



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS

Bruno de Jesus Fernandes

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COM ÊNFASE NA OCORRÊNCIA DE
ESCORREGAMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TAPERA,
JUIZ DE FORA - MG**

JUIZ DE FORA
2016

BRUNO DE JESUS FERNANDES

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COM ÊNFASE NA OCORRÊNCIA DE
ESCORREGAMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TAPERÁ,
JUIZ DE FORA - MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de Concentração Espaço e Ambiente, linha de pesquisa dinâmicas Sócioambientais, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Tavares Zaidan

JUIZ DE FORA
2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

FERNANDES, BRUNO DE JESUS.
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COM ÊNFASE NA OCORRÊNCIA DE ESCORREGAMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TAPERA, JUIZ DE FORA-MG. / BRUNO DE JESUS FERNANDES. -- 2016.
133 f.

Orientador: RICARDO TAVARES ZAIDAN
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2016.

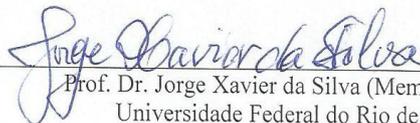
1. ESCORREGAMENTOS. 2. METODOLOGIA DE ANÁLISE AMBIENTAL.
3. BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TAPERA. I. ZAIDAN, RICARDO TAVARES, orient. II. Título.

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COM ÊNFASE NA OCORRÊNCIA DE
ESCORREGAMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO
TAPERA, JUIZ DE FORA - MG

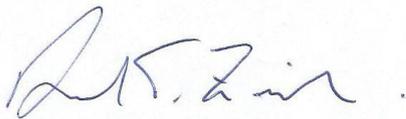
BRUNO DE JESUS FERNANDES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Área de Concentração Espaço e Ambiente, linha de pesquisa Dinâmicas Sócio-Ambientais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

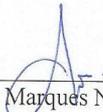
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/04/2016



Prof. Dr. Jorge Xavier da Silva (Membro Externo)
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Prof. Dr. Ricardo Tavares Zaidan (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Roberto Marques Neto (Membro Interno)
Universidade Federal de Juiz de Fora

DEDICATÓRIA

*A minha esposa Thayane pela paciência e apoio.
Meu filho Hugo, minha inspiração.
Em memória de meus pais Alice e Hugo.*

AGRADECIMENTOS

Ao professor Ricardo Tavares Zaidan pela apoio, atenção, orientação e confiança ao ter me dado a oportunidade de ingressar no presente mestrado, os meus verdadeiros agradecimentos.

Ao professor Roberto Marques Neto por se dispor participar ativamente nos estudos do presente trabalho.

Ao colega de LGA Rômulo Montan Costa pela contribuição salutar dada em todo desenvolvimento do trabalho, em especial aos mapeamentos realizados.

Ao colega de LGA Waltencir Menon Júnior pela ajuda dada para a realização do presente trabalho, em especial nos inúmeros trabalhos de campo aos quais nunca se negou a participar.

Aos demais colegas do LGA pelo apoio e colaboração.

À Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituição que viabilizou a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

À minha estimada esposa, Thayane, pelos momentos de apoio e paciência, ao longo desses anos.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

No Brasil, as pesquisas associadas aos processos de escorregamentos em áreas urbanas têm crescido significativamente devido ao elevado número de ocorrências que trazem enormes prejuízos econômicos, e, com frequência, levam à perda de muitas vidas. Na cidade de Juiz de Fora, e em especial na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, o crescimento expressivo do número de ocorrências de escorregamentos está relacionado às características físico-ambientais e à ocupação irregular das encostas. Para o diagnóstico e prognóstico desse tipo de processo inúmeras metodologias têm sido propostas no mundo e no presente trabalho a metodologia utilizada foi a de análise ambiental por Geoprocessamento adotada e elaborada conforme XAVIER DA SILVA e CARVALHO FILHO (1993) e XAVIER DA SILVA (2001), para os quais as ocorrências desses problemas de impacto ao meio ambiente são comuns, dentro de dimensões básicas do mundo físico, por isso apresentam dimensão territorial e ocorrem segundo um processo dinâmico, em função do tempo. Com base em informações de séries temporais dos registros das ocorrências desses fenômenos ambientais, pode-se aprender o comportamento de sua evolução e elaborar previsões sobre prováveis ocorrências futuras. Cabe ressaltar que inúmeros trabalhos para órgãos privados, públicos, além de centenas de dissertações e teses foram elaboradas e finalizadas com êxito utilizando a metodologia descrita acima. A partir disso, o objetivo central do presente trabalho foi realizar e analisar um diagnóstico ambiental com ênfase na ocorrência de escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera. Para isso foi necessário, em caráter mais específico, criar uma base de dados cartográficos da área de estudo; analisar o inventário ambiental gerado; analisar as áreas de ocorrência de escorregamentos, analisar o modelo de previsão gerado pelo SAGA-UFRJ; detectar e analisar as áreas de risco a ocorrência de escorregamentos. Por fim, espera-se que com este estudo possa se conhecer a localização das áreas com diferentes níveis de risco a escorregamento e assim determinar o potencial perigo a população, seja nas áreas ocupadas ou naquelas onde ainda não há ocupação humana, de forma que se possa orientar medidas estratégicas para futuras ocupações.

Palavras-chave: Escorregamentos, Metodologia de Análise Ambiental, Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.

ABSTRACT

In Brazil, research associated with landsliding processes in urban areas have grown significantly due to the high number of occurrences that bring huge economic losses, and often lead to the loss of many lives. In the city of Juiz de Fora, especially in Basin Stream Tapera, the significant growth in the number of landslide occurrences is related to the physical and environmental characteristics and the illegal occupation of the slopes. For the diagnosis and prognosis of this type of numerous methodologies process have been proposed in the world and in this study the methodology used was the environmental analysis by GIS adopted and developed as XAVIER DA SILVA and CARVALHO FILHO (1993) and XAVIER DA SILVA (2001) that the occurrences of such problems impact to the environment are common within the basic dimensions of the physical world therefore have spatial dimension and a dynamic process occurring in function of time. Based on time-series information from the records of the occurrences of these environmental phenomena, one can learn the behavior of its evolution and prepare forecasts of likely future occurrences. It is noteworthy that numerous works for private institutions, public and hundreds of dissertations and theses have been prepared and completed successfully using the methodology described above. From this, the main objective of this study was perform and analyze an environmental diagnosis with emphasis on the occurrence of landslides in Watershed Stream Tapera. This required, in more specific character, create a cartographic database of the study area; analyze the environmental inventory generated; analyze the areas of occurrence of landslides, analyze the predictive model generated by SAGA-UFRJ; detect and analyze risk areas the occurrence of landslides. Finally, it is expected that this study can get to know the location of areas with different levels of risk to slip and thus determine the potential danger to people, whether in the occupied areas or those where there is still no human occupation, so that can steer strategic measures for future occupations.

Keywords: Landslide, Environmental Analysis Methodology, Watershed Stream Tapera.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de desastres naturais por região no Brasil (1900-2006). Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, TE – Tempestades, SE – Seca, TX – Temperatura Extrema, IF – Incêndio Florestal e TR – Terremoto.....	15
Figura 2: Distribuição dos desastres naturais no Brasil (1900-2006). Legenda: N – Norte, CO – Centro Oeste, NE – Nordeste, SE – Sudeste, S – Sul.....	15
Figura 3: Escorregamento rotacional.....	41
Figura 4: Grande escorregamento rotacional em área urbanizada.....	42
Figura 5: Escorregamento translacional	43
Figura 6: Escorregamento em cunha.....	43
Figura 7: Localização da Bacia do Córrego Tapera em Juiz de Fora, no âmbito regional e sul-americano.	54
Figura 8: Fazenda da Tapera / Bairro Santa Terezinha / Rua Alencar Tristão, nº 360. Casa mais antiga da cidade.....	56
Figura 9: Árvore de Decisão com os procedimentos utilizados para o resultado da Avaliação Ambiental Direta e Complexa.....	64
Figura 10: Litotipos, contatos litológicos e lineamentos estruturais da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.....	73
Figura 11: Gráfico e quadro demonstrando as classes litológicas na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.....	73
Figura 12: Lago da fazenda localizada entre os bairros Bandeirantes e Bom Clima em área de empurrão basal e contato litológico a oeste da bacia.	74
Figura 13: figura representando a proximidade de lineamentos estruturais da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.....	75
Figura 14: Gráfico e quadro demonstrando as classes e as áreas de abrangência dos lineamentos estruturais na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.....	76
Figura 15: Gráfico e quadro demonstrando as classes morfológicas na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.....	77
Figura 16: figura representando a morfologia da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.....	78
Figura 17: Visão parcial de uma área de morro na porção oeste da BHCT localizado no bairro Eldorado, sopé do mirante do eldorado.....	79
Figura 18: Escorregamento na subida da serra do Bairro Bandeirantes, em área de morro...79	79
Figura 19: Visão parcial de uma área de morrote com topo aplainado na porção sudeste da BHCT que compreende ao bairro Quintas da Avenida.	80
Figura 20: Visão parcial de uma área de planície na porção central da BHCT que compreende ao bairro Bom Clima.....	80
Figura 21: Gráfico e quadro demonstrando as classes de solos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.....	82
Figura 22: figura representando as classes de solos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.	82
Figura 23: Latossolo encontrado no bairro Bom Clima.	83

Figura 24: Cambissolo encontrado no bairro Bandeirantes..	85
Figura 25: Neossolo flúvico encontrado no bairro Bandeirantes..	86
Figura 26: Neossolo litólico encontrado no bairro Alto Eldorado.....	87
Figura 27: Neossolo litólico encontrado no bairro Alto Eldorado, com destaque para a reforma do mirante Eldorado..	88
Figura 28: Gleissolo encontrado no bairro Bandeirantes..	89
Figura 29: Vista do ponto de maior altitude da BHCT localizado no bairro Parque Guarani, porção extremo norte da bacia..	90
Figura 30: Gráfico e quadro demonstrando as classes hipsométricas na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.....	90
Figura 31: Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera mostrando as maiores altitudes nas extremidades da porção centro-norte da bacia.....	91
Figura 32: Gráfico e quadro demonstrando as classes hipsométricas na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.....	93
Figura 33: Dois pontos de escorregamentos no bairro Eldorado em área de relevo declivoso.	93
Figura 34: Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera e sua relação com escorregamentos ocorridos nas porções da bacia que apresentam declividade forte-ondulado.	94
Figura 35: Figura representando o uso, ocupação e cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (1968).....	95
Figura 36: Figura representando o uso, ocupação e cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (2007).....	97
Figura 37: Cortes de terreno e pontos de escorregamentos no bairro Quintas da Avenida..	98
Figura 38: Cicatriz de escorregamento (pontilhado na cor amarela) no bairro Vale dos bandeirantes..	98
Figura 39: Gráfico e quadro demonstrando as classes e a evolução temporal (1968 e 2007) do uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.	100
Figura 40: Classificação de uso e ocupação da terra para o ano de 1968. Para melhor visualização foram sobrepostas, ao mapa, as classes de declividade de uso e ocupação permitidos pela legislação (cinza claro) e aquelas proibidas pela mesma (preto).	101
Figura 41: Classificação de uso e ocupação da terra para o ano de 2007. Para melhor visualização foram sobrepostas, ao mapa, as classes de declividade de uso e ocupação permitidos pela legislação (cinza claro) e aquelas proibidas pela mesma (preto).	102
Figura 42: Área edificada da BHCT apontando a grande ocupação das áreas de planície (área de ocupação mais antiga) e posteriormente a ocupação em direção às encostas e parte dos topos dos morros (área de ocupação mais recente).	103
Figura 43: Figura representando a distribuição das cicatrizes de escorregamento na BHCT.	105
Figura 44: Percentual de ocorrência das classes obtidas na Avaliação Ambiental de Probabilidade de Ocorrência a escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT).....	110
Figura 45: Mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera com a localização de cicatrizes coletadas em campo.....	111

Figura 46: Mapa de risco a escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (1968).	114
Figura 47: Mapa de risco a escorregamentos na Bacia Hidrográfico do Córrego Tapera (2007) com a localização de cicatrizes coletadas em campo.....	117
Figura 48: Área com classe alta para risco a escorregamento, com foto do bairro Vivendas da Serra evidenciando a presença desta classe de risco na BCHT.....	122
Figura 49: Área com classe alta para risco a escorregamento, com foto do bairro Quintas da Avenida evidenciando a presença desta classe de risco na BCHT.	123
Figura 50: Área com classe muito alta para risco a escorregamento, com foto entre os bairros Vista Alegre e Eldorado evidenciando a presença desta classe de risco na BCHT.	125
Figura 51: Área com classe muito alta para risco a escorregamento, com foto do bairro Bandeirantes evidenciando a presença desta classe de risco na BCHT.	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação dos movimentos de massa e fenômenos associados segundo Sharpe.	35
Quadro 2: Classificação dos movimentos de massa segundo Varnes, 1978.	36
Quadro 3: Comparação entre as principais propostas brasileiras de classificação dos movimentos de massa.....	39
Quadro 4: Termos e conceitos relacionados a riscos.	51
Quadro 5: Classificação dos Riscos Ambientais.....	52
Quadro 6: Desastres naturais no Brasil de 1948 a 2004.....	53
Quadro 7: relação entre os graus (orientação) e comprimento dos lineamentos estruturais na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.	76
Quadro 8: litologia x cicatrizes de escorregamentos.....	106
Quadro 9: Lineamentos estruturais x cicatrizes de escorregamentos.....	107
Quadro 10: Solos x cicatrizes de escorregamentos.....	108
Quadro 11: Declividade x cicatrizes de escorregamentos.	109
Quadro 12: Morfologia x cicatrizes de escorregamentos.	109
Quadro 13: Forma de relevo x cicatrizes de escorregamentos.....	110
Quadro 14: relação entre as classes de risco, porcentagem e área (1968).	113
Quadro 15: relação entre as classes de risco, porcentagem e área (2007).	116

