroeste, nota-se que 96,6% das fichas apresentam predisposição a escorregamentos, sendo que este é o processo que mais engendra riscos para a população dessa regional. Além dos escorregamentos, nesta área existe a possibilidade de ocorrência de erosões (40,7 % das fichas) e também de rolamentos/tombamentos e queda de blocos (4% das fichas). Há ainda alguns locais vistoriados (41,8%) que apresentam predisposição a ocorrência de mais de um processo geodinâmico.

Além da predisposição ao escorregamento, as áreas de risco alto da regional Noroeste que apresentam predisposição a mais de um processo geodinâmico (44,2%), predisposição a erosão (42,9%) e finalmente predisposição a rolamentos/tombamentos e queda de blocos (4,5% das fichas). Já nas áreas de risco muito alto 100% das áreas vistoriadas apresentam predisposição para escorregamentos sendo que em 26,1% dessas áreas há também predisposição à erosão.

6.1.2. Resposta à segunda pergunta – em que condições?

Para responder à segunda pergunta (“em que condições?”), fez-se a associação entre as variáveis “ocorrência atual” e “agentes potencializadores”; o objetivo dessa

associação é entender a qual a condição necessária para a deflagração dos processos observados.

A associação entre as variáveis “ocorrência atual” e “agentes potencializadores” é apresentada na Tabela 6.4 e foi feita da seguinte forma:

- Identificação e quantificação das fichas de risco alto e muito alto de cada uma das regionais (ou seja, as fichas foram subdivididas em 4 categorias)
- Quantificação da variável “ocorrência atual” para cada categoria identificada
- “Quantificação da variável “agentes potencializadores” considerando o universo das fichas que apresentam a variável “ocorrência atual”

Tabela 6.4: Ocorrência atual

Regional	Risco	Fichas	Quantidade de fichas por tipo do processo*					
			A	B	C	D	E	F
Barreiro	Alto	61	55	1	2	0	2	1
	Muito Alto	41	37	0	2	2	0	0
	Total	102	92	1	4	2	2	1
Noroeste	Alto	39	35	1	0	3	0	0
	Muito Alto	9	7	0	0	2	0	0
	Total	48	42	1	0	5	0	0
Total	Alto	100	90	2	2	3	2	1
	Muito Alto	50	44	0	2	4	0	0
		150	134	2	4	7	2	1

Observação: A= Escorregamento; B= Erosão; C= Inundação; D=erosão e escorregamento; E=solapamento e inundação; F= Não se aplica

Considerando o universo de 518 fichas, houve o registro de 150 ocorrências atuais (28,96% das fichas analisadas) sendo que, novamente os escorregamentos foram os processos mais frequentes, compreendendo 89,3% dessas ocorrências (134 fichas). Alguns locais também registram a ocorrência de mais de um processo geodinâmico, correspondendo a 6% das ocorrências atuais (7 fichas). Secundariamente, foram registradas ocorrências de inundações (4 fichas) e erosões (2 fichas).

Focalizando apenas a regional Barreiro, em 90,2% dos locais vistoriados houve o registro de ocorrência de escorregamentos (92 fichas). Em uma escala muito menor também ocorreram os seguintes processos geodinâmicos: inundação (4 registros)

;solapamento + inundação e erosão + escorregamento (ambos com 2 registros cada) e erosão (1 registro). Considerando apenas as áreas de risco alto predominaram, nessa ordem, a ocorrência dos seguintes processos geodinâmicos: escorregamentos (55 fichas); inundação e solapamento + inundação (ambos com 2 registros) e finalmente erosão (1 registro). Já nas áreas de risco muito alto foram registradas a ocorrência de escorregamentos (37 fichas); erosão + escorregamento e inundação (ambos com 2 fichas)

Considerando apenas a regional Noroeste, nota-se que 87,5% das fichas apresentam o registro da ocorrência de escorregamentos (48 fichas). Além dos escorregamentos, também houve o registro da ocorrência de erosões (1fichas) e também de erosões + escorregamentos (5 fichas). Nas áreas de risco alto, foram registradas as ocorrências dos seguintes processos geodinâmicos: escorregamentos (35 fichas) erosões (1 fichas) e também de erosões + escorregamentos (3 fichas). Por fim, nas áreas de risco muito alto, em 77,8% dos locais com ocorrência atual registrou escorregamentos (7 fichas) e 22,2% registrou erosão + escorregamento (2 fichas).

Em ambas as regionais, as ocorrências de processos geológicos, em sua maioria os escorregamentos são registrados durante os meses do período chuvoso (outubro a março), conforme Tabela 6.5 e Tabela 6.6. Conforme UNESP e PBH, (2006), a correlação entre chuvas e as ocorrências de escorregamentos em Belo Horizonte foi abordada diversos em trabalhos (Ribas e Silveira, 1995; Ferreira, 1996; de Brito Galvão et al. 1999, Parizzi, 2004). Porém, esse e um tema que ainda está em desenvolvimento: técnicos da URBEL estão trabalhando em novas pesquisas sobre correlação de chuvas e escorregamentos.

Tabela 6.5: Mês e ano das ocorrências atuais – regional Noroeste

Data das “ocorrências atuais” - Regional Noroeste				
Mês	Ano			Total
	2010	2011	2012	
jan	0	0	3	3
set	0	2	0	2
nov	1	1	0	2
dez	0	39	1	40
Total	1	42	4	47

Tabela 6.6: Mês e ano das ocorrências atuais – regional Barreiro

Data das “ocorrências atuais” - Regional Barreiro				
Mês	Ano			total
	2011	2012	2013	
jan	0	39	1	40
fev	2	0	1	3
mar	0	0	1	1
jun	0	1	0	1
set	0	2	0	2
out	1	1	0	2
nov	3	5	0	8
dez	32	5	0	37
Total	38	53	3	94

- Agentes potencializadores

Neste item é feita a quantificação da variável “agentes potencializadores” considerando somente o universo das fichas que apresentam a variável “ocorrência atual” (ou seja são consideradas somente as fichas identificadas na Tabela 6.4). É muito importante frisar que em ambas as regionais uma única ocorrência de qualquer processo geodinâmico pode ser influenciada simultaneamente por mais de um agente potencializador.

Os escorregamentos 134 observados nas regionais Barreiro e Noroeste (ver Tabela 6.4 coluna A) foram influenciados pelos agentes potencializadores apresentados na Figura 6.1. Nota-se que o agente potencializador que mais contribui para a ocorrência de escorregamentos na regional Barreiro é a concentração de água pluvial, seguido pelo lançamento de água e esgoto. Já para a regional Noroeste, o agente potencializador que mais contribui para a ocorrência de escorregamentos é também a concentração de água pluvial, seguido por corte. Observa-se que na regional Noroeste não foi registrada a influência de fossas e de surgências.