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	14
2 – OBJETIVOS	19
2.1 - Objetivo Geral:	19
2.2 - Objetivos Específicos:.....	19
3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
3.1 – A Pesquisa Ambiental no Brasil e o Geoprocessamento	20
3.2 – Geoprocessamento e Análise Ambiental	26
3.3 - Sistema de Informação Geográfica (SIGs)	29
3.3.1 - Movimento de Massa: Definição, Origem e Evolução.....	34
3.3.2 – Escorregamentos: definições e classificações	40
3.6 – Modelos de Previsão de Escorregamentos.....	44
3.7 – Sistema de Análise Geo-Ambiental (SAGA-UFRJ)	46
3.8 – Suscetibilidade e Risco Ambiental	49
4 – ÁREA DE ESTUDO	54
5 – METODOLOGIA	58
5.1 - Inventário Ambiental (Base Cartográfica Digital)	58
5.1.1 - Litologia	58
5.1.2 – Lineamentos Estruturais	58
5.1.3 – Solos	59
5.1.4 - Morfologia	59
5.1.5 – Hipsometria	59
5.1.6 - Declividade	59
5.1.7 - Uso, ocupação e cobertura da terra (1968)	60
5.1.8 - Uso, ocupação e cobertura da terra (2007)	60
5.1.9 – Análise comparativa do uso, ocupação e cobertura vegetal entre os anos de 1968 e 2007	61
5.1.10 – A Legislação para uso e ocupação do solo.....	61
5.1.11 – Mapeamento das cicatrizes de escorregamento:.....	62

5.2 – Assinatura Ambiental	63
5.3 – Avaliação Ambiental.....	63
5.3.1 – Avaliações Ambientais Diretas.....	65
5.3.2 – Avaliações Complexas.....	69
5.3.3 - Análise comparativa do risco a escorregamento entre os anos de 1968 e 2007	69
6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
6.1– Análise do Inventário Ambiental.....	71
6.1.1 - Litologia	71
6.1.2 - Lineamentos Estruturais	74
6.1.3 - Morfologia	77
6.1.4 - Solos.....	81
6.1.5 – Hipsometria.....	89
6.1.6 - Declividade	92
6.1.7 - Uso, ocupação e cobertura da terra (1968)	95
6.1.8 - Uso, ocupação e cobertura da terra (2007)	96
6.1.9 – Análise comparativa do uso, ocupação e cobertura vegetal entre os anos de 1968 e 2007	99
6.1.10 – A Legislação para “uso e ocupação do solo”	100
6.2 – ASSINATURA AMBIENTAL.....	104
6.2.1 – Análise do mapeamento das cicatrizes de escorregamento	104
6.3 – AVALIAÇÃO AMBIENTAL	110
6.3.1 - Avaliação Ambiental Direta.....	110
6.3.2 – Avaliação Complexa	113
6.3.3 - Análise comparativa do risco a escorregamento entre os anos de 1968 e 2007	121
7 – CONCLUSÃO	127
8 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130

1 - INTRODUÇÃO

Historicamente, a relação do homem com as condições do meio ambiente tem sido uma relação de conflito e harmonia. Durante muitos séculos tais condições se mantiveram em limites aceitáveis sem causar impacto ambiental significativo. Sabe-se, entretanto, que décadas e décadas de ações nocivas ao meio ambiente mascaradas pelo tão aclamado desenvolvimento e progresso (pós-revolução industrial), nos remete ao atual panorama, que bem pode ser chamado de catastrófico (GUERRA E CUNHA, 1998).

Neste contexto, o quadro de exclusão territorial e degradação ambiental de nossas cidades, além de submeter à maioria da população a uma inserção precária e vulnerável, gera graves situações de risco de morte por ocasião dos períodos chuvosos mais intensos, atingindo principalmente os habitantes das favelas e loteamentos inadequados instalados nas encostas de morros urbanos e em baixadas junto às margens de cursos d'água (IPT, 2006).

Desta forma, o uso indiscriminado do solo urbano, que não leva em conta os limites e riscos impostos pela natureza, tem sido responsável pelo surgimento de vários processos de movimentos de massa que, além de causarem prejuízos econômicos, têm comprometido a qualidade da vida da população e levado à perda de vidas humanas em várias partes do mundo (FERNANDES et al, 2001).

Os acidentes urbanos associados aos escorregamentos são, dentre os acidentes ambientais, os que provavelmente mais têm provocado mortes no Brasil (EM-DAT, 2007). A carência de informações sobre as consequências de acidentes associados a escorregamentos, também é uma componente característica do gerenciamento do problema no país.

Sendo assim, os tipos de desastres mais frequentes no Brasil, nos últimos 100 anos, foram as inundações, com 59% dos registros, seguidas pelos escorregamentos com 14% dos registros como podemos observar na figura 1. A maioria dos desastres no Brasil (mais de 80%) está associada às variações atmosféricas severas, que são responsáveis pelo desencadeamento de vendavais, tornados, granizos, inundações e escorregamentos (EM-DAT, 2007).

Com exceção das inundações graduais, esses fenômenos são súbitos e violentos, responsáveis por grande mortandade e destruição. Em virtude da velocidade, não

há tempo para as pessoas procurarem abrigos ou salvarem parte dos bens existentes em suas casas.

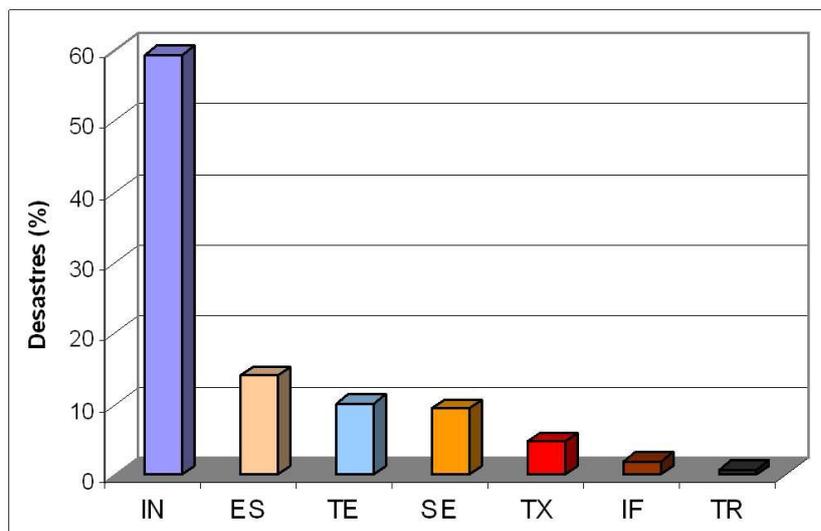


Figura 1: Tipos de desastres naturais por região no Brasil (1900-2006). Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, TE – Tempestades, SE – Seca, TX – Temperatura Extrema, IF – Incêndio Florestal e TR – Terremoto (EM-DAT, 2007).

Com relação à distribuição espacial, mais de 60% dos casos ocorreram nas regiões Sudeste e Sul (figura 2).

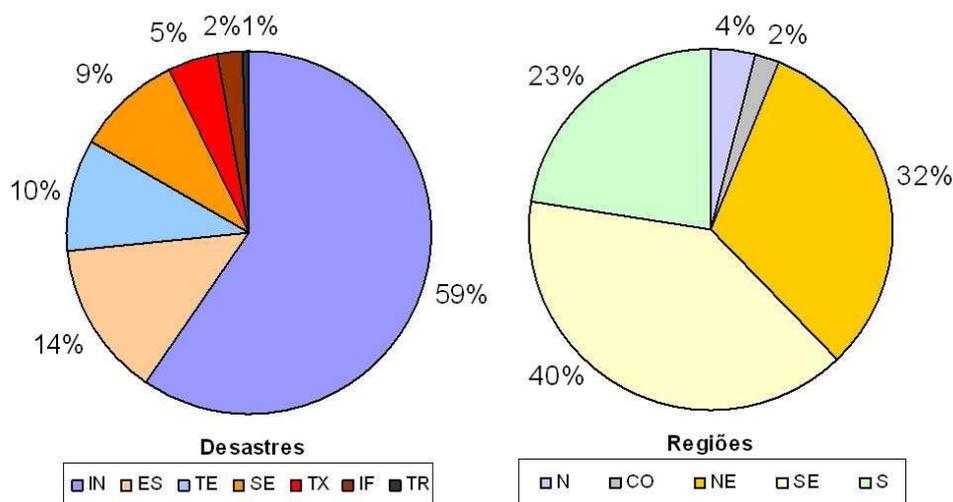


Figura 2: Distribuição dos desastres naturais no Brasil (1900-2006). Legenda: N – Norte, CO – Centro Oeste, NE – Nordeste, SE – Sudeste, S – Sul (EM-DAT, 2007).

Como pode-se observar, dentro deste cenário destacam-se os escorregamentos, os quais trazem enormes prejuízos econômicos, e, com frequência, levam à perda de muitas vidas. Nos grandes centros urbanos estes processos assumem frequentemente proporções catastróficas, uma vez que os inúmeros cortes, aterros,

depósitos de lixo, desmatamentos, modificações na drenagem, entre outras agressões, geram novas relações com os fatores condicionantes naturais. Conseqüentemente, torna-se muito difícil a efetiva previsão destes fenômenos numa determinada paisagem (FERNANDES et al, 2001).

Segundo Varnes (1984), os movimentos de massa acontecem de diferentes formas e origens que resulta na existência de diversas classificações baseadas na forma, no processo que originou e o tempo gasto para acontecer este fenômeno natural.

Na natureza existem diversos tipos de movimentos de massa envolvendo uma variedade de materiais, processos e fatores. Os critérios para diferenciação desses movimentos são, de acordo com Fernandes e Amaral (2003), o tipo de material, a velocidade e o mecanismo desencadeador, o tipo de deformação, a geometria da massa e o conteúdo da água. O estudo de movimentos de massa considera, conforme o enfoque e a disponibilidade de dados, as variáveis climáticas, geológicas, antrópicas (estas relacionadas ao uso e cobertura da terra), geotécnicas, pedológicas e geomorfológicas.

Dentre os vários tipos de movimentos de massa que ocorrem no Brasil destacam-se os escorregamentos, que são fenômenos naturais de dinâmica externa com capacidade de modelar as formas da superfície terrestre, como no caso do município do Rio de Janeiro, onde se demonstrou maior frequência de ocorrência com enormes danos associados, tanto em termos econômicos quanto em perda de vidas. Além disso, inúmeros estudos mostram que tal comportamento não se limita ao Rio de Janeiro, sendo característico de todo o escarpamento da Serra do Mar e de áreas com características ambientais semelhantes, dentre as quais podemos mencionar as encostas da Serra da Mantiqueira, onde se localiza boa parte do município de Juiz de Fora (ZAIDAN, 2006).

Neste contexto, localizada na região Nordeste de Juiz de Fora, a bacia hidrográfica do Córrego Tapera tem extensão de 5 km² e comporta uma população aproximada de 25 mil habitantes, segundo dados da prefeitura de Juiz de Fora (2004), que se veem a volta com eventos como os apresentados anteriormente, principalmente durante os períodos chuvosos.

Devido ao elevado número de ocorrências de escorregamentos nesta bacia, a sua importância como via de ligação de Juiz de Fora para outros municípios da microrregião da Zona da Mata (Ubá, Rio Pomba e Viçosa) e a falta de estudos

relevantes torna-se salutar e imperativo a presente investigação.

Desta forma, o estudo tem por objetivo realizar e analisar um diagnóstico ambiental com ênfase na ocorrência de escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera em Juiz de Fora. Para alcançar tal objetivo será usada a metodologia de análise ambiental proposta pelo Sistema de Análise Geo-Ambiental (XAVIER DA SILVA e CARVALHO FILHO, 1993).

A metodologia de análise ambiental por Geoprocessamento adotada foi elaborada conforme Xavier da Silva e Carvalho Filho (1993) e Xavier da Silva (2001), para os quais as ocorrências desses problemas de impacto ao meio ambiente saudável são comuns, dentro de dimensões básicas do mundo físico, por isso apresentam dimensão territorial e ocorrem segundo um processo dinâmico, como função do tempo. Com base em informações de séries temporais dos registros das ocorrências desses fenômenos ambientais, pode-se aprender o comportamento de sua evolução e elaborar previsões sobre prováveis ocorrências futuras.

Logo, o processo de análise ambiental, envolve a elaboração de diagnósticos, a manifestação de interesse político, a revelação de interesse da coletividade envolvida, com o intuito de trazer melhorias para uma determinada área ou trazer antecipadamente diagnósticos de possíveis situações indesejáveis.

Cabe ressaltar que inúmeros trabalhos para órgãos privados, públicos, além de centenas de dissertações e teses foram elaboradas e finalizadas com êxito utilizando a metodologia descrita acima, principalmente entre as décadas de 1990 e 2000 (www.lageop.ufrj.br, 2015).

Os trabalhos envolvendo estimativas de riscos de desmoronamentos e de enchentes, potenciais turísticos e de urbanização, levantamento e diagnóstico de remanescentes da Mata Atlântica no Espírito Santo, para fins de preservação, e a análise da qualidade de vida em favelas, constituem uma pequena amostra das pesquisas realizadas pela comunidade de usuários, através da utilização do Sistema de Análise Geo-Ambiental – SAGA/UFRJ (MARINO, 2008).

Como exemplo prático de aplicabilidade, ao longo do ano de 2007 o projeto SAGA/UFRJ apoiou a Defesa Civil de Juiz de Fora na elaboração do Relatório do Plano Nacional de Redução de Riscos. Por meio da aplicação da metodologia de Análise Ambiental SAGA, desenvolvida naquele Laboratório, buscou-se mapear as locali-

dades com mais elevados riscos de ocorrências de enchentes e deslizamentos, hierarquizando-as de acordo com o grau de probabilidade de ocorrência dos eventos investigados (www.lageop.ufrj.br, 2015).

Espera-se que com este estudo possa se conhecer a localização das áreas com diferentes níveis de risco a escorregamento, seja nas áreas ocupadas ou naquelas onde ainda não há ocupação humana, de forma que se possa contribuir para a possível criação de medidas estratégicas para futuras ocupações.

2 – OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral:

- Realizar um diagnóstico ambiental com ênfase nas áreas de risco a escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT).

2.2 - Objetivos Específicos:

- Criar uma Base Cartográfica Digital da área de estudo;
- Realizar o levantamento das condições ambientais vigentes na BHCT (Inventário Ambiental);
- Executar as Assinaturas Ambientais de áreas com probabilidade e risco a ocorrência de escorregamentos para dar apoio às Avaliações Ambientais;
- Proceder as Avaliações Ambientais (diretas e complexas), de acordo com a metodologia do SAGA/UFRJ, das áreas de risco a escorregamentos na BHCT;
- Interpretar a evolução temporal e espacial das áreas de risco a escorregamentos na BHCT entre os anos de 1968 e 2007.

3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 – A Pesquisa Ambiental no Brasil e o Geoprocessamento

Durante séculos, o desenvolvimento econômico decorrente da Revolução Industrial dificultou que os problemas ambientais fossem considerados. O meio ambiente era predominantemente visto como acessório do desenvolvimento, e não como parte intrínseca dele. A poluição e os impactos ambientais do desenvolvimento desordenado eram visíveis, mas os benefícios proporcionados pelo progresso os justificavam como um “mal necessário”, algo com que se deveria resignar.

A evolução da pesquisa ambiental pode ser descrita através de importantes marcos de referência, isto é, grandes acontecimentos internacionais ocorridos a partir da segunda metade do século XX, que influenciaram o curso das políticas ambientais no mundo e, conseqüentemente no Brasil (XAVIER DA SILVA, 1995).

A pesquisa ambiental e o uso do geoprocessamento no Brasil se desenvolveram de forma tardia se comparada às demais políticas setoriais brasileiras, e basicamente em resposta às exigências do movimento internacional ambientalista.

Desta forma a tecnologia de geoprocessamento surgiu nesse contexto de revolução tecnológica ocorrido principalmente após a Segunda Guerra Mundial e possibilitou grande eficiência na produção de novas informações sobre o espaço geográfico, sendo o geoprocessamento um dos termos utilizados no Brasil para se referir ao conjunto de tecnologias relativas à coleta e tratamento de dados espaciais, como o Sensoriamento Remoto, Cartografia Digital, Sistema de Posicionamento Global – GPS e Sistema de Informações Geográficas – SIG.

Assim, de forma prática, na década de 1950 ocorreu à primeira tentativa de automatizar parte do processamento de dados espaciais, na Inglaterra e nos Estados Unidos, com objetivo de reduzir custos com produção e manutenção de mapas. A precariedade da informática na época impossibilitou que estes sistemas fossem considerados sistemas de informação (CÂMARA et al, 1996).

Na década de 1960 surgiram os primeiros Sistemas de Informação no Canadá, fazendo parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais, porém inúmeros eram os desafios e obstáculos: grande dificuldade de utilização, falta de monitores gráficos com alta resolução, computadores caros, falta de mão-de-obra especializada, falta de softwares comerciais, pouca capacidade

de armazenamento, baixa velocidade de processamento e falta de dinheiro (CÂMARA et al, 1996).

Já a pesquisa ambiental brasileira nasceu e se desenvolveu nos últimos sessenta anos como resultado da ação de movimentos sociais locais e de pressões vindas de fora do país. Do pós-guerra até 1972 – ano da Conferencia de Estocolmo –, não havia propriamente uma política ambiental, mas sim, políticas que acabaram resultando nela. Com exceção, segundo Xavier da Silva (1995), do projeto Radam Brasil, criado entre os anos de 1968 e 1969 e o Instituto de Pesquisas Espaciais originado um pouco antes em São José dos Campos, sob influência do então Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA). Os temas predominantes eram o fomento à exploração dos recursos naturais, o desbravamento do território, o saneamento rural, a educação sanitária e os embates entre os interesses econômicos internos e externos. A legislação que dava base a essa política era formada pelos seguintes códigos: de águas (1934), florestal (1965) e de caça e pesca (1967). Não havia, no entanto, uma ação coordenada de governo ou uma entidade gestora da questão.

De acordo com Brüseke (1992), em 1970, um relatório formulado pelo Clube de Roma em associação com o grupo de pesquisas do Massachusetts Institute of Technology (MIT) foi publicado com o título de Limites do Crescimento. Esse documento apresentava modelos que relacionavam variáveis de crescimento econômico, explosão demográfica, poluição e esgotamento de recursos naturais, com ênfase nos aspectos técnicos da contaminação – devido à acelerada industrialização e urbanização – e no esgotamento dos recursos naturais, em função da explosão demográfica. Os objetivos desse documento eram: obter uma visão mais clara dos limites do planeta e das restrições que ele impunha à população e às suas atividades e identificar os elementos que influenciavam o comportamento dos sistemas mundiais e suas interações, advertindo para uma crise mundial, caso essas tendências se perpetuassem.

Desta forma tanto a publicação do Clube de Roma quanto a conferência de Estocolmo foram consequência de debates sobre os riscos da degradação do meio ambiente que, de forma esparsa, começaram nos anos 60, e ganharam no final dessa década e no início dos anos 70 uma certa densidade, que possibilitou a primeira grande discussão internacional culminando na Conferência de Estocolmo em 1972 (BRÜSEKE, 1992).

As questões ambientais levantadas, durante a Conferência de Estocolmo, no

qual o Brasil foi um dos participantes, diziam respeito às poluições do ar, da água e do solo derivadas da industrialização, as quais deveriam ser corrigidas. O objetivo dessa reunião era encorajar a ação governamental e dos organismos internacionais para promover a proteção e o aprimoramento do meio ambiente humano.

A posição do Brasil em relação às questões ambientais colocadas pela conferência, endossada pelos demais países do chamado Terceiro Mundo, foi bastante clara: o crescimento econômico não deveria ser sacrificado em nome de um ambiente mais puro. Os delegados brasileiros até reconheceram a ameaça da poluição ambiental, mas sugeriram que os países desenvolvidos deveriam pagar pelos esforços dessa purificação. Além disso, o Brasil discordou da relação direta entre crescimento populacional e exaustão dos recursos naturais, opondo-se fortemente às propostas de medidas de controle de natalidade.

Em 1973, pouco depois da Conferência de Estocolmo, foi criada no Brasil a Secretaria Especial de Meio Ambiente (Sema), órgão especializado no trato de assuntos ambientais sob a coordenação do Ministério do Interior. A Sema se dedicava ao avanço da legislação e aos assuntos que demandavam negociação em nível nacional, tais como a produção de detergentes biodegradáveis, a poluição por veículos, a demarcação de áreas críticas de poluição e a criação de unidades nacionais de conservação.

O modelo da política ambiental brasileira elaborada a partir da Conferência de Estocolmo tinha assim como pilares: o controle da poluição e a criação de unidades de conservação da natureza. O crescimento populacional e o saneamento básico – componentes de políticas setoriais de impacto sobre o meio ambiente – ficaram excluídos desse modelo, constituindo, cada um, objeto de política própria, não articulada à questão ambiental, o que evidenciou o desenvolvimento isolado deste setor.

De acordo com Xavier da Silva (1995), ainda durante a década de 1970, inicia-se, em escala mundial uma revolução no processamento de dados automáticos, aparecem os microcomputadores. No Brasil, cria-se a política nacional de informática e parte-se para a criação de um mercado nacional reservado para microcomputadores e programações associadas.

Para Câmara et al (1996), com relação ao geoprocessamento, a década de 1970 está associada ao desenvolvimento de softwares comerciais e a criação da expressão Geographic Information System (Sistemas de Informação Geográfica).

Além disso, foram desenvolvidos os primeiros programas comerciais de CAD (projeto assistido por computador), base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada. Porém, devido aos custos e ao fato desses sistemas ainda utilizarem exclusivamente apenas computadores de grande porte, somente grandes organizações tinham acesso à tecnologia.

Em agosto de 1981, a Lei federal 6.938 criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente, integrado por um órgão colegiado: o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Essa Lei estabeleceu os objetivos, princípios, diretrizes, instrumentos, atribuições e instituições da política ambiental nacional. Segundo ela, o objetivo principal da Política Nacional de Meio Ambiente era: “a preservação ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições para o desenvolvimento socioeconômico, os interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana” (BREDARIOL, 2001).

Cabe ressaltar também a resolução do Conama de 1986 que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental e a relação entre os estudos de impacto ambiental (EIA), o respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA), a urbanização e os movimentos de massa.

No cenário internacional, por sua vez, a partir da Convenção de Viena (1985), uma nova ótica sobre a questão ambiental, agora preventiva, caracterizaria a década de 1980. Seus principais objetivos eram o de proteger a saúde humana e o meio ambiente contra os efeitos adversos possivelmente resultantes das atividades que modificavam a camada de ozônio, tais como o aquecimento global, o derretimento das geleiras polares e a proliferação de doenças como o câncer de pele (BREDARIOL, 2001).

Essa medida teve seus reflexos no Brasil através da Constituição Federal de 1988 na qual se explicitava que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras dos recursos ambientais, considerados efetivos ou potencialmente poluidores, dependeriam de prévio licenciamento por órgão estadual integrante do Sisnama sem prejuízo de outras licenças exigíveis.

A ótica preventiva da política ambiental dos anos 1980 cedia lugar a uma nova ótica, agora integradora que passava a combinar os aspectos econômicos e sociais com os ambientais, em busca tanto da preservação do meio ambiente, como também de formas mais racionais de utilização dos recursos naturais com vistas à preservação das gerações futuras. A pauta da política ambiental internacional precisava, portanto,

ser redefinida e o principal documento que representou esses esforços foi o Relatório Brundtland – mais conhecido como Nosso Futuro Comum – de 1987, através da iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma).

Já para o desenvolvimento do geoprocessamento, a década de 1980 representa o momento quando a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um período de acelerado crescimento que dura até os dias de hoje. Até então limitados pelo alto custo do hardware e pela pouca quantidade de pesquisa específica sobre o tema.

As pesquisas ambientais conduzidas por metodologias tradicionais representaram e ainda representam um papel imprescindível na construção do conhecimento humano sobre a realidade ambiental. No entanto, é necessário reconhecer que o desenvolvimento das técnicas computacionais gerou, para as investigações ambientais, novas possibilidades analíticas, pois além da varredura minuciosa de uma área geográfica contida em uma base de dados em uso por um SGI, os *Sistemas Geográficos de Informação* permitem conjugar numerosos dados, de diferentes naturezas (tipos, escalas, resoluções) em um procedimento que pode ser denominado integração locacional (XAVIER-DA-SILVA, 2001).

Os SIGs se beneficiaram grandemente da massificação causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. A introdução do geoprocessamento no Brasil inicia-se a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ), no início dos anos 80 e com vinda de Roger Tomlinson ao Brasil, em 1982, responsável pela criação do primeiro SIG (Canadian Geographical Information System), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia, como: UFRJ, MaxiDATA, CPqD/TELEBRÁS e INPE.

A partir da década de 1990 novos temas da política ambiental foram redefinidos no mundo e a necessidade de um novo pacto entre as nações geraria uma nova conferência internacional, a Unced-92 (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento), conhecida como Eco-92, realizada no Rio de Janeiro, Brasil.

A Eco-92 foi uma tentativa de reunir representantes de todos os países do mundo para discutir e divulgar a nova concepção de Desenvolvimento Sustentável que estava em voga, a partir da publicação do Relatório Brundtland. Esse evento significou para o Brasil ter que enfrentar a crise ambiental e ao mesmo tempo retomar

o desenvolvimento, fortalecendo a democracia e a estabilidade da economia. O problema do desenvolvimento deveria ser finalmente resolvido sob uma ótica ambiental e socialmente sustentável (Brüseke, 1992).

A Agenda XXI, principal documento resultante da Conferência, apresentou um rol de programas que podem ser considerados instrumento fundamental para a elaboração de políticas públicas em todos os níveis e que privilegiavam a iniciativa local. Nela, questões como desenvolvimento sustentável, biodiversidade, mudanças climáticas, águas (continentais e oceânicas) e resíduos (tóxicos e nucleares) tornavam-se problemas do planeta e da humanidade e assumiam o novo centro da temática ambiental, abordados em seus capítulos.

Ao longo dos anos 1990, o modelo de política ambiental executado no Brasil entrou em crise. Por um lado, por não atender à nova pauta da política internacional definida na Eco-92; por outro, por não atender às demandas de cidadania e de consciência ambiental que se generalizava. Isso fez com que se evidenciasse, finalmente, a necessidade de redefinição das opções de política ambiental e do próprio papel do Estado brasileiro. A criação do IBAMA não consolidou um modelo institucional adaptado aos novos desafios.

Um importante avanço na política ambiental brasileira foi dado em 2000 através da promulgação da lei 9.985, de 18 de julho de 2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, consolidando-o na forma como é conhecido atualmente: um conjunto de diretrizes e procedimentos oficiais que possibilitam as esferas governamentais federal, estadual e municipal e a iniciativa privada a criação, implantação e gestão de unidades de conservação (UC).

Em 2002, foi realizada em Johannesburgo, África do Sul, a Conferência Ambiental Rio +10. Essa conferência objetivou dar continuidade à discussão iniciada pela ECO-92. A discussão incidiu sobre ações mais voltadas à erradicação da pobreza, à globalização e às questões energéticas, tais como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o Protocolo de Kyoto, bem como às mudanças climáticas, entre outros. A Rio +10 reconheceu a importância e a urgência da adoção de energias renováveis em todo o Planeta e considerou legítimo que os blocos regionais de países estabelecessem metas e prazos para cumpri-las. No entanto, não conseguiu fixá-las para todos os países, o que foi uma derrota, atenuada apenas pela decisão de que o progresso na implementação de energias renováveis seja revisto periodicamente pelas agências e instituições especializadas das Nações Unidas, o

que abriu assim caminhos para futuras negociações (GOLDEMBERG E BARBOSA, 2004).

Os impactos da Conferencia Rio +10 na política ambiental brasileira e nas futuras decisões dos países desenvolvidos em relação ao meio ambiente ainda são uma incógnita. Para alguns participantes, pouco se avançou em relação à Eco-92, realizada no Brasil há dez anos. Já os grupos ligados aos governos acreditam ter havido progressos que devem ser comemorados. Representantes das Organizações das Nações Unidas e funcionários governamentais ligados à questão ambiental que participaram do encontro lembram que, embora modestos, importantes avanços foram conquistados (GOLDEMBERG E BARBOSA, 2004).

O último grande evento de porte internacional ocorrido no Brasil foi a Rio +20, a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), realizada em 2012 na cidade Rio de Janeiro, cujo objetivo era discutir sobre a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável. Considerado o maior evento já realizado pelas Nações Unidas, o Rio+20 contou com a participação de chefes de estados de cento e noventa nações que propuseram mudanças, sobretudo, no modo como estão sendo usados os recursos naturais do planeta. Além de questões ambientais, foram discutidos, durante a CNUDS, aspectos relacionados à questões sociais como a falta de moradia e outros.

Em conclusão, a política ambiental brasileira propriamente dita se desenvolveu de forma tardia em relação às demais políticas setoriais do país e em função das pressões externas dos países desenvolvidos.

3.2 – Geoprocessamento e Análise Ambiental

O desenvolvimento tecnológico ocorrido a partir da segunda metade do século XX atingiu um estágio sem precedentes na história humana, obrigando as diversas ciências, como a Geografia, a repensar seus métodos e técnicas de análise. Nesse contexto, as técnicas de geoprocessamento têm se mostrado um importante instrumento utilizado pelos geógrafos para auxiliar na aquisição de dados, produção de análises e representação das informações obtidas do espaço geográfico.