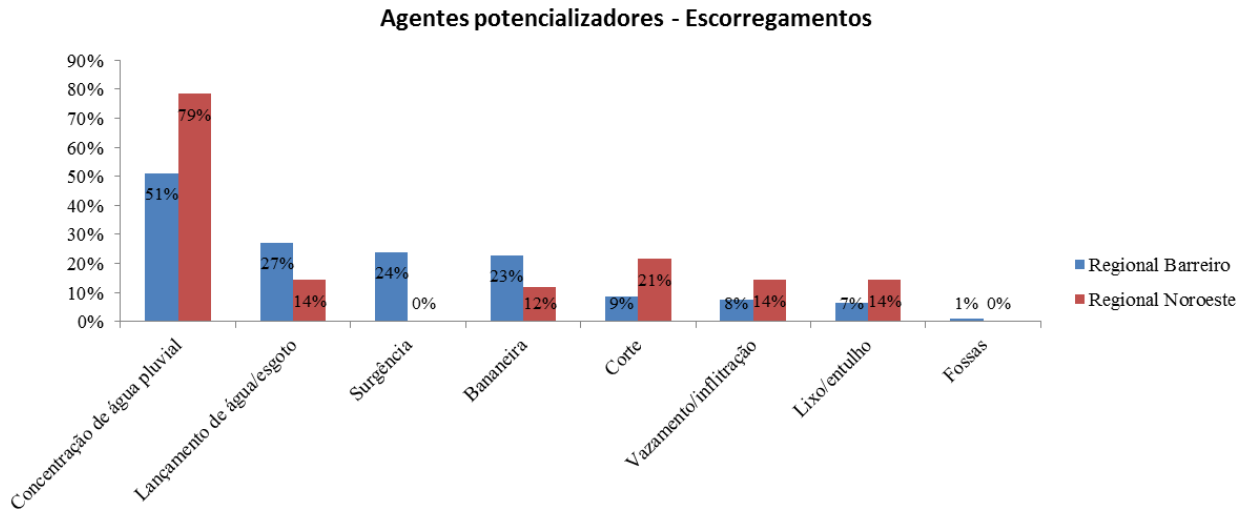


Figura 6.1: Agentes potencializadores – Escorregamentos - Geral

Conforme a Figura 6.2, nas áreas de risco alto de ambas as regionais os escorregamentos foram potencializados principalmente pela contenção de água pluvial. Nota-se que os escorregamentos que ocorreram em áreas de risco alto da regional Barreiro foram influenciados, nessa ordem, por lançamentos de água/esgoto, bananeira, surgências, lixo/entulho, corte, vazamento/ruptura de redes e fossas. Já os escorregamentos que ocorreram nas áreas de risco alto da regional Noroeste forma influenciados nessa ordem, por contenção de água pluvial, corte, vazamento/ ruptura de redes, lixo/entulho, bananeira e lançamento de água/esgoto,

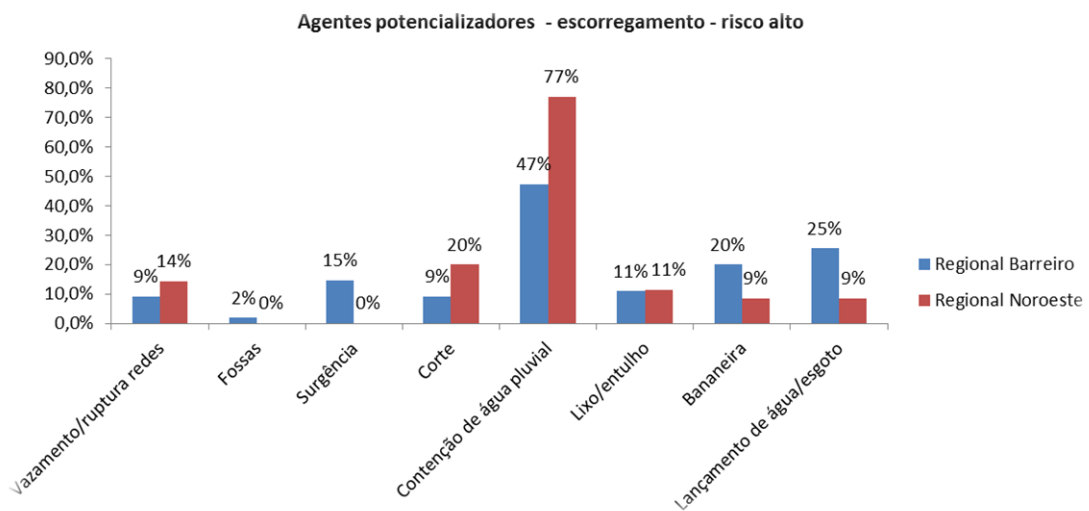


Figura 6.2: Agentes potencializadores – escorregamentos – risco alto

Nas áreas de risco muito alto (Figura 6.3), as ocorrências de deslizamentos foram potencializadas principalmente pela contenção de água pluvial em ambas as regionais. Considerando somente as áreas de risco muito alto da regional Barreiro com ocorrência de escorregamentos, nota-se que essas áreas foram influenciadas, nessa ordem, por: surgências, lançamentos de água/esgoto, bananeira, corte e vazamento/ruptura de redes. Já os escorregamentos que ocorreram nas áreas de risco muito alto da regional Noroeste foram influenciados por lançamentos de água/esgoto, lixo/entulho, corte, bananeira e vazamento/ruptura de redes.