O Geoprocessamento, ramo da análise espacial que muitas vezes é associado somente à aplicação ou proposição de técnicas, deve ser compreendido em sentido

mais amplo, pois é produto de um contexto científico que norteia o modo de compreensão da realidade.

A ciência hoje está diante do desafio de trabalhar com sistemas complexos, com variáveis que interagem e estão em constante mutação. Nessa busca, o geoprocessamento é um importante aliado, pois permite o gerenciamento de significativa base de dados, assim como a aplicação de algoritmos na análise e integração, cuja elaboração é norteadada por lógicas do pensamento, que são representativas do contexto científico vigente.

O termo geoprocessamento surgiu com a introdução de conceitos de manipulação de dados espaciais georreferenciados em sistemas computadorizados, através de ferramentas denominadas “Sistemas de Informação Geográfica – SIG” (CÂMARA et al, 1996).

O geoprocessamento, segundo a maioria dos autores da área, engloba processamento digital de imagens, cartografia digital e os sistemas geográficos de informação (ou sistemas de informação geográfica). A cartografia digital refere-se à automação de projetos, captação, organização e desenho de mapas; enquanto que o sistema geográfico de informação se refere à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados, ou seja, um sistema de processamento de informação espacial.

Xavier da Silva (1992), ao definir o termo geoprocessamento, o caracteriza como “um ramo do processamento de dados que opera transformações nos dados contidos em uma base de dados referenciada (geocodificada), usando recursos analíticos, gráficos e lógicos, para a obtenção e apresentação das transformações desejadas”.

Assim, o geoprocessamento, ao propiciar análise consistente de grandes volumes de dados ambientais, impede o risco de não se analisar adequadamente os dados obtidos, ou analisá-los fragmentariamente, sem a necessária integração, pois, constitui meio científico de se investigar realidades ambientais complexas, de modo abrangente, consistente e com economia de tempo e esforços (XAVIER DA SILVA, 2001).

Segundo Xavier da Silva (2001), a Análise Ambiental “é um instrumento fundamental na investigação interdisciplinar, pois fornece uma gama variada de percepções que irão auxiliar no aprofundamento do conhecimento científico”. O conceito de análise ambiental contém a essência da investigação científica e possibilita decompor

algo preliminarmente estruturado, para se ganhar condições de uma nova síntese. Do ponto de vista geográfico, limitante e pragmático, ambiente é uma parcela da superfície terrestre em condições naturais ou transformadas pela ação humana. E analisar um ambiente significa desmembrá-lo, apreender as suas funções internas e externas, com a conseqüente criação de um novo conjunto integrado de informações do conhecimento adquirido.

Já a análise ambiental sob uma perspectiva sistêmica, de acordo com Xavier da Silva e Zaidan (2011), se dá quando qualquer entidade percebida pode ter seus limites de ocorrência examinados e eventualmente definidos, ser decompostas em partes componentes, ter investigadas as relações funcionais que interligam suas partes componentes e consideradas, também, suas relações com outras entidades e eventos externos. Esta análise, para investigações, constitui a base para o entendimento da entidade ambiental, em termos de sua constituição, funcionamento e possível inserção em estruturas que a contenham.

Para compreender bem o fenômeno, o homem, em seu processo de constante evolução, elabora metodologias e procedimentos para o seu aprendizado. Dessa forma, desenvolve processo de levantamento de todos os aspectos para ter conhecimento da situação atual, o que possibilita suporte ao seu diagnóstico. Com base nesse diagnóstico, pelo qual se tem a identificação e forma da ocorrência dos fenômenos que atuam sobre o ambiente em estudo, pode-se proceder ao prognóstico, pelo qual se faz sugestões para se modificar as condições de uso dos recursos, e faz-se também previsões para os casos de haverem sido, ou não, tomadas pelo administrador as providências quanto às medidas mitigadoras e compensatórias (XAVIER DA SILVA, 2001).

De acordo com Xavier da Silva (2001), na pesquisa ambiental os fenômenos são entendidos sob quatro proposições:

- Todo fenômeno pode ser localizado mediante a criação de um referencial conveniente;
- Todo fenômeno apresenta uma extensão determinável, a partir de sua inserção no referencial escolhido;
- Todo fenômeno encontra-se em constante evolução;
- Todo fenômeno apresenta correlação, internos ou externos, não sendo registrável qualquer fenômeno totalmente isolado.

Segundo XAVIER e Z AidAN (2007, p. 20):

“O Geoprocessamento tornou possível, em uma escala inimaginada, analisar a Geotopologia de um ambiente, ou seja, investigar sistematicamente as propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à decisão”.

Uma das principais contribuições metodológicas do geoprocessamento ao desenvolvimento da análise ambiental é, certamente, a possibilidade de se realizar processos de análise que, em termos conceituais, se tornavam complexos demais para serem adotados. O geoprocessamento possibilita a adoção da abordagem e análise *sistêmicas*, conceitos que trouxeram para o estudo científico que lida com complexa gama de variáveis, em especial para as ciências espaciais, grande ganho na aproximação entre o modelo de estudo e a realidade.

Desta forma, o geoprocessamento, ramo da análise espacial que muitas vezes é associado somente à aplicação ou proposição de técnicas, deve ser compreendido em sentido mais amplo, pois é produto de um contexto científico que norteia o modo de compreensão da realidade. Nesta perspectiva surge o projeto SAGA-UFRJ que será trabalhado detalhadamente mais à frente.

3.3 - Sistema de Informação Geográfica (SIGs)

Segundo Bonham-Carter (apud MARINO, 2008), SIGs são sistemas de computador para o gerenciamento de dados espaciais, georreferenciados, inter-relacionados e ligados a diferentes funções, exercendo tarefas de entrada, manipulação, transformação, visualização, buscas, análises, modelagem e saídas.

Para Câmara et al. (1996), SIGs se constituem em uma poderosa ferramenta para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real.

Ainda segundo Câmara et al. (1996), os SIGs possibilitam a integração numa única base de dados de informação geográficas provenientes de diversas fontes; e permitem a recuperação, manipulação e visualização destes dados, por meio de algoritmos de manipulação e análises.

Os sistemas geográficos de informação podem ser considerados como modelos digitais do ambiente, e, por terem os dados ambientais o atributo de localização

geográfica, possibilitam revelar e explicar muitos conceitos socioeconômicos. Permitem a avaliação de situações ambientais, com precisão apropriada e economia no esforço humano para obtenção e organização dos dados. Têm agilidade e capacidade para trabalharem dados socioeconômicos relevantes, no apoio ao planejamento geoeconômico, proteção ambiental e também análises geopolíticas.

Porém, o maior propósito dos SIGs é fornecer suporte em decisões a serem tomadas com base em dados espaciais, como na exploração de um bem mineral, ou necessidades de remediação de uma área contaminada, proporcionando uma seleção de prioridades em ambos os casos (Araújo, 1999).

Cerri e Amaral (1998) aplicaram SIG ao gerenciamento de áreas de risco geológico no Rio de Janeiro, integrando uma carta de susceptibilidade aos escorregamentos e um banco de dados geotécnico com informações sobre acidentes associados a escorregamentos, laudos de vistorias e obras de contenção executadas no passado.

O significado de SGI tradução de GIS (*Geographic Information System*) já gerou muita discussão no meio científico, pois a sua tradução para “sistemas de informações geográficas” (SIG) levam ao entendimento de que as informações sejam geográficas e, na verdade, nem todas as informações trabalhadas são geográficas, mas o sistema sim, pois os dados são espacializáveis. Xavier da Silva (1999, p.3) defende que o termo é assim caracterizado, pois “Sistema” significa uma estrutura organizada, com limites definíveis, funções externas e internas com dinâmica própria e conhecimento de suas relações com a realidade. Informação não é somente um dado, mas é um ganho de conhecimento, o que é possível quando a transmissão é feita através de um protocolo convencionado. Geográfico, por sua vez, é em relação ao sistema, e não em relação à informação. O sistema é geográfico, pois os dados são espacializados. O termo SGI foi o adotado no presente trabalho, exceto em citações. O mesmo autor, ao definir o termo geoprocessamento, o caracteriza como “*um ramo do processamento de dados que opera transformações nos dados contidos em uma base de dados referenciada territorialmente (geocodificada), usando recursos analíticos, gráficos e lógicos, para obtenção e apresentação das transformações desejadas.*” (XAVIER-DASILVA, 1992).

As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas Geográficos de Informação (SGI), permitem realizar análises complexas, ao in-

tegrar dados do mundo real, obtidos de diversas fontes em diferentes formatos, criando bancos de dados georreferenciados (bancos de dados geográficos). Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Para Marble (apud MEDEIROS, 1999) o desenvolvimento do conceito principal dos SGI teve sua origem na Cartografia e na Geografia. Porém, não seria possível atingir o atual nível de desenvolvimento sem a contribuição da computação gráfica, processamento de imagens, sensoriamento remoto e sistemas gerenciadores de banco de dados, proporcionada pelos avanços da ciência da computação. Podem ainda ser incluídas às contribuições citadas, as novas técnicas de classificação contínua, que utilizam as noções de conjuntos nebulosos (*fuzzy sets*) e técnicas da inteligência computacional, como uma base auxiliar aos procedimentos de análise espacial e de geração de mapas.

Para Xavier da Silva (2007), “o uso do Sistema Geográfico de Informação permite ganhar conhecimento sobre as relações entre fenômenos ambientais”, estimando áreas de risco, potenciais ambientais e definindo zoneamentos. O uso de SGIs permite obter mapas com rapidez e precisão a partir da atualização dos bancos de dados, sendo uma ferramenta importante no estudo de potencialidades do ambiente.

O uso de um SGI está relacionado à geração de um espaço heurístico, pois permite: extração seletiva de variáveis e acompanhamento das variações ambientais (monitorias). O caráter heurístico está na possibilidade de aquisição paulatina e ordenada de conhecimento sobre uma problemática ambiental. Esse processo, chamado de calibração, permite a aproximação entre a realidade ambiental e seu modelo representativo (XAVIER DA SILVA, 1992).

A pesquisa ambiental é, por natureza, de caráter idiográfico, pois as situações ambientais são únicas, no tempo e no espaço. Da mesma forma, uma situação ambiental representa uma instância discretizada no tempo e no espaço: uma escala espacial e temporal definidas, mas que estão em constante mutação. Contudo, a abordagem científica requer soluções de caráter nomotético, ou seja, que permita generalizações a partir de estudos realizados. (XAVIER-DA-SILVA, 1999, p.1).

Corroborando o citado em Xavier da Silva, Araújo (1999), diz que um importante aspecto do uso de geotecnologias é o potencial dos SIGs em produzir novas informações a partir de informações geográficas. Tal capacidade é fundamental para aplicações como ordenamento territorial e estudos de impacto ambiental, caso em que a

informação final deve ser deduzida e compilada a partir de levantamentos básicos que incluem diversos fatores ligados a ocorrência de determinado processo.

Com a popularização nos últimos anos dos Sistemas Geográficos de Informação (SGI) aliada ao desenvolvimento de sistemas computacionais cada vez mais poderosos e baratos, diversas metodologias para estudo dos recursos naturais têm explorado a grande capacidade destes sistemas para compatibilizar, armazenar, tratar e atualizar as informações temáticas disponíveis. No caso dos procedimentos metodológicos que envolvem a análise integrada do meio ambiente, os SGIs podem ser considerados ferramentas indispensáveis para o planejamento, modelagem, simulação e monitoramento da ocupação do espaço geográfico.

Cada vez mais, os computadores vêm sendo utilizados como ferramentas de apoio a procedimentos de estudos, de análises e de simulações em vários campos do conhecimento humano. Sistemas complexos para análises e modelagens foram desenvolvidos para se trabalhar dados relacionados com áreas específicas como finanças, transportes, geologia, solos, etc. Nessa mesma tendência, sistemas de armazenamento, manipulação e apresentação de dados espaciais, conhecidos como SGI (ou SIG), foram criados e estão sendo utilizados no campo das pesquisas ambientais. Modelos matemáticos, aritméticos e lógicos, buscando representar propriedades e processos do meio físico natural, têm sido implementados, nos SGIs, com o objetivo de facilitar o seu estudo e compreensão permitindo atuar sobre o meio ambiente de forma responsável e cooperativa.

A potencialidade principal de um SIG está na sua capacidade de realizar análises complexas a partir da integração, em uma base de dados única, de representações de dados espaciais. Um dado espacial é caracterizado por sua posição espaço-temporal e por atributos a ele associados. Os procedimentos de análise espacial, desenvolvidos no ambiente de um SIG, possibilitam, no estágio tecnológico atual, a análise de processos, alguns simples e outros mais complexos, do mundo real. Para isto é necessário à criação de modelos ambientais, que representem adequadamente o fenômeno natural em estudo. Assim, a modelagem ambiental consiste na criação de modelos matemáticos, determinísticos ou estocásticos, que relacionam atributos ambientais na tentativa de representar o comportamento de um processo ocorrendo na natureza. Os modelos ambientais são, em tão, transformados em modelos computacionais (ou digitais) para serem executados no ambiente de um SIG.

Atualmente, modelos computacionais simples são executados diretamente nos

SGIs através de operações, lógicas e aritméticas, contidas nos seus módulos de análise ou de álgebra de dados espaciais. Modelos complexos são, muitas vezes, executados fora do ambiente do SIG, por sistemas de modelagem específicos. Nestes casos, os SIG são usados como base de armazenamento de dados espaciais e também como ferramentas de visualização para os dados de entrada e de saída dos modelos.

Um SIG tem a capacidade de analisar relações taxonômicas e espaciais entre variáveis e entre localidades constantes da sua base atualizável de dados georreferenciados. Os SIGs permitem, assim, uma visão holística do ambiente e, através de análises sinópticas ou particularizadas, propiciam a aplicação de procedimentos heurísticos à massa de dados ambientais sob investigação (XAVIER-DA-SILVA, 2001).

E, ainda, segundo o autor, o Geoprocessamento, ramo da análise espacial que muitas vezes é associado somente à aplicação ou proposição de técnicas, deve ser compreendido em sentido mais amplo, pois é produto de um contexto científico que norteia o modo de compreensão da realidade. Nesta perspectiva, o seu valor não se restringe ao lado pragmático de elemento-chave no apoio à decisão, mas também do ponto de vista metodológico, onde existem contribuições trazidas pelos SIGs e pelas técnicas associadas ao geoprocessamento.

Segundo Xavier da Silva et al. (2001), o valor prático dos Sistemas Geográficos de Informação tem sido bastante ressaltado na literatura, citando Burrough (1986), Xavier-da- Silva & Souza (1988) e Aronoff (1989), sendo inegável sua grande aplicabilidade a problemas ambientais. Entretanto, seu valor não se restringe ao lado pragmático de elemento-chave no apoio à decisão. Para a pesquisa ambiental do ponto de vista metodológico, existem contribuições trazidas pelos SIGs e pelas técnicas associadas ao geoprocessamento.

Atualmente estão em andamento aplicações desenvolvidas em uma nova geração de SIGs que dispõem, além das funções tradicionais, de novas funções de análise e manipulação baseadas em técnicas de inteligência computacional (redes neurais artificiais, sistemas especialistas, etc.). Segundo Medeiros (1999), esses sistemas vão possibilitar também uma integração mais estreita e amigável entre as informações temáticas e os produtos de sensoriamento remoto de diversas fontes e resoluções, permitindo a realização eficiente de tarefas complexas que exploram os aspectos geométricos, texturais e contextuais das imagens de sensoriamento remoto necessárias

para atualização e manipulação dos mapas temáticos e possibilitando explorar os SIGs como ferramentas para modelagem ambiental.

3.4 - Movimento de Massa: Definição, Origem e Evolução

O termo movimento de massa, é e sempre foi utilizado de modo generalizado por geólogos, engenheiros, e outros profissionais, com várias interpretações, as quais não são, muitas vezes, devidamente explicitadas, o que causa vários problemas de interpretação. A diversidade de definições reflete a natureza complexa das várias disciplinas que estudam os processos designados como movimentos de massa (VARNES, 1984).

Segundo Varnes (1984), o termo movimento de massa aparece inicialmente na Europa do final do século XIX, através dos geólogos Baltzer, 1875 e Heim, 1882 e posteriormente começa a ser usado por Penck, 1894; Molitor, 1894; Braun, 1908; Howe, 1909.

Existem inúmeros sistemas de classificação de movimentos de massa, porém, observa-se que para o entendimento dos processos e mecanismos que deflagram os movimentos de massa é de fundamental importância tipificá-los. Assim, através do trabalho de Terzaghi em 1928, surge a primeira classificação dos movimentos de massa, a mais detalhada da época, amplamente difundida a nível internacional, segundo Guidicini e Nieble (1984), Terzaghi trabalha os movimentos de massa através de um enfoque apenas geológico e em termos meramente mecânicos (físicos). Sua classificação, mesmo sendo a mais detalhada da época, é bastante incipiente, se formos compará-la a trabalhos posteriores.

Para Terzaghi (apud VARNES, 1984), o movimento de massa “é o movimento de descida, numa vertente, de uma massa de rocha ou solo em que o centro de gravidade do material afetado progride para jusante e para o exterior”.

Desta forma, Terzaghi (apud ZÉRERE et al, 1999) argumenta que a distribuição temporal dos movimentos de massa é determinada pela ocorrência de fatores de desencadeamento como chuva, neve, erupções vulcânicas, terremotos e atividade humana. A respeito do papel da água na estabilidade do declive, esta provoca uma diminuição na resistência ao cisalhamento, quer através da redução do solo ou através do aumento da pressão da água nos poros nas superfícies de deslizamento potencial, fato diretamente relacionado a eventos intensos ou duradouros de

precipitação.

Posteriormente, em 1938, é publicado o trabalho de Sharpe intitulado “Landslides and related phenomena”, neste trabalho o critério utilizado por Sharpe correlaciona, de maneira simplificada, o tipo e a velocidade do movimento de massa, com a natureza do material mobilizado, associando este último aos ambientes geomorfológicos e climáticos (GUIDICINI E NIEBLE, 1984).

Sharpe (apud GUIDICINI E NIEBLE, 1984), apresenta uma breve sistematização, por meio de releituras, das primeiras tentativas de se criar uma classificação para os movimentos de massa (tabela 1). Contudo o autor enfatiza a dificuldade de sistematizar tais dados, pela existência de uma variedade de fatores e de suas complexidades. O mesmo faz uma consideração a classificação de Terzaghi, a mais detalhada da época, na qual os movimentos de massa são classificados em princípios físicos.

Natureza e Taxa de Movimento			Com aumento do conteúdo de gelo	Rocha ou solo ↔	Com aumento do conteúdo de água	
Corridas	Imperceptível		Transporte glacial	Solifluxão ↓	Rastejo (solo ou rocha)	
	Lento e rápido	Avalanche de detritos			Fluxo de terra Fluxo de lama Avalanche de detritos	
Escorregamento	Lento e rápido		↓	Escorregamento Escorregamento de detritos Queda de detritos Escorregamento de rocha Queda de rocha	↓	

Quadro 1: Classificação dos movimentos de massa e fenômenos associados segundo Sharpe.

Já em 1958, surge um clássico da literatura sobre movimentos de massa, através da obra de Varnes intitulada “Landslides types and processes” e posteriormente em 1984 “Landslide hazard zonation: a review of principles and practice”. Através destas duas obras, Varnes expõe que sua classificação (tabela 2) é baseada no tipo de movimento e no tipo de matéria transportada, e secundariamente na quantidade de água e velocidade do material transportado, além disso, discute os principais

condicionantes e mecanismos de deflagração dos movimentos de massa, reconhecendo os fatores que diminuem a resistência dos terrenos aliados aos respectivos fenômenos naturais e antrópicos a que estão associados (VARNES, 1984).

Tipo de Movimento	Tipo de Material		
	Rocha	Solos	
		Predominantemente Grosso	Predominantemente Fino
Quedas	Queda de Blocos	Queda de detritos	Queda de solo
Tombamentos	De rocha	De detritos	De solo
Deslizamentos	Rotacionais	De rocha	De solo
	Translacionais	De rocha	De solo
Expansões Laterais	De rocha	De detritos	De solo
Corridas ou Fluxos	De rochas	De detritos	De solo
		Rastejo	
Complexos	Combinação de dois ou mais tipos de movimentos		

Quadro 2: Classificação dos movimentos de massa segundo Varnes, 1978 (apud Fernandes e Amaral, 2003).

Segundo Varnes (1984), “os movimentos de massa podem ainda, ser classificados de acordo com sua velocidade em: extremamente rápida, muito rápida, rápida, moderada, lenta, muito lenta, extremamente lenta”.

Em uma perspectiva mais contemporânea e holística temos o trabalho de Crozier (2013), segundo o autor, movimento de massa é definido como “exterior ou para baixo o movimento de material de formação de inclinação sob a influência da gravidade”.

A UNESCO, devido ao grande número de trabalhos e classificações de movimentos de massa, elaborou, para garantir a homogeneidade de conceitos por pesquisadores, um glossário multilíngue. São considerados como Movimentos de Massa Gravitacional: Quedas, escorregamentos, tombamentos, espalhamentos laterais e escoamentos (WP-WLI, 1994).

Desta forma a Associação Internacional de Engenharia Geológica sob a égide da UNESCO tenta homogeneizar o conceito de Movimento de massa que segundo a mesma foi definido como *todo* o deslocamento de massas instabilizadas de rocha ou solos, que se destacam de um maciço rochoso ou terreno devido à ocorrência de

ruptura, ao longo de uma ou mais superfícies de ruptura, seguindo seu movimento, mais ou menos rápido, na direção do sopé da vertente, podendo esse movimento envolver vários processos, tais como quedas, balançamentos, deslizamentos, expansões laterais e escoadas, adicionando à massa instabilizada outras massas ou mesmo vegetação. Nesta concepção os movimentos de massa têm uma abrangência maior incluindo os movimentos de vertente, os movimentos de subsidência (abatimentos e assentamentos) e os movimentos associados à expansão/retração de solos argilosos (WP-WLI, 1994).

Mesmo com a tentativa da UNESCO de homogeneizar o termo movimento de massa, ainda hoje, a definição e a classificação mais utilizada e aceita em âmbito internacional é a proposta por Varnes em 1978 (VARNES, 1984), tornando-se referência para muitos pesquisadores ao redor do mundo sendo ela considerada a oficial pela Associação Internacional de Engenharia Geológica (IAEG).

Em busca de uma classificação dos movimentos de massa mais adequados a nossa realidade, pesquisadores brasileiros elaboraram modelos adaptados ao clima tropical e subtropical úmido.

Em âmbito nacional, dentre as classificações mais utilizadas podemos citar a classificação de Magalhães Freire (1965), que foi baseada em Sharpe (1938); a classificação de Guidicini e Nieble em 1984, que foi baseada em Magalhães Freire (1965); e a do IPT em 1991, desenvolvida a partir de características dos movimentos de São Paulo (AUGUSTO FILHO E WOLE, 1996).

Porém, cabe destacar a fundamental contribuição do geógrafo Christofolletti (1980), que aborda os movimentos de massa como processos de dinâmica superficial em que rochas e materiais não consolidados são movimentados encosta abaixo, em resposta à força gravitacional. Corresponde a qualquer forma de desprendimento e transporte de manto de solo e rocha pela ação da gravidade, incluindo rastejamento, deslizamento (escorregamento), queda de rochas, avalanches, queda de barreiras.

De acordo com Guidicini e Nieble (1984), o primeiro a sistematizar uma classificação para os movimentos de massa no Brasil foi Magalhães Freire em 1965. A classificação básica é dividida em três grandes grupos que englobam os movimentos de solo e rochas, bem como as formas de transição e os movimentos de massa complexos. A primeira classificação dos movimentos de massa no Brasil foi dividida em:

- **ESCOAMENTOS** – que podem ser RASTEJOS e/ou CORRIDAS;
- **ESCORREGAMENTOS** – que podem ser ROTACIONAIS e /ou TRNSLACIONAIS;
- **SUBSIDÊNCIAS e DESABAMENTOS;**

Em 1984, a partir da evolução das ideias pioneiras de Magalhães Freire, surge a proposta de classificação de Guidicini e Nieble que trabalha com quatro formas principais de movimentos de massa. São elas:

- **ESCOAMENTOS** – que podem ser RASTEJOS e/ou CORRIDAS;
- **ESCORREGAMENTOS** – que podem ser ROTACIONAIS e/ou TRANSLACIONAIS e/ou QUEDA DE BLOCOS e QUEDA DE DETRITOS;
- **SUBSIDÊNCIAS** – que podem ser SUBSIDÊNCIAS e/ou RECALQUES e/ou DESABAMENTOS;
- **FORMAS DE TRANSIÇÃO** - MOVIMENTOS COMPLEXOS

Estas classes possuem diferenças básicas, pois são, respectivamente, movimentos contínuos envolvendo diversas velocidades; movimentos rápidos e de duração relativamente curta, além de geralmente ser bem definida quanto ao volume de material mobilizado; e deslocamentos verticais com uma componente nula ou praticamente nula (GUIDICINI E NIEBLE, 1984).

Atualmente, no Brasil, a classificação mais utilizada no que tange os movimentos de massa é dos autores Augusto Filho e Fernandes e Amaral que são base para os estudos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2006), órgão do Estado de São Paulo que serve de arcabouço para os estudos do governo federal através principalmente do Ministério das Cidades.

O IPT elaborou uma classificação simplificada, baseada nos trabalhos de Freire (1965) e Guidicine e Nieble (1984). Fernandes e Amaral (2003) produziram um quadro comparativo entre os três trabalhos supracitados (quadro 3).

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

Quadro 3: Comparação entre as principais propostas brasileiras de classificação dos movimentos de massa. Fonte: Fernandes e Amaral (2003).

Ainda de acordo com o IPT (2006), são diversas as variáveis que determinam se uma encosta é estável ou instável: o ângulo de repouso, a natureza do material na encosta, a quantidade de água infiltrada nos materiais, a inclinação da encosta e presença de vegetação. Guerra et al (2007) coloca que os condicionantes naturais podem, juntamente com o manejo inadequado, acelerar a deflagração.

Esses fatores são condicionantes e dirão através de observação se a encosta tem susceptibilidade ou probabilidade de sofrer movimento. Entretanto, nem sempre a água é o fator detonador do movimento e sim que o torna mais avassalador, como aborda Guerra e Cunha (2008) “nos movimentos de massa ocorre um movimento coletivo do solo e/ou rocha, onde a gravidade possui um papel significativo. A água pode tornar ainda mais catastrófica, mas não é necessariamente o principal agente desse processo”.

Ainda sob a temática da água como agente deflagrador dos movimentos de massa, Crozier (2013) aborda a água como um agente de transporte hidráulico, “a água é geralmente um crítico agente de redução de resistência e permiti que a gravidade atue no ambiente gerando condições para promover o movimento”.

Zêrere et al (1999) destaca que o estudo dos fatores de preparação ou de

condicionamento deve ser baseado em um inventário sistemático para a criação de uma base de dados que permita a quantificação da relação entre os escorregamentos e as características geológica e geomorfológica do terreno.

Pela classificação do IPT (2006), os processos (tipos de movimentos de massa) apresentam diferenças no que se refere aos movimentos, geometria e material. E serão abordados com mais detalhes a seguir, com ênfase nos escorregamentos translacionais, rotacionais ou em cunha, visto que a classificação do IPT (2006) foi a adotada no presente trabalho por ser uma classificação baseada em autores renomados em âmbito internacional e adaptada para as condições naturais do Brasil.

3.5 – Escorregamentos: definições e classificações

Os escorregamentos afetam parcialmente o manto de alteração de uma encosta, possui limites (superfície de ruptura) bem definidos, tanto em profundidade como em largura. Consistem no movimento rápido de massas de solo ou rocha sobre encostas íngremes, geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora de um talude, por ação da gravidade. Este tem sido o tipo de movimento de massa mais comum nas regiões tropicais e subtropicais e, pela intensidade e velocidade com que ocorre, tem causado muitas mortes e perdas materiais (IPT, 2006).

Segundo o IPT (2006), o mecanismo de deformação envolvido nestes processos apresenta um regime diferente do rastejo, ocorrendo por aumento das tensões atuantes ou queda da resistência, ou combinações destes mecanismos, que levam os terrenos, que constituem os taludes e encostas naturais, a rupturas por cisalhamento.

Para Augusto Filho e Wolle (1996), os escorregamentos, também denominados genericamente de deslizamentos, caracterizam-se pela formação de uma superfície de ruptura bem definida. Podem ser rotacionais, translacionais ou na forma de cunha, dependendo da geometria e da natureza do material que instabilizam.

Nos escorregamentos rotacionais, uma parte do material que forma o talude desliza como um todo, sem sofrer distorção significativa, ao longo de uma superfície bem definida que apresenta forma côncava, sendo comum a ocorrência de uma série de rupturas (Figura 3 e 4). Geralmente são profundos e ocorrem, principalmente, em solos coesivos relativamente homogêneos. Os escorregamentos rotacionais também

podem ocorrer em transição solo-rocha (saprolitos) ou rochas muito fraturadas e alteradas (Augusto Filho, 2001).