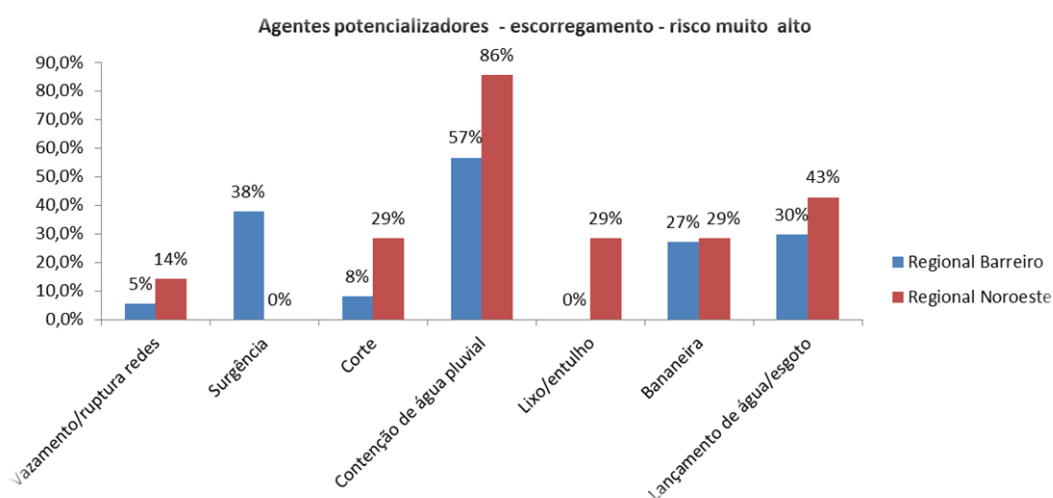


Figura 6.3: Agentes potencializadores – escorregamentos – risco alto

Somente a regional Barreiro apresentou ocorrências de inundação (foram quatro registros) sendo que, assim como observado para os escorregamentos, a concentração de água pluvial é o principal agente potencializador dos processos de inundação que foram observados - Figura 6.4.

Os agentes potencializadores que influenciam a ocorrência de erosão+ escorregamento são apresentados na Figura 6.5. Como a frequência relativa deste processo é pequena (há apenas 7 ocorrências, considerando um total de 150), foram consideradas as duas regionais para essa análise. Nota-se que a contenção de água pluvial é o agente potencializador mais representativo.

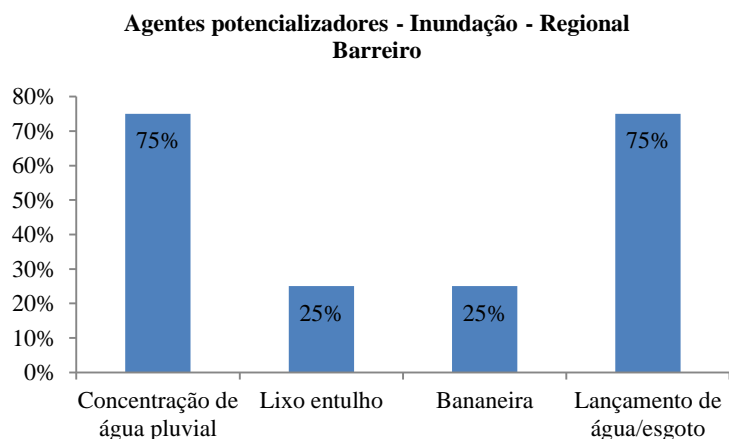


Figura 6.4: Agentes potencializadores – Inundação Regional Barreiro

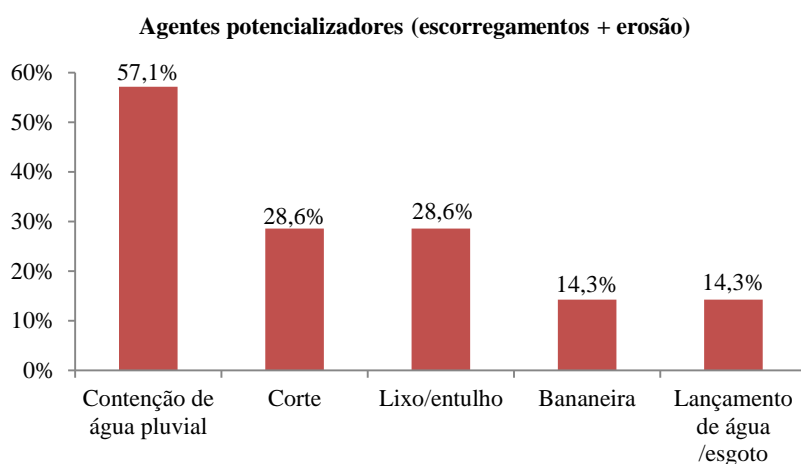


Figura 6.5: Agentes potencializadores – escorregamento+ erosão

Com relação á erosão, houve o registro de uma ocorrência na regional Barreiro a qual é influenciada por dois agentes potencializadores: lixo e entulho e lançamento de água e esgoto; na regional Noroeste também foi registrada a ocorrência de uma erosão sendo que a mesma é potencializada por vazamentos/ruptura de redes (infiltrações) e por contenção de águas pluviais.

6.1.3. Resposta á terceira pergunta – com que probabilidade

A terceira questão (“com que probabilidade?”) pode ser obtida através da associação da variável ocorrência atual com cada uma das seguintes variáveis “predisposição a processos geodinâmicos”; “agentes potencializadores”; “indicativos de processos geodinâmicos” e “morfologia”. Entende-se essas associações como indicativas da probabilidade de concretização do cenário de risco; por exemplo, a existência de cortes no terreno é um fator que aumenta a chance de um dados cenário de risco se concretizar. Considera-se que o cenário de risco se concretiza, quando há o registro de ocorrência atual.

Conforme apresentado na Tabela 6.4 tem-se que do total de fichas analisadas (518 fichas), 150 fichas registram algum tipo de “ocorrência atual”. Isso significa que variável “ocorrência atual” é proporcional à quantidade total de fichas analisadas e que aparece em 29,0% das referidas fichas (esse resultado é obtido ao se efetuar uma regra de três simples, em que as fichas correspondem a 100% dos casos). Ou seja, pode-se dizer que para o universo considerado, a probabilidade de que se obtenha o registro da variável “ocorrência atual” é de 29,0%; ou ainda que a probabilidade de um dado cenário de risco se concretizar é de 29,0%. (Tabela 6.7).

De maneira análoga, fez-se a identificação e quantificação das fichas de risco alto muito alto e, em seguida, para cada categoria a identificou-se as fichas que apresentaram a variável “ocorrência atual”. Dessa forma, considerando apenas as fichas de risco muito alto, foi obtido que a probabilidade de que de que se tenha a variável “ocorrência atual” é de 49,0%; já para as fichas de risco alto a probabilidade de que se tenha a variável “ocorrência atual” é 24,0%, conforme Tabela 6.7.

Tabela 6.7: Probabilidade de concretização de um cenário de risco

	Geral			Regional Barreiro			Regional Noroeste			
	Total de fichas	Ocorrência atual	Prob.(%)	Total de fichas	Ocorrência atual	Prob.(%)	Total de fichas	Ocorrência atual	Prob.(%)	
Risco	Total	518	150	29,0	341	102	29,9	177	48	27,1
	Muito alto	102	50	49,0	79	41	51,9	23	9	39,1
	Alto	416	100	24,0	262	61	23,3	154	39	25,3

A Tabela 6.8 apresenta o resultado da associação das variáveis “ocorrência atual” e “agentes potencializadores”. Diferentemente do que foi feito no item 6.1.2 (quantificação da variável “agentes potencializadores” considerando o somente universo das fichas que apresentam a variável “ocorrência atual”) essa nova associação entre as variáveis busca identificar qual a probabilidade de se registrar a variável “ocorrência atual” quando são consideradas todas as fichas que registram a variável “agentes potencializadores”. Por exemplo, dado que uma ficha tenha a presença do agente potencializador lixo/entulho a probabilidade de que se registre também a variável “ocorrência atual” é de 22,22%. Da mesma forma, dado que uma ficha tenha a presença do agente potencializador “concentração de água pluvial” a probabilidade de que se registre também a variável “ocorrência atual” é de 22,22%.

Tabela 6.8: Probabilidade de ocorrência de processos geodinâmicos em função da presença de agentes potencializadores

Agentes potencializadores	Probabilidade de ocorrência atual (%)	Erro padrão
Vazamento/ruptura de redes	56,25	0,09
Fossa	20,00	0,20
Surgência	37,93	0,06
Corte	33,33	0,06
Concentração de água pluvial	28,90	0,03
Lixo/entulho	22,22	0,05
Bananeira	34,09	0,05
Lançamento de água/esgoto	34,82	0,05

A Tabela 6.8 apresenta o resultado da associação das variáveis “ocorrência atual” e “indicativos de processos geodinâmicos”. Essa associação entre as variáveis busca identificar qual a probabilidade de se registrar a variável “ocorrência atual” quando são consideradas todas as fichas que registram a variável “indicativos de processos geodinâmicos”. Por exemplo, dado que uma ficha tenha a presença de indicativo de processo geodinâmico “estrutura deformada” a probabilidade de que se registre também a variável “ocorrência atual” é de 17,65%.

Tabela 6.9: Probabilidade de ocorrência de processos geodinâmicos em função da presença de indicativos de processos geodinâmicos

Indicativos de processos geodinâmicos	Probabilidade de ocorrência atual (%)	Erro padrão
Trinca moradia	25,24	0,04
Estrutura deformada	17,65	0,07
Cicatriz de escorregamento	42,25	0,04
Trinca terreno	29,20	0,04
Degraus de abatimento	31,58	0,08

A Tabela 6.8 apresenta o resultado da associação das variáveis “ocorrência atual” e “predisposição de processos geodinâmicos”. Essa associação entre as variáveis busca identificar qual a probabilidade de se registrar a variável “ocorrência atual” quando são consideradas a predisposição à escorregamentos, predisposição a inundação e a predisposição a erosão. Por exemplo, dado que uma ficha tenha predisposição a escorregamento a probabilidade de que essa ficha apresente também o registro uma ocorrência atual é de 30,33%.

Não foi considerada a predisposição à rolamento/tombamento/queda de bloco devido ao fato de não haver nenhum registro de ocorrência atual desse processo. Além disso, foram poucas as fichas que apresentaram a variável “predisposição a processos geodinâmicos - rolamento/tombamento/queda de bloco”.

Tabela 6.10: Probabilidade de ocorrência de processos geodinâmicos em função da predisposição a processos geodinâmicos

Predisposição a processos geodinâmicos*	Probabilidade de ocorrência atual (%)	Erro padrão
Escorregamento	30,33	0,02
Inundação	36,00	0,10
Erosão	29,91	0,04

A Tabela 6.11 apresenta o resultado da associação das variáveis “ocorrência atual” e “morfologia”. Essa associação entre as variáveis busca identificar qual a probabilidade de se registrar a variável “ocorrência atual” quando são consideradas a morfologia “encostas” e os outros tipos de morfologia. Observa-se que o conjunto das morfologias “planície aluvial”; “área aplainada”; “fundo de vale” e “área totalmente ocupada” foi

observado em 22 fichas (num universo de 518 fichas); dessa forma optou-se pela criar uma categoria que incluísse todas essas morfologias. Dessa forma, dado que uma ficha apresente a variável “morfologia-encosta” a probabilidade de que se registre também a variável “ocorrência atual” é de 28,7%.

Tabela 6.11: Probabilidade de ocorrência de processos geodinâmicos em função da morfologia

Morfologia	Probabilidade de ocorrência atual (%)	Erro padrão
Encosta	28,7	0,02
Outras morfologias	31,8	0,10

6.2. Identificação das consequências

Uma das principais razões para se considerar e avaliar os riscos em meio urbano é que as consequências dos seus efeitos podem representar impactos sociais, ambientais e econômicos e bastante significativos. No contexto das regionais estudadas, as áreas de risco compreendem os locais passíveis de serem atingidos por fenômenos ou processos naturais, induzidos ou não, sendo que as pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Desta forma, buscou-se identificar a quantidade de pessoas afetadas pela situação de risco. Fez-se a associação entre as variáveis “regional”, “risco”, “moradores” e “crianças” (Tabela 6.12). Também foram contabilizadas as pessoas que foram atingidas por alguma ocorrência atual (Tabela 6.13 e Tabela 6.14).

Conforme apresentado na Tabela 6.12 foram contabilizadas 1405 pessoas em situação de risco alto e muito alto na regional Barreiro, das quais 436 são crianças. Na regional Noroeste, foram contabilizadas 629 pessoas em situação de risco alto e muito alto das quais 160 são crianças. Nota-se que em ambas as regionais há um maior número de pessoas expostas a situação de risco alto, porém proporcionalmente à quantidade de fichas contabilizadas a quantidade de pessoas que vivem em áreas de risco é mais expressiva na regional Noroeste. No total, foram contabilizadas 2034 pessoas (596 são crianças) em situação de risco alto e muito alto. Desse total, 255

peças que vivem na regional Barreiro e 117 que vivem na regional Noroeste foram atingidas por algum tipo de processo geodinâmico. Importante observar que esse número pode aumentar já que não se tem informação se houve ou não atingimento para 44 pessoas da regional Barreiro e 17 da regional Noroeste, conforme Tabela 6.13 e Tabela 6.14. A maioria das pessoas atingidas sofreu “atingimento parcial”, ou seja, teve sua moradia parcialmente afetada por algum tipo de processo geodinâmico.