Quando o material não é uniforme, a superfície de ruptura raramente é circular, podendo sua forma ser afetada por planos de estratificação, juntas, falhas, contatos entre materiais de resistências diferentes e outras discontinuidades. Uma superfície de ruptura não circular provoca distorção na massa em movimento. Geralmente ocorrem em função de condições de elevadas poro-pressões ao longo da superfície de escorregamento (Fernandes e Amaral, 2003).

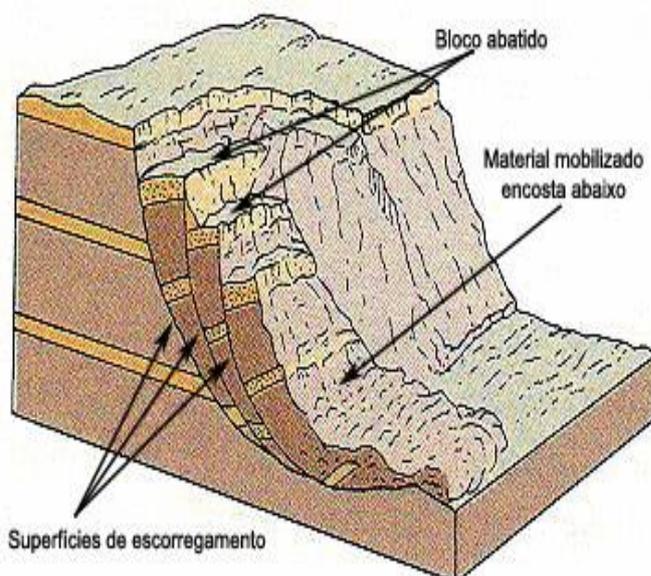


Figura 3: Escorregamento rotacional. Fonte: www.earthsci.org/geopro/massmov/massmov.html.



Figura 4: Grande escorregamento rotacional em área urbanizada. Fonte: www.earthsci.org/geopro/massmov/massmov.html.

Os escorregamentos translacionais ou planares ocorrem ao longo de planos de estratificação, falhas, fraturas ou contatos geológicos que se apresentam aproximadamente paralelos à superfície do talude, de forma que o movimento da massa deslizante é essencialmente de translação (Figura 5). Os escorregamentos translacionais rasos normalmente estão associados à perda de resistência devido à infiltração de água de chuva. Os escorregamentos mais profundos geralmente refletem condições desfavoráveis de poro-pressões na base de escorregamento (GUERRA et al, 2007).

Segundo Augusto Filho (1992), os escorregamentos translacionais são processos muito frequentes nas encostas serranas brasileiras, envolvendo solos superficiais e rochas, frequentemente até o contato com a rocha subjacente, alterada ou não.

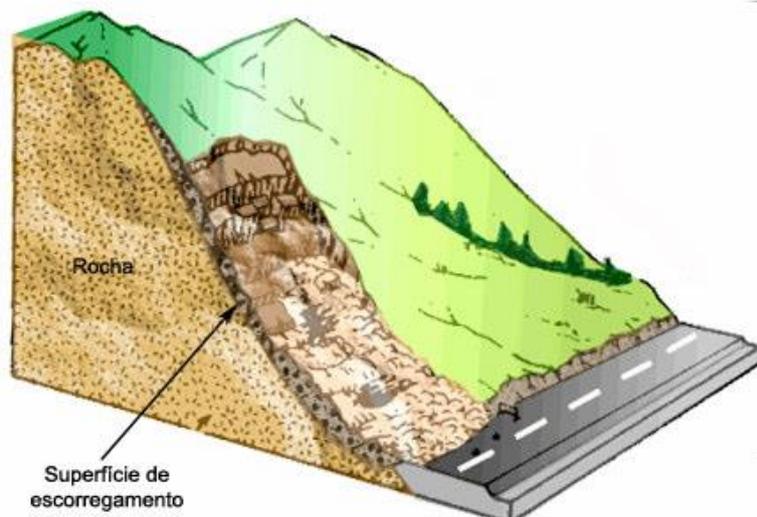


Figura 5: Escorregamento translacional. Fonte: www.earthsci.org/geopro/massmov/massmov.html.

De acordo com Augusto Filho (1992), os escorregamentos na forma de cunha são condicionados por estruturas geológicas que permitem uma compartimentação do maciço na forma de blocos. Os escorregamentos ocorrem através das superfícies limítrofes desses blocos, na forma de cunhas. O eixo da movimentação ocorre ao longo da intersecção dos planos de fraqueza destas estruturas geológicas (Figura 6).

Em geral estão relacionados à elevação da poro-pressões na superfície de escorregamento ou à ocorrência de pressões hidrostáticas de preenchimento de fendas ou outras discontinuidades. Estes processos são mais comuns em taludes de corte ou em encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento, natural ou antrópico (FERNANDES E AMARAL, 2003).

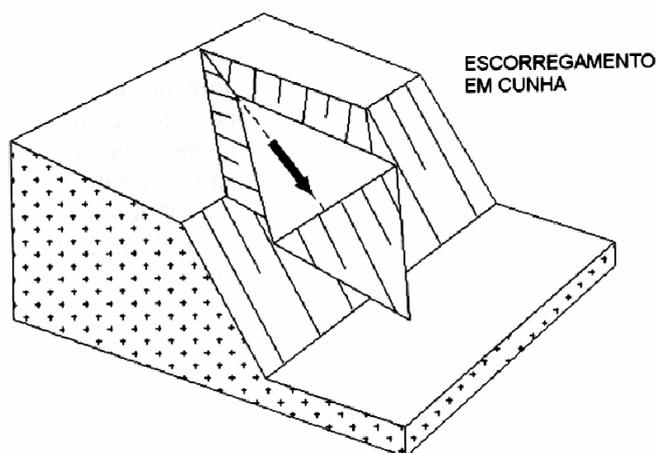


Figura 6: Escorregamento em cunha. Fonte: www.earthsci.org/geopro/massmov/massmov.html.

3.6 – Modelos de Previsão de Escorregamentos

Os escorregamentos podem ser previstos de diversas formas e entre elas estão à utilização dos modelos que podem representar, simular, antever e auxiliar no prognóstico do risco desses processos sob uma dada localidade.

Os estudos sobre os modelos de previsão tiveram grandes avanços através da teoria probabilística e do uso de modelos matemáticos na década de 1970, reforçada pelo uso dos computadores a partir de 1980, sendo nos dias de hoje, uma das mais importantes linhas de pesquisa geomorfológica (ZAIDAN, 2006).

De acordo com RODRIGUES (1990), um modelo é a abstração de algo. Já a abstração é uma capacidade humana fundamental que nos permite lidar com coisas complexas. Por exemplo, os engenheiros, artistas e artesãos vêm construindo modelos há muito tempo para testar projetos antes de executá-los. A responsabilidade da abstração é definida por uma pessoa, grupos de pessoas, organizações que desenvolvem dados espaciais ou usuários de SIG, também chamados de observador. O grupo de características usadas para representar uma entidade é subjetivamente escolhido.

Já para Christofolleti (apud ZAIDAN, 2006) os modelos são estruturas simplificadas da realidade que apresentam feições ou relações significativas. Constituem aproximações altamente subjetivas por não incluírem todas as variáveis associadas, resultado natural devido à tendência do homem em simplificar a complexidade do mundo ao seu redor.

Neste contexto, Fernandes (1996), apresenta como uma das principais funções dos modelos à criação de respostas imediatas para tomada de decisões, na simulação e previsão de possíveis cenários de mudanças ambientais, na ligação entre mensurações de processos atuais com a evolução das formas e na sua aplicabilidade em todas as escalas.

Desta forma, a questão da previsão da ocorrência dos escorregamentos vem assumindo importância crescente na literatura geomorfológica. São várias as percepções do problema e diversas as formas de investigação. Uma das formas que vem ganhando expressão ao longo dos últimos anos é a utilização de modelos matemáticos de previsão de áreas susceptíveis, que dependem diretamente de uma melhor compreensão dos diferentes mecanismos de ruptura e fatores condicionantes envolvidos. (ZAIDAN, 2006).

Uma variedade de metodologias tem sido desenvolvida para a análise prognóstica dos escorregamentos. Os principais métodos de análise de previsão são as:

- Abordagens estatísticas
- Abordagens determinísticas

Porém, mesmo com todos os benefícios advindos do uso desses modelos de previsão, inúmeros problemas são identificados, dentre eles pode-se destacar:

- Falta de Modelos Dinâmicos - muitas vezes os deslizamentos são mais frequentes nas áreas definidas como de médio risco do que nas definidas como de alto risco, tendo como principal razão as más metodologias usadas na definição do risco (modelos ruins previsões ruins). Esse é um problema real, que só vai ser resolvido quando os modelos usados tenham provado ser eficientes (validados).
- Raramente temos bases cartográficas disponíveis em escalas adequadas ao uso de modelos de previsão de deslizamentos;
- Em áreas urbanas o risco é muito dinâmico, o que requer mapeamentos contínuos do uso e ocupação da terra;
- Os processos associados aos movimentos de massa precisam ser analisados na escala de bacia de drenagem o que pouco ocorre nos estudos atuais.

Baseando-se nos inúmeros benefícios do uso dos modelos de previsão, o presente trabalho usou o modelo estatístico de previsão, tendo por base a metodologia de análise ambiental de Xavier da Silva e Carvalho Filho (1993), denominado Sistema de Análise Geo-Ambiental (SAGA). Este modelo é fundamentado em análises estatísticas de correlação entre certos atributos geomorfológicos e de uso da Terra em áreas deslizadas (ZAIDAN, 2006).

Além disso, foram usadas análises heurísticas ou análises feitas a partir de mapeamentos contidos no banco cartográfico digital. Nestas análises, utilizam-se a combinação de planos de informações como mapas de pedologia, geologia, cobertura vegetal, entre outros, onde são dadas “notas” e “pesos” aos diversos planos, a partir da experiência cognitiva do especialista. De acordo com Xavier da Silva e Carvalho Filho (1993), a aplicação desses dados pode resultar em dados eficientes conforme o

grau equivalente dessa experiência e a distribuição de dados.

Segundo XAVIER-DA-SILVA e CARVALHO FILHO (1993), as metodologias que confeccionam mapas de risco a partir da combinação de diversos tipos de planos de informação (por exemplo, geologia, vegetação, uso do solo, declividade, geomorfologia, etc.) em que, são atribuídos pesos e/ou notas para cada atributo (plano de informação e item da legenda respectivamente) identificando o seu grau de importância para o movimento de massa são cientificamente de comprovada eficácia. Além disso, destaca que o princípio norteador, neste caso, é a existência de relações funcionais entre os fatores condicionantes da instabilidade e a distribuição dos deslizamentos na paisagem, o que torna necessário a disponibilidade de extensos bancos de dados representativos dos processos a serem previstos.

Porém, Zêzere et al. (2004) destaca, como principal crítica, que estes procedimentos possuem um nível muito alto de subjetividade, dependendo diretamente do nível de conhecimento do problema pelo investigador.

3.7 – Sistema de Análise Geo-Ambiental (SAGA-UFRJ)

O Sistema de Análise Geo-Ambiental - SAGA/UFRJ foi implantado em 1983 no Departamento de Geografia da UFRJ, pelo Prof. Dr. Jorge Xavier da Silva, coordenador do então Grupo de Pesquisas em Geoprocessamento (GPG). Foi desenvolvido como um sistema para aplicações ambientais de fácil implantação e utilização em equipamentos de baixo custo, o que se tornou possível, principalmente, graças ao crescimento da popularidade e uso de microcomputadores do tipo IBM-PC (MARINO, 2008).

De acordo com Marino (2008), estimativas de riscos de desmoronamentos e de enchentes, potenciais turísticos e de urbanização, levantamento e diagnóstico de remanescentes da Mata Atlântica no Espírito Santo, para fins de preservação, e a análise da qualidade de vida em favelas, constituem uma pequena amostra das pesquisas realizadas pela comunidade de usuários, através da utilização do Sistema de Análise Geo-Ambiental – SAGA/UFRJ.

Como exemplo prático de aplicabilidade, ao longo do ano de 2007 o projeto SAGA/UFRJ apoiou a Defesa Civil de Juiz de Fora na elaboração do Relatório do Plano Nacional de Redução de Riscos. Por meio da aplicação da metodologia de Aná-

lise Ambiental SAGA, desenvolvida naquele Laboratório, buscou-se mapear as localidades com mais elevados riscos de ocorrências de enchentes e deslizamentos, hierarquizando-as de acordo com o grau de probabilidade de ocorrência dos eventos investigados.

Sua primeira versão foi criada na década de 80, apresentando mapas com, no máximo, 16 cores. Nesta época o geoprocessamento era bastante limitado pela barreira tecnológica.

Seguindo a evolução da informática, surge o Vista Saga, evoluindo com novas versões mais sofisticadas, trabalhando com mais cores e maior rapidez no processamento das análises em ambiente Windows a partir do ano de 1995. Hoje, o Vista Saga trabalha com cores de 32 bits, viabilizando até a visualização em três dimensões de áreas de estudos.

Além disso, é importante ressaltar que o VISTA/SAGA já apoiou mais de uma centena de teses de mestrado e doutorado. É um projeto 100% nacional, desenvolvido em meio acadêmico e, sem fins lucrativos. Pode ser obtido gratuitamente através do *site* www.lageop.ufrj.br (MARINO, 2008).

Constituem seus principais módulos de processamento:

- **MONITORIA** - Proporciona o acompanhamento de alterações ambientais significativas de diversas naturezas, permitindo a identificação de agentes modificadores do ambiente, apoiando a previsão de modificações futuras e possibilitando a proposição de eventuais soluções para os problemas ambientais – ESTUDO TEMPORAL DA ÁREA.
- **ASSINATURA** - Permite identificar a ocorrência conjunta de variáveis, através de planimetrias dirigidas – ESTUDO TERRITORIAL DA ÁREA.
- **AVALIAÇÃO** – Utilizado para realizar estimativas sobre possíveis ocorrências de fenômenos, de diversas naturezas, segundo diversas intensidades, definindo-se a extensão territorial destas estimativas e suas relações de proximidade e conexão. Este módulo gera um mapa do território analisado, classificando cada local com notas de 0 a 10.

Segundo Marino (2008), a Avaliação Ambiental pode ser subdividida em avaliações diretas e avaliações complexas.

As **avaliações diretas** são aquelas que resultam da combinação imediata dos dados originalmente inventariados, isto é, são os primeiros resultados avaliativos obtidos com a combinação dos dados originais. Estas combinações podem gerar alguns

tipos de mapeamento, entre os quais merecem destaque os de riscos e de potenciais ambientais.