Tabela 6.12: Quantidade de pessoas em situação de risco alto e muito alto nas regionais Barreiro e Noroeste

Regional	Risco	Total			
		Moradores		Crianças*	
Barreiro	Alto	1082	77,02%	339	77,75%
	Muito alto	323	22,98%	97	22,25%
	Total	1405	100%	436	100%
Noroeste	Alto	559	88,87%	143	89,37%
	Muito alto	70	11,13%	17	10,63%
	Total	629	100%	160	100%
Total	Alto	1641	80,68%	482	80,87%
	Muito alto	393	19,32%	114	19,13%
	Total	2034	100%	596	100%

*São consideradas crianças as pessoas com idade ≤ 12 anos

Tabela 6.13: Quantidade de pessoas em situação de risco alto e muito alto na regional Barreiro que foram afetadas por alguma ocorrência atual

Atingimento*	Fichas	Pessoas		Crianças	
Atingimento parcial	48	239	58,3%	86	66,6%
Atingimento total	0	0	0	0	0
Perda parcial	4	12	2,9%	2	1,6%
Perda total	1	4	1%	2	1,6%
Sem atingimento	36	155	37,8%	39	30,2%
Total	89	410	100%	129	

*De 102 fichas com registro de ocorrência atual da regional Barreiro, 89 tem também o registro do tipo de atingimento.

Observação: foram contabilizados um total de 44 moradores, sendo 8 crianças, no universo das 13 fichas que registraram a ocorrência atual porém, sem a informação a respeito do atingimento (Esses 44 moradores e 8 crianças estão excluídos dessa análise).

Tabela 6.14: Quantidade de pessoas em situação de risco alto e muito alto na regional Noroeste que foram afetada por alguma ocorrência atual

Atingimento*	Fichas	Pessoas		Crianças	
Atingimento parcial	25	95	60,1%	23	53,5%
Atingimento total	0	0	0	0	0
Perda parcial	4	22	13,9%	8	18,6%
Perda total	0	0	0	0	0
Sem atingimento	14	41	26,0%	12	27,9%
Total	43	158	100%	43	100%

* de 48 fichas com registro de ocorrência atual da regional Noroeste, 43 tem também o registro do tipo de atingimento.
 Observação: foram contabilizados um total de 16 moradores, sendo 2 crianças, no universo das 5 fichas que registraram a ocorrência atual porém, sem a informação a respeito do atingimento Esses 16 moradores estão excluídos dessa análise)

A Figura 6.6 e a Figura 6.7 mostram que, em ambas as regionais, a grande maioria das pessoas atingidas por algum tipo de processo geodinâmico foi atingidas também por escorregamentos. Na regional Barreiro, 255 pessoas sofreram algum tipo de prejuízo em decorrência de processos geodinâmicos das quais 242 foram vítimas de escorregamentos. Já na regional Noroeste, 117 pessoas sofreram algum tipo de prejuízo em decorrência de processos geodinâmicos das quais 96 foram vítimas de escorregamentos.

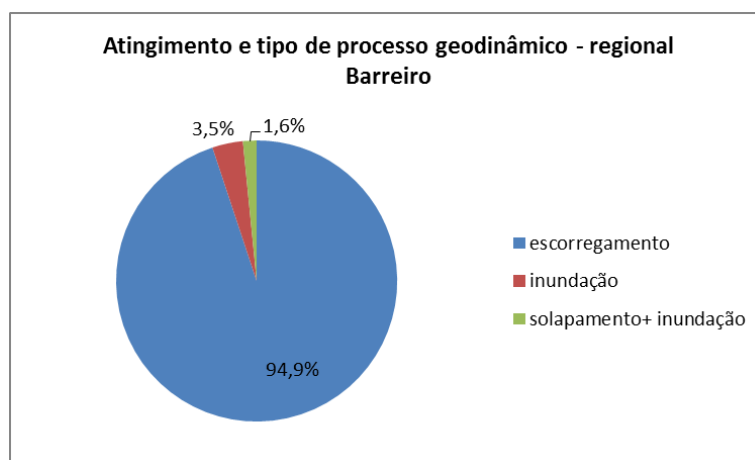


Figura 6.6: Atingimento e tipo de processo geodinâmico – Regional Barreiro

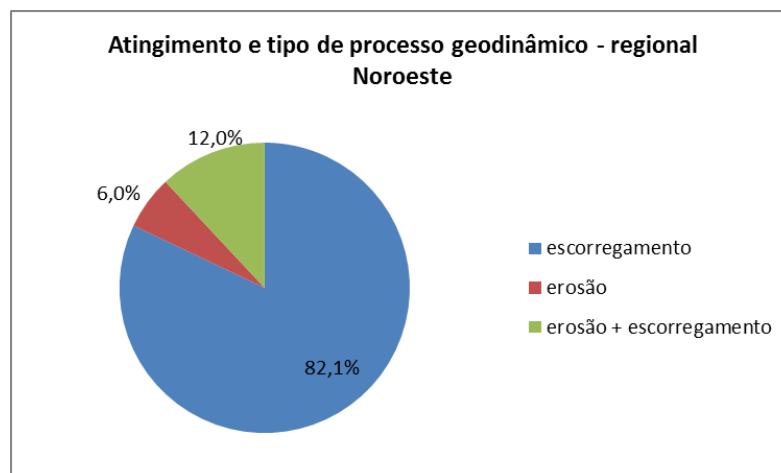


Figura 6.7: Atingimento e tipo de processo geodinâmico – Regional Noroeste

Considerando que uma ocorrência atual, mesmo que de pequeno porte, gera consequências negativas à população exposta a essa situação, mesmo que a edificação não tenha sido atingida, é feita a identificação dos cinco bairros que registraram o maior número dessas ocorrências, em cada regional estudada - ver Tabela 6.15 (regional Barreiro) e Tabela 6.16 (regional Noroeste). Note-se que essas tabelas hierarquizam os bairros que tiveram a maior quantidade de ocorrências atuais em cada uma das regionais estudadas. Destaque para a regional Noroeste que registrou 7 bairros com 2 ocorrências atuais cada um.

Tabela 6.15: Regional Barreiro: bairros registraram o maior número de ocorrências atuais

Bairro – regional Barreiro	Ocorrências atuais	Ocorrências atuais	
		Escorregamento	Inundação
1- Vila Cemig	14	13	1
2 – Vitória da Conquista	9	9	-
3 – Diamante	8	8	-
4 – Araguaia	8	8	-
5- Conjunto Bonsucesso	7	7	-

Tabela 6.16:Regional Noroeste: bairros registraram o maior número de ocorrências atuais

Bairro – regional Noroeste	Ocorrências atuais			
	Total	Escorregamentos	Erosão	Erosão + escorregamento
1 - Aparecida	7	6	1	-
2- Pedreira Prado Lopes	5	4	-	1
3- Conjunto Jardim Filadélfia	5	5		
4- Senhor dos Passos	4	3		1
5 - São Francisco das Chagas	2	2		
5- Novo Glória	2	2		
5- Glória	2	2		
5 - João Pinheiro	2	1		1
5 - Nova Cachoeirinha	2	2		
5- Vila Santo Antônio do Barroquinha	2	2		
5- Vila Jardim Alvorada	2	2		

6.3. Identificação dos critérios que diferenciam a classificação do nível de risco alto e muito alto.

Neste item busca-se entender quais são as variáveis, dentre aquelas da ficha do PEAR, que permitem diferenciar a classificação do nível de risco geológico em alto ou muito alto. Para tanto, foi realizado um teste de hipótese. Conforme Rokembach (2014) Os procedimentos sistemáticos para a realização de tal teste são:

- I. Determinar as hipóteses nula (H_0) e alternativa (H_1) apropriadas para a aplicação.
- II. Selecionar a estatística de teste que será usada para decidir rejeitar ou não a hipótese nula.
- III. Especificar o nível de significância α para o teste.
- IV. Usar o nível de significância para desenvolver regra de decisão que indica os valores críticos da estatística de teste que levará a rejeição de H_0 .

V. Coletar os dados amostrais e calcular a estatística de teste.

VI. Calcular o p-valor, baseado na estatística de teste na etapa V. Usar o valor p para determinar se H_0 deve ser rejeitada.

A hipótese nula baseia-se no fato de que, em média, a ocorrência da variável analisada é igual para os dois grupos (risco alto e risco muito alto), ou seja, que a diferença entre as médias da variável para ambos os grupos é igual a zero. A hipótese nula de que a diferença de médias é igual a zero é aceita quando se obtém um p-valor acima de 0,05. Portanto, as variáveis que permitem diferenciar a classificação do nível de risco geológico entre alto e muito alto são aquelas que apresentam um p-valor inferior a 0,05. Esta análise pretende apontar critérios objetivos que podem ter sido decisivos na classificação subjetiva de risco.

A definição qualitativa de risco geológico alto e muito alto adota como referência os indícios de desenvolvimento do processo geodinâmico, bem como a possibilidade de destruição de moradias (ver Tabela 6.17). Utilizando essa abordagem, identificou-se um conjunto de variáveis da ficha do PEAR que representam os critérios qualitativos adotados para a definição de risco: “tempo de moradia”, “morfologia”, “predisposição a processos geodinâmico” (erosão, escorregamento e inundação); “indicativo de processos geodinâmicos” (vazamentos, fossa, surgência, corte concentração de água pluvial, lixo/entulho, bananeira, lançamento de água e esgoto) além dos “agentes potencializadores” (trinca moradia, trinca terreno, cicatriz escorregamento, degraus de abatimento, estrutura deformada).

Tabela 6.17: Classificação qualitativa do risco geológico alto e muito alto, conforme UNESP e PBH, 2006

Grau de risco	Descrição
IV - Risco muito alto	Processo com indícios claros de adiantado estágio evolutivo, com possibilidade de destruição imediata de moradias, não sendo necessária a ocorrência de chuvas intensas ou de longa duração.
III - Risco alto	Processo destrutivo instalado, com indícios de seu desenvolvimento e possibilidade de destruição de moradias em curto espaço de tempo. É possível o acompanhamento evolutivo do processo, podendo ocorrer a evolução rápida com um chuva mais intensa e/ou de longa duração.

As fichas classificadas com risco muito alto têm moradias com em média 11,3 anos, já as fichas com risco alto tem média de idade de 13,9, contudo estas médias não são estatisticamente diferentes entre si, já que o p-valor do teste de hipótese de que a diferença entre elas é igual a zero é de 0,087. A proporção de ocorrência de “morfologia – encosta” nos dois grupos também é estatisticamente igual. Apenas nos casos da erosão, trinca terreno, degraus de abatimento e surgências têm quantidade de ocorrência diferente entre os grupos. No caso da “predisposição á erosão”, por exemplo, tem-se que ela ocorre em apenas 8% das fichas de risco muito alto; já cerca de 23,6% das fichas de risco alto têm predisposição para erosão. Estas diferenças da variável “predisposição á erosão” nas categorias “risco alto” e “risco muito alto” é estatisticamente significativa a 1% (p-valor 0,0010 a hipótese nula é rejeitada). Isto mostra que, possivelmente, a existência de erosão pode ser um fator determinante para classificação do risco como alto, ou de modo alternativo, não é um fator relevante para classificação como muito alto.

Em 65,8% das fichas de risco muito alto e em 41,2% das fichas são identificadas a presença de trinca no terreno. Estas diferenças na ocorrência de “trinca no terreno” entre os grupos é estatisticamente significativa a 0,03%. Isto mostra que, possivelmente, a existência de uma trinca no terreno pode ser um fator determinante para classificação do risco como muito alto, ou de modo alternativo, não é um fator relevante para classificação como alto (p-valor 0,0003, a hipótese nula é rejeitada). Os resultados são apresentados na Tabela 6.18

Tabela 6.18: Resultados do teste de hipótese

Variáveis	Risco Muito Alto		Risco Alto		P-valor
	Media	Observações	Media	Observações	
Tempo de moradia	11,3	95	13,9	380	0,0874
Encosta	98,0%	102	94,7%	416	0,1525
Outras morfologia	100,0%	2	100,0%	20	-
Escorregamento	96,1%	102	93,8%	416	0,3679
Inundação	2,0%	102	5,5%	416	0,1324
Erosão	8,8%	102	23,6%	416	0,0010
Trica moradia	40,3%	72	34,4%	215	0,3714
Estrutura deformada	13,9%	72	11,1%	216	0,5286
Cicatriz escorregamento	37,0%	73	53,2%	216	0,0162
Trinca terreno	65,8%	73	41,2%	216	0,0003
Degraus de abatimento	27,4%	73	8,4%	214	0,0000
Vazamento	10,1%	79	7,0%	341	0,3524
Fossas	1,3%	79	1,2%	341	0,9455
Surgências	27,8%	79	10,6%	341	0,0001
Corte	12,7%	79	13,8%	341	0,7931
Concentração de água pluvial	69,6%	79	74,2%	341	0,4087
Lixo/entulho	16,5%	79	17,2%	343	0,8742
Bananeira	27,5%	80	19,3%	342	0,1045
Lançamento de água/esgoto	31,6%	79	25,5%	341	0,2678

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O espaço urbano é resultante de uma complexa relação entre os elementos naturais utilizados para suporte (terra, água, ar) e o ambiente construído socialmente (a cidade e suas estruturas físicas, padrões sociais e culturais, etc). Desde meados da década de 1950, ambientes e paisagens urbanas se encontram em ampliação e expansão, sendo comum a substituição de áreas naturais por áreas antropizadas. Observa-se que o conjunto dos elementos (naturais e antrópicos) que compõe uma da cidade estão em constante transformação e são caracterizados pela heterogeneidade e por serem variável no tempo, modificando a capacidade do ambiente em responder aos processos naturais (Carvalho, 2001).