Já as **avaliações complexas** são aquelas que usam uma ou várias avaliações prévias como base para sua construção. Podem se referir ao cotejo de uma avaliação contra um dado básico, ou mesmo reproduzir o resultado do confronto entre as expressões territoriais de avaliações previamente elaboradas.

O algoritmo classificador utilizado nas avaliações ambientais, integrante do sistema SAGA, é um modelo geoestatístico (pois trabalha com probabilidade) conforme a seguir exposta:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n P_k \times N_k$$

Onde,

n = Número de parâmetros (mapas) utilizados;

A_{i,j} = Probabilidade de ocorrência do evento analisado no elemento (*pixel*) *i,j* da matriz (mapa) resultante;

P_k = Peso (percentual) da contribuição do parâmetro "k", em relação aos demais, para a ocorrência do evento analisado;

N_k = Nota dentro da escala de "0 a 10", da ocorrência do evento analisado, na presença da classe encontrada na linha *i*, coluna *j* do mapa *k*.

Pixel = Aglutinação de *Picture* e *Element*, ou seja, elemento de imagem, sendo Pix a abreviatura em inglês para *Picture*. É o menor elemento num dispositivo de exibição (como por exemplo um monitor), ao qual é possível atribuir-se uma cor. De uma forma mais simples, um pixel é o menor ponto que forma uma imagem digital, sendo que o conjunto de milhares de *pixels* formam a imagem inteira (adaptado de MARINO, 2008).

A partir desta formulação de Análise Ambiental, podem ser feitas as seguintes proposições, segundo XAVIER DA SILVA (2001):

- **A_{i,j}** exprime a probabilidade resultante do produto da formulação ambiental, numa escala de 0 a 10, para a ocorrência de um evento, ou entidade ambiental,

que seja causado, em princípio, pela atuação convergente dos parâmetros ambientais nela considerados;

- Os dados envolvidos na avaliação podem ser lançados em uma escala ordinal que varie entre 0 e 10 ou entre 0 e 100, para que seja gerada uma amplitude de variação suficiente a permitir maior percepção da variabilidade das estimativas;
- A normalização dos pesos, restritos entre os valores 0 e 1, resulta na definição do valor do peso atribuído a um mapa como o valor máximo que qualquer das classes daquele mapa pode assumir. Por exemplo: atribuir um peso de 40% ao parâmetro “declividades”, numa análise, significa que o máximo que uma determinada classe deste mapa pode contribuir na determinação da probabilidade de ocorrência do evento analisado é de 4, numa escala de 0 a 10.
- Com a adoção da média ponderada está criado um espaço classificatório que é, em princípio, ordinal, mas que pode admitir grande e variado detalhamento na classificação das estimativas.

3.8 – Suscetibilidade e Risco Ambiental

Constantemente verifica-se uma discordância entre os conceitos de suscetibilidade e riscos, sendo um termo confundido com o outro.

Segundo Rocha (2002), suscetibilidade refere-se à probabilidade de ocorrência de um processo natural em si mesmo, e pode ser caracterizada pela potencialidade de um evento como causador da transformação no meio físico, independentemente de suas consequências para as atividades humanas. A análise da suscetibilidade envolve técnicas de natureza preditiva, objetivando definir os tipos de eventos perigosos e definir as condições espaciais e temporais de sua ocorrência.

Segundo Cerri & Amaral (1998) risco é definido como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, devido à possibilidade da ocorrência de processos geológicos, sejam eles induzidos ou não. Só há risco geológico quando é possível a identificação de consequências sociais e econômicas diretamente relacionadas à determinada condição ou processo geológico.

Uma forma de representar e analisar a suscetibilidade aos processos geológicos e os riscos se dá pela cartografia, que pode seguir vários procedimentos e métodos, dependendo dos objetivos, da escala de trabalho e dos processos que se

estuda. Entretanto, geralmente as técnicas utilizadas baseiam-se em cruzamento de informações cartográficas (cartas temáticas) de forma a obter um produto cartográfico derivado, onde estariam representados os processos geológicos, hierarquizada a suscetibilidade e avaliados os riscos decorrentes destes processos. No estudo da suscetibilidade as bases principais são as descritoras do meio físico (geologia, geomorfologia, declividades, cobertura vegetal e solos), enquanto que na análise de risco incorpora informações sobre o uso do meio físico e a importância das instalações e infraestruturas humanas que, conjugadas com a suscetibilidade, fornecem a hierarquização dos graus de risco, servindo como subsídio básico para a definição das medidas preventivas e corretivas a serem tomadas.

Além do termo risco, outros merecem uma atenção especial no que tange a sua conceituação, visto a importância dos mesmos na compreensão de discussões posteriores (Quadro 4).

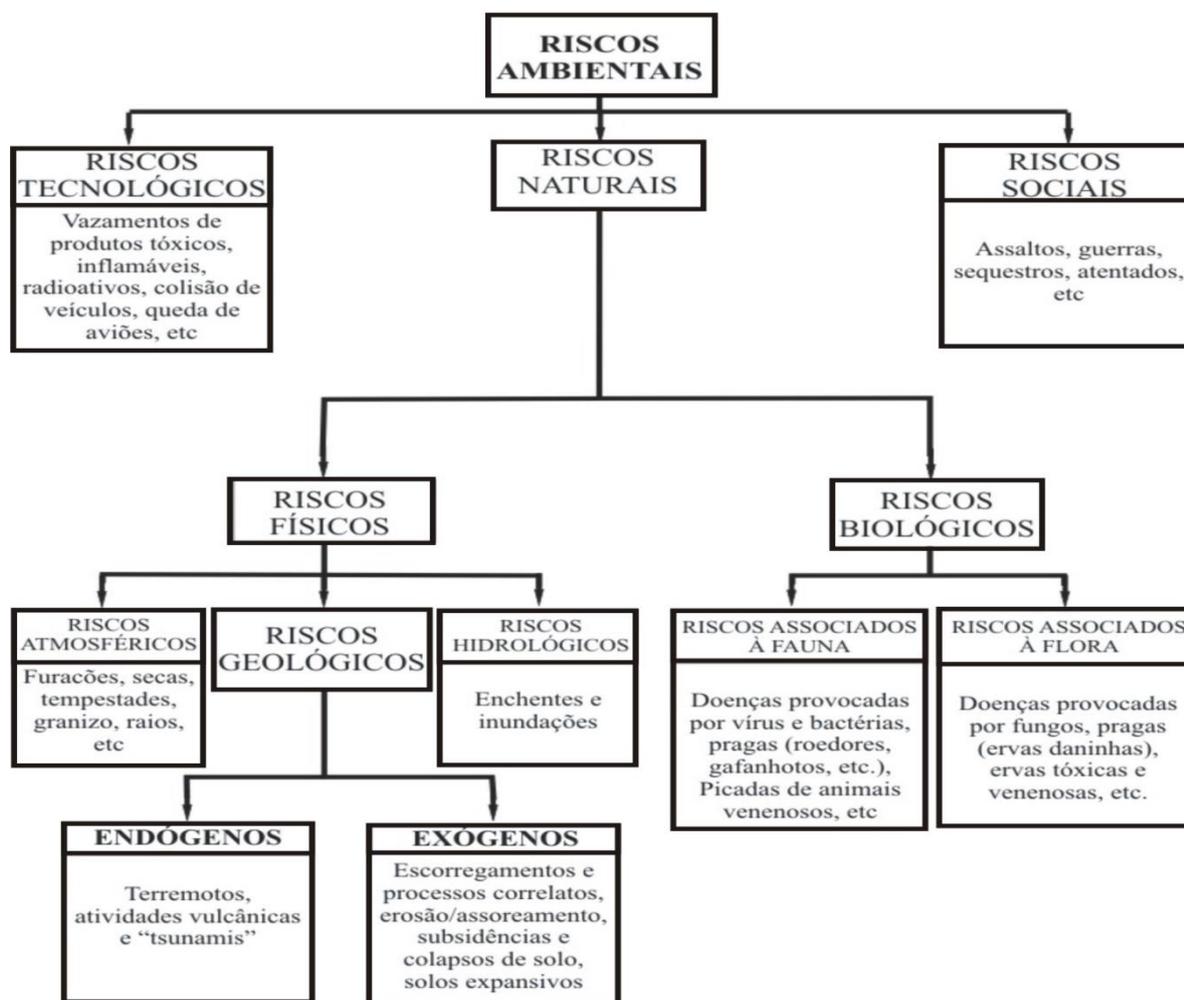
TERMO	CONCEITO
ACIDENTE	Ao contrário do conceito de risco, acidente é um fato já ocorrido, evento não intencional que pode causar ferimentos, pequenas perdas e danos materiais e/ou ambientais, mas é prontamente controlado pelo sistema de gestão (exemplo: incêndio em uma indústria, controlado pelos bombeiros).
EVENTO	Assim como o acidente, evento é um fato já ocorrido, fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registradas no tempo, onde foram registradas consequências sociais e/ou econômicas (perdas e danos).
FREQUÊNCIA	Número de ocorrências por unidade de tempo.
CONSEQUÊNCIA	O impacto de um acidente nas pessoas, no ambiente ou no investimento.
DESASTRE	Evento não intencional que pode causar ferimentos médios e graves, danos materiais/ambientais razoáveis, e é parcialmente controlado pelo sistema de gestão (exemplo: vazamento e explosão de material inflamável, com contaminação de curso d' água e solo).
CATÁSTROFE	Evento não intencional que pode causar mortes, danos materiais/ambientais significativos e não é controlado pelo sistema de gestão (exemplo: vazamento de óleo na baía de Guanabara; rompimento de barragens de produtos tóxicos; fatalidades em áreas de movimentos de massa).
PERIGO (HAZARD)	Condição ou fenômeno com potencial de ameaçar a vida humana, a saúde, propriedade ou ambiente, trazendo consequências desagradáveis.
VULNERABILIDADE	Grau de fragilidade de um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.

SUSCETIBILIDADE	Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.
ÁREA DE RISCO	Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeitos adversos. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos integridade físicas, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).
ACEITABILIDADE DO RISCO	Estabelecimento de níveis de risco que podem ser aceitos pela sociedade.
ANÁLISE DE RISCO	Análise de perigos potenciais, possíveis eventos acidentes e medidas de segurança para determinar frequência e consequências de eventos acidentais.
RISCO ATUAL	Corresponde ao risco instalado (ou efetivo) em áreas ocupadas.

Quadro 4: Termos e conceitos relacionados a riscos. FONTE: adaptado de Cerri e Amaral (1998).

Segundo Cerri & Amaral (1998), existem inúmeras formas de se classificar os riscos; uma delas tem por base situações potenciais de perdas e danos ao homem, considerando assim os riscos ambientais como a classe maior dos riscos e assim subdividindo-os em classes e subclasses (Quadro 5).

O quadro nos mostra que os riscos ambientais podem ser enfocados em termos de riscos naturais, riscos tecnológicos e riscos sociais. Sendo que no presente trabalho, devido à temática escorregamento, o enfoque principal será dado aos riscos naturais.



Quadro 5: Classificação dos Riscos Ambientais (CERRI e AMARAL, 1998).

O quadro acima subdivide os riscos naturais em riscos físicos e riscos biológicos. Os riscos físicos estão subdivididos em subclasses englobando riscos atmosféricos, riscos geológicos (subdivididos em riscos endógenos e exógenos) e riscos hidrológicos, já os riscos biológicos estão subdivididos em subclasses que engloba os riscos associados à fauna e os riscos associados à flora.

Inundações, escorregamentos e tsunamis são fenômenos naturais muito influenciados pelas características regionais, tais como, rocha, solo, condições meteorológicas, paisagem, entre outras. Dessa forma encontram-se normalmente no ecossistema, podendo alterá-lo drasticamente ou catastróficamente. Quando estes fenômenos intensos ocorrem em locais onde os seres humanos vivem, resultando em prejuízos materiais e humanos, chamam a atenção da sociedade, e, portanto, são chamados de riscos naturais.

Usando dados disponíveis do Emergency Disasters Data Base (EM – DAT

2007), podemos observar (Quadro 6) que no Brasil os desastres naturais que provocam maior número de eventos são as enchentes seguido dos deslizamentos (escorregamentos).

Desastre natural	Nº de eventos	Nº de mortes	Nº de feridos
Secas	15	20	0
Terremotos	1	1	0
Epidemias	10	2029	0
Temperaturas Extremas	6	323	600
Enchentes	82	5764	11476
Infestações por insetos	1	0	0
Deslizamentos	21	1615	214
Incêndios	3	0	0
Vendaval	14	336	1562

Quadro 6: Desastres naturais no Brasil de 1948 a 2004. Fonte: Emergency Disasters Data Base (EM – DAT 2007).

A relação dialética entre recursos e ameaças é consubstancial com o desenvolvimento da Terra e da sociedade. A Terra é por natureza um lugar às vezes perigoso. A ameaça natural, associada aos processos geológicos, geomorfológicos, climáticos e oceanográficos tende a ser uma constante em termos de um número importante dos grandes, médios e pequenos centros urbanos do mundo.

4 – ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera compreende uma sub-bacia na margem esquerda do Rio Paraibuna, localizada no perímetro urbano do município de Juiz de Fora (Figura 7).

O Município de Juiz de Fora encontra-se na porção média a baixa da bacia do rio Paraíba do Sul. Está localizado na região Sudeste do Brasil, na região da Zona da Mata de Minas Gerais. Localiza-se a aproximadamente 200 km da cidade do Rio de Janeiro através da rodovia BR 040 e a 262 Km de Belo Horizonte, capital do estado.