Os riscos ambientais em meio ambiente urbano são um “fenômeno” recente e que, em geral, estão associados á questão social na medida em que afeta principalmente as populações de baixa renda. Frequentemente os riscos são originados em virtude da ocupação e urbanização de inadequadas (por exemplo, áreas de proteção ambiental, ou áreas geotecnicamente instáveis) e da própria suscetibilidade do meio físico. Contribuem para gerar e agravar os riscos ambientais a vulnerabilidade dos sistemas implantados na área considerada (precariedade ou inadequação técnico-construtiva das edificações, condições de emprego e renda dos moradores daquele local etc...) e a ausência ou insuficiência de infraestrutura e serviços públicos (calçamento de acessos, drenagens, coleta de águas servidas, esgotos e coleta de lixo). Nota-se, portanto, que uma área não é de risco *per si*, mas sim o resultado de condições espaciais desfavoráveis associadas à ocupação inadequada destas áreas.

A análise de uma situação de risco, envolve a identificação do cenário de risco (quais os processos naturais e ou antrópicos podem ocorrer e qual a probabilidade deste fenômeno físico ocorrer?) e avaliação das consequências já que “não há risco sem alguma probabilidade de acidente nem acidente sem qualquer consequência de perda ou de dano” (Nogueira, 2006). Após essas etapas, é importante gerenciar o problema através da adoção de um conjunto de ações voltadas para a redução e o controle do risco. Conforme afirma Veyret (2007), essa é uma tarefa complexa, pois exige uma leitura criteriosa (do meio ambiente) baseada em conhecimentos multidisciplinares. No

município de Belo Horizonte, desde que foi realizado o primeiro diagnóstico da situação de risco geológico no início da década de 1990, houve avanços na gestão do risco geológico-geotécnico, com destaque para a contribuição do Programa Estrutural em Áreas de Risco PEAR, o qual tem por um de seus principais objetivos a redução e controle do risco.

A análise das 518 fichas de vistorias do PEAR permitiu identificar que nas regionais Barreiro e Noroeste é possível a ocorrência de quatro cenários de risco distintos, conforme apresentado na Tabela 7.1. Esses cenários irão ocorrer com maior frequência durante os meses do período chuvoso. É importante assinalar que pode haver outros cenários, não identificados neste trabalho, mas que podem ocorrer se considerarmos outras regionais de Belo Horizonte. Por exemplo, identificou-se que, em algumas áreas, há a predisposição para a ocorrência de rolamentos/tombamento/queda de blocos, porém este não é um cenário de risco para as regionais Barreiro e Noroeste.

Tabela 7.1: Cenários de risco para as regionais Barreiro e Noroeste

Cenário	Probabilidade	Consequências
Escorregamentos Solapamento+inundação Inundação Erosão Erosão+escorregamentos	29,0% em área de risco alto e muito alto das regionais Barreiro e Noroeste	A ficha do PEAR permite avaliar quantas pessoas foram vítimas de algum processo geodinâmico, bem como a possibilidade de atingimento da moradia caso um dado cenário de risco se concretize

A partir das análises dos dados foi possível identificar que a presença de trincas no terreno, a predisposição à erosão, degraus de abatimento e surgências foram os critérios objetivos que podem ter sido decisivos na classificação risco em alto ou muito alto (ver Tabela 6.18) para as regionais Barreiro e Noroeste. Porém, nota-se que a maioria das variáveis utilizadas na definição qualitativa do risco não se mostrou relevantes para uma diferenciação objetiva entre risco alto e muito alto para as regionais Barreiro e Noroeste.

Considerando a extensa área do município de Belo Horizonte, não se tem a garantia de que as variáveis identificadas para diferenciar a classificação do nível de risco alto e muito alto nas regionais Barreiro e Noroeste possam ser utilizadas como um critério objetivo em outras regionais. Desta forma sugere-se que sejam realizados estudos semelhantes em outras áreas para que se possa obter critérios mais “amplos” a serem aplicados nas respectivas áreas e também em todo o município.

É importante acrescentar que nas áreas de risco alto e muito alto podem existir outros tipos de riscos que não os geológicos; por exemplo muitas das moradias observadas/analísadas são precárias e apresentam risco construtivo, que é inerente á própria moradia. Porém, a ficha do PEAR não apresenta um campo e/ou variável que contenha registros consistentes a respeito deste tipo de risco. Dessa forma, é possível que o risco construtivo esteja subestimado, já que não há dados consistentes para sua avaliação.

Objetivando a avaliação dos impactos das ações de prevenção do risco no âmbito do PEAR, é proposto, a utilização da taxa de ocorrência atual (T_{OA}) a qual é definida por :

$$T_{OA} = \frac{\text{total de fichas com ocorrências atuais na regional de interesse}}{\text{total de fichas da regional de interesse}}$$

Considera-se que a diminuição de T_{OA} é um indicativo dos impactos positivos das ações de prevenção adotadas. Cabe ressaltar que essa taxa pode ser utilizada para qualquer área de risco.

Por fim, é muito importante a compreensão de que para ser considerado no âmbito político, e dentro dos objetivos de uma gestão, o risco deve ser calculado e avaliável (Veyret, 2007). Porém, identificar, quantificar e gerir risco são temáticas complexas, transversais e que podem causar impactos no desenvolvimento das sociedades urbanas, razão pela qual requerem a construção de uma sabedoria coletiva. Desta forma, é necessário o fomento á pesquisa direcionada para temática a fim de desenvolver, por exemplo, novas metodologias para a quantificação do risco, atualizações e metodologias para análise e cartografia de risco, novas tecnologias para a redução dos riscos, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alheiros, M.M. (2011). Gestão de riscos geológicos no Brasil. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental*, 1(1): 109-122.
- Aven, T. (2010). On how to define, understand and describe risk., *Reliability Engineering and System Safety*, (95): 623-631 .
- Aven, T. (2011). A risk concept applicable for both probabilistic and non-probabilistic perspectives. *Safety Science*, (49):1080-1086.
- Bonachea, J.; Remondo, J.; Terán, J.R.D.; González-Díez, A.; Cendrero, A. (2009). Landslide risk models for decision making. *Risk Analysis*, 29(11): 1629-1643.
- Campos, L.C. (2011). Proposta de Reanálise do Risco Geológico-Geotécnico de Escorregamentos em Belo Horizonte - Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 143 p.
- Cerri, L.E.S., Amaral, C.P (1998). Riscos geológicos. *Geologia de Engenharia*, A.M.S. Oliveira, S.N.A. Brito (eds.), Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, SP, pp.301-310
- Cerri, L.E.S. (2006). Mapeamento de riscos nos municípios. . *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais*. Carvalho, C.S. e Galvão, T. (Org.), Ministério das Cidades; Cities Alliance Brasília, DF, pp.46-55.
- Carvalho, E.T.C (2001) *Geologia Urbana Para Todos: Uma Visão de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, MG, 176 p
- Companhia Urbanizadora De Belo Horizonte - URBEL (2014). URBEL. Disponível em: < www.pbh.gov.br/urbel >. Acesso em: 05 maio 2014.
- Corteletti, R. C. (2014). Proposta de uma Metodologia para Análise de Riscos Geológico-Geotécnicos em Ferrovias. Estudo de Caso: Estrada de Ferro Carajás. Tese de Doutorado, Núcleo de Geotecnia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG 100p.
- Espósito, T; Duarte, L. (2010). Classificação de barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais em relação a fatores de risco. *Rev. Esc. Minas*, 63 (2): 393-398.
- Guillard, C.; Zezere, J. (2012). Landslide susceptibility assessment and validation in the framework of municipal planning in Portugal: the case of Loures Municipality. *Environmental Management*, (50): 721-735.
- Grupo de Engenharia de Encostas e Planícies da Universidade Federal de Pernambuco - GEGEP-UFPE (2008). *Gestão e Mapeamento de Riscos Socioambientais – Curso de*

Capacitação. Ministério das Cidades, Recife, PE. 193p.

Hassel, H. (2010). Risk and Vulnerability Analysis in Society's Emergency Management. Development Method and Improving Practices. Doctorate Thesis, Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Faculty of Engineering, Lund University, Sweden 226p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014). Cid@des. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/2324U>>. Acesso em: 05 maio 2014.

Instituto Geológico - IG. (2009). Desastres naturais: conhecer para prevenir. Tominaga, L. K. T., Santoro, J., Amaral R. (orgs.), Instituto Geológico, Secretaria do meio Ambiente, Governo de São Paulo, São Paulo, SP, 196 p.

International Standard Organization (2009). ISO 31000: Risk management — Principles and guidelines. Geneva, 34p.

Johansson, J.; Hassel, H. (2010). An approach for modeling interdependent infrastructures in the context of vulnerability analysis. Reliability Engineering and System Safety, (95):1335-1344.

Kaplan, S.; Garrick, B. J. (1981). On the quantitative definition of risk. Risk Analysis, 1(1):11- 27.

Kobiyama, M. *et al.* (2006). Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos. Organic Trading, Curitiba, PR, 124 p.

LI, Y-F.; CHI, Y-Y (2011). Rainfall-induced landslide risk at Lushan, Taiwan. Engineering Geology, (123):114-120.

Mahler, C.F.; Varanda, E.; Oliveira, L.C.D. (2012). Analytical model of landslide risk using GIS. Open Journal of Geology, (2): 182-188

McEntire, D. A. (2005). Why vulnerability matter. Exploring the merit of an inclusive disaster reduction concept. Disaster Prevention and Management, 14(2): 206-222.

Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. (2007). Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, Brasília, DF 176 p.

Ministério do Meio Ambiente -MMA. (2007). Vulnerabilidade Ambiental, Santos R.F. (Org.).MMA, Brasília,DF,192 p.

Nogueira, F.R (2002) Gerenciamento de Riscos Ambientais Associados a Escorregamentos: Contribuição às Políticas Públicas Municipais para Áreas de Ocupação Subnormal. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 269 p.

Nogueira, F.R (2006). Gestão de risco nos municípios. . Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. CARVALHO, C.S. e GALVÃO, T. (Org.), Ministério das Cidades; Cities Alliance Brasília, DF, pp.26-45.

Oliveira, L. M. (2010). Acidentes Geológicos Urbanos. MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná, Curitiba, PR, 80 p.

Oliveira, M.T. (2009). Estudo de Movimentos de Massa Gravitacionais no Município de Belo Horizonte, MG. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Viçosa, MG, 300p.

Pelling, M. (Ed.), (2003). Natural Disaster and Development in a Globalizing World. Routledge, New York, USA, 252 p.

Pereira, C. V. L.; Viana, C.S.; Moraes T. D. P. (2009). Gestão do risco geológico em Belo Horizonte/MG. Disponível em: < www-antigo.mpmg.mp.br/portal/public/interno/arquivo/id/5372 > biblioteca. Acesso em: 11 fev 2013

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – PBH (2014). Gestão Compartilhada. <http://gestaocompartilhada.pbh.gov.br/sites/gestaocompartilhada.pbh.gov.br/files/produtos/8.1_a3_vilas_favelas_conjuntoszeis3_0.pdf> Acesso em: 02 ago 2014

Rokembach, C. Q (2014). Testes de Hipóteses. Departamento de Estatística , Faculdade de Matemática , Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul. Disponível em: <http://www.pucrs.br/famat/cecilia/Testes_de_Hipotese_2.pdf> Acesso em 05 ago 2014

Stirling, A. (Ed.), (2001). On Science and Precaution in the Management of Technological Risk. European Science and Technology Observatory, 143p.

Universidade Estadual Paulista, Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - UNESP e PBH (2006). Plano Municipal de Redução de Riscos de Belo Horizonte (MG). Belo Horizonte, MG, Relatório Final. vol 1, 117p.

United Nations International Strategy for Disaster Reduction - UNISDR (2009). Terminology on Disaster Risk Reduction. Geneva, 35p.

Varnes, D. J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Monograph. UNESCO and International Association of Engineering Geology, 63p.

Veyret, Y. (Org.) (2007). Os Riscos o Homem como Agressor e Vítima do Meio Ambiente (tradução de Cruz, D.F.), Contexto, São Paulo, SP, 316p.