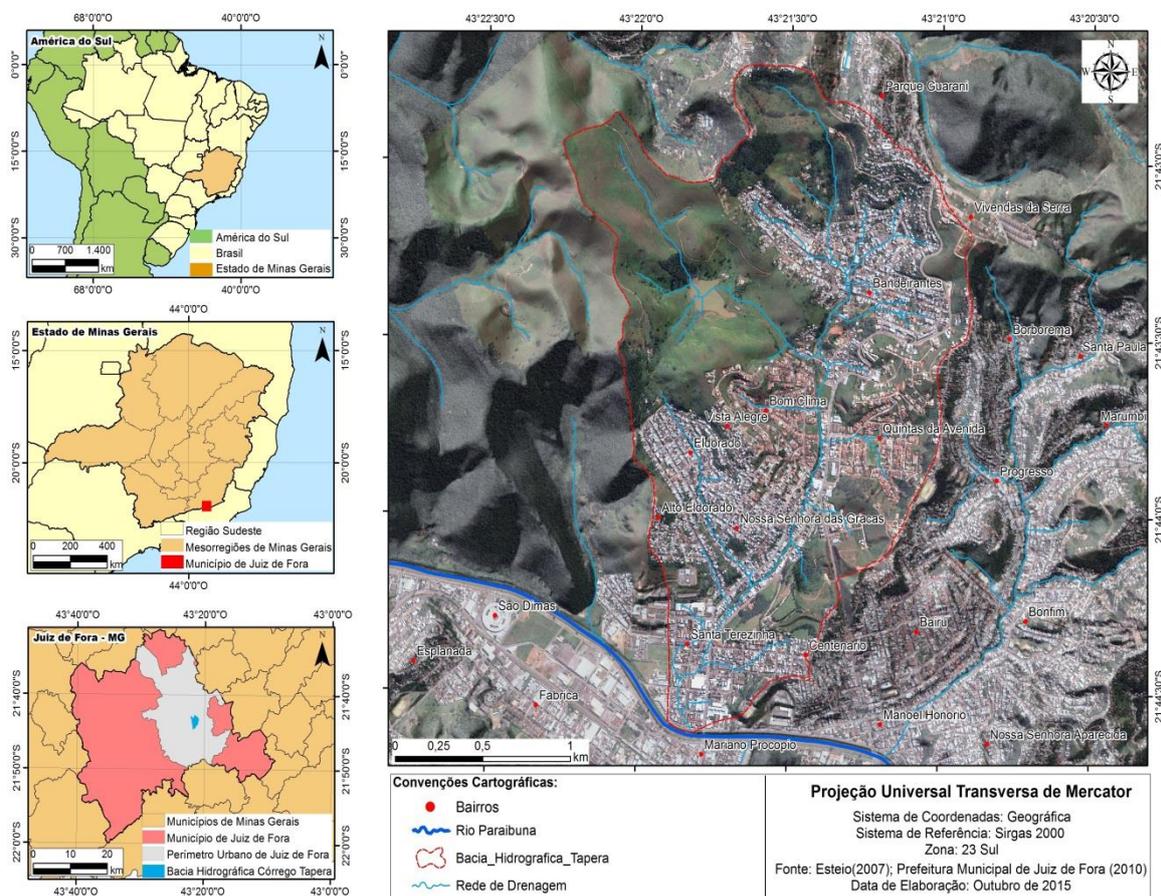


Figura 7: Localização da Bacia do Córrego Tapera em Juiz de Fora, no âmbito regional e sul-americano.

A Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera: Aspectos Territoriais e Evolução Histórica

Localizada na porção nordeste de Juiz de Fora, a bacia hidrográfica do córrego Tapera (BHCT) ocupa uma área de aproximadamente 5 km² e abrange os bairros Parque Guarani, Vale dos Bandeirantes, Vivendas da Serra, Quintas da Avenida, Bom Clima, Jardim Eldorado, Nossa Senhora das Graças e Santa Terezinha, onde residem cerca de 25 mil pessoas (Figura 8).

De acordo com o PDL (Plano de Desenvolvimento Local) da região Nordeste, após a abertura do Caminho Novo, que se limitou à margem esquerda do rio Paraibuna, o rei de Portugal permitiu o uso das terras para finalidade agrícola. A origem da região remonta à antiga sesmaria concedida ao Alcaide-Mor Tomé Corrêa Vasques, no início do século XVIII. Estas terras eram localizadas onde hoje estão os bairros Santa Terezinha, Bandeirantes e Granjas Betânia. Junto ao Córrego Tapera, nas proximidades da hoje Rua Alencar Tristão, foi construída a Alcaidemia, em 1712, também conhecida como Fazenda Tapera que dá nome a bacia hidrográfica em estudo hoje tombada pelo patrimônio municipal. Topografia e disposição geográfica distintas determinaram ocupação diferenciada das regiões conhecidas como Tapera Alta e Tapera de Baixo.

Segundo a Prefeitura de Juiz de Fora (2015), em 1708, a Alcaide-Mor do Fisco e do Mays, da cidade do Rio de Janeiro, Tomé Corrêa Vasquez recebeu uma sesmaria, onde hoje se localizam os bairros Santa Terezinha, Bandeirantes e Granjas Betânia, por ocasião do seu casamento com a filha de Garcia Rodrigues Paes, Antônia Teresa Maria Paes. Antes da legalização da concessão da sesmaria, em torno de 1700, Tomé Corrêa havia contratado Pedro Durval para construção de uma casa, onde aquele residiu até sua morte. Esta casa (Figura 8) é a residência e mais antiga repartição pública de Juiz de Fora e de toda essa região do Estado, residência essa onde Tomé Corrêa Vasquez desempenhou a função de Alcaide-Mor; encarregado que estava de arrecadar, fiscalizar a renda devida à Fazenda Pública.

Após sua morte, a sede da casa, denominada Fazenda do Alcaide-Mor, da Tapera ou Alcaidemia foi adquirida pela família Vidal que nela residiu de 1756 a 1764, pelos Tostes em 1879 e finalmente pela família Tristão em 1883 (PJF, 2015).

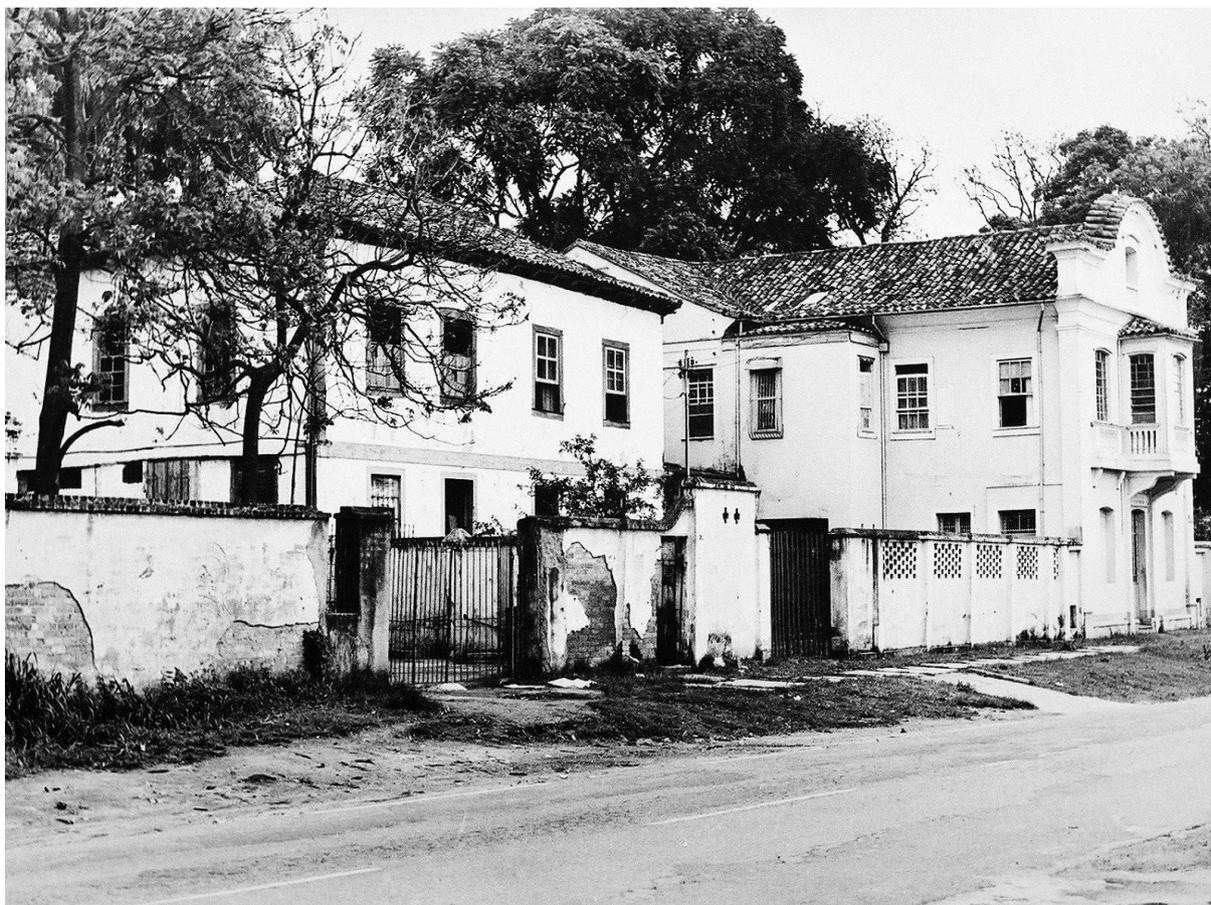


Figura 8: Fazenda da Tapera / Bairro Santa Terezinha / Rua Alencar Tristão, nº 360. Casa mais antiga da cidade (Arquivo Ramon Brandão, 2015).

Ainda de acordo com dados da Prefeitura de Juiz de Fora (2015), a fazenda passou à família de Custódio da Silveira Tristão, devido ao casamento de Custódio da Silveira Tristão com Josefina, cabendo a um de seus filhos, Cícero Tristão, o direito sobre a sede da fazenda como herança, que a doou em testamento à Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora, por não possuir descendentes diretos. Após a morte de Cícero Tristão em 1954, a Fazenda do Alcaide-Mor passou a pertencer à Santa Casa de Misericórdia de Juiz de Fora, impondo como condições para efetivação da doação que Santa Casa mantivesse a casa como a recebeu; preservando assim o patrimônio histórico de Juiz de Fora e instalar no mesmo um serviço de assistência às crianças desamparadas e aos velhos doentes. Sabendo das condições impostas no testamento de Cícero, a Associação Feminina de Prevenção e Combate ao Câncer - ASCOMCER inaugurou na antiga fazenda o Instituto Dr. Cícero Tristão com o objetivo de amparar velhos desprovidos de recursos, que lá funcionou por dezoito anos.

Da BHCT, mais próximo ao rio Paraibuna, onde se localiza o bairro Santa

Terezinha, nasceram também os bairros: Nossa Senhora das Graças, Bom Clima, Quintas da Avenida, e Vale dos Bandeirantes.

Mais próximos ao rio Paraibuna, na BHCT, espremidos entre a Mata do Krambeck e as altas vertentes que a separam da bacia do córrego Matirumbide, os bairros Santa Terezinha, Eldorado, Nossa Senhora das Graças, Bom Clima, Quintas da Avenida e Vale dos Bandeirantes experimentaram urbanização mais intensa, principalmente os dois primeiros. Santa Terezinha, em particular, conta com forte comércio e número significativo de empresas dos setores de indústria e serviços.

Os Bairros Manoel Honório, Santa Terezinha e seu entorno apresentam uma ocupação mais antiga, ao passo que na vertente do Bairro Grama, ao longo da MG-353, o fenômeno é mais recente. Até meados da década de 60, os limites da mancha urbana não ultrapassavam a Garganta do Dilermando.

No Bairro Vale dos Bandeirantes foram implantados, ao longo dos anos 70, diversos conjuntos habitacionais destinados à população menos favorecida economicamente. Tais assentamentos trouxeram consigo a infraestrutura e impulsionaram a ocupação local, que hoje se apresenta muito intensa e com poucas áreas desocupadas. Sua configuração física é marcada por lotes de dimensões convencionais (10x25m), edificações de, no máximo três pavimentos e muitas residências unifamiliares. Sua população é constituída por camadas de renda média e baixa.

5 – METODOLOGIA

5.1 - Inventário Ambiental (Base Cartográfica Digital)

O inventário é o levantamento das condições ambientais vigentes na extensão da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera. É composto por oito planos de informação, que consistem em um modelo digital do ambiente compreendendo a Base de Dados Geocodificados da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera. Os planos de informação são: uso, ocupação e cobertura da terra (1968), uso, ocupação e cobertura da terra (2007), litologia, lineamentos estruturais, morfologia, solos, hipsometria e declividade.

5.1.1 - Litologia

Para a elaboração do mapa de litologia, foi utilizada a base da COMIG/UFMG na escala 1:100.000. Neste foram compiladas as classes litológicas referentes a área de estudo. Este mapa orientou os trabalhos de campo, juntamente com a utilização de ortofotocartas na escala 1:10.000.

5.1.2 – Lineamentos Estruturais

O mapa de lineamentos estruturais teve por base o mapeamento do Projeto Sul de Minas do ano de 2002 e dados cedidos pela Prefeitura de Juiz de Fora, por meio da Defesa Civil (2010).

A estes foram acrescidos lineamentos extraídos de feições lineares de relevo a partir de imagens de relevo sombreado, com aplicação de iluminação artificial ao MDE nas declinações de 45°, 120°, e 360°, e elevação de 45° com exageros de relevo. Os valores de acréscimo na escala vertical da superfície em relação à escala horizontal variaram entre 2 a 20. Na etapa seguinte foi efetuada a interpretação dos MDTs, gerados pelas imagens do LIDAR para a área de estudo, onde foram extraídos os principais lineamentos estruturais e posteriormente aplicado à estatística e geração dos gráficos de rosetas

Para a confecção do mapa de lineamentos estruturais a bacia hidrográfica de estudo foi digitalizada em software ArcGIS para sobreposição em imagens de satélite e radar para extração dos principais lineamentos estruturais representativos de traços retilíneos do relevo, muitas vezes vinculados as zonas de cisalhamento.

A orientação dos lineamentos encontrados foi representada em roseta com

intervalos de 10°, e o documento cartográfico foi digitalizado em Auto Cad.

5.1.3 – Solos

Para a confecção do mapa de solos na escala de 1:10.000 procedeu-se à busca de informações bibliográficas a respeito dos solos de ocorrência na área, geologia, geomorfologia que pudessem contribuir para um melhor conhecimento prévio. Ainda, durante esta etapa, procedeu-se à interpretação preliminar, com base nos mapas planialtimétricos e de classes de declive, para a identificação de padrões fisiográficos.

Em cada unidade pedogeomorfológica homogênea foram selecionados pontos de observação e amostragem representativos de cada classe de declive, de maneira a se obter um padrão dos solos embasado no efeito do declive, da pedoforma das curvas de nível e do perfil da encosta.

As áreas não visitadas, ou não amostradas, foram mapeadas pelo critério de analogia de padrões fisiográficos semelhantes, observados na análise cartográfica e nas observações de campo.

5.1.4 - Morfologia

O mapa morfológico foi criado a partir do levantamento topográfico por LIDAR, gerado pela empresa ESTEIO S/A no ano 2007, com 1 metro de resolução, adequados para trabalhos na escala de 1:5000.

5.1.5 – Hipsometria

Dados compilados a partir do IBGE (2010), das curvas de nível e base da prefeitura de Juiz de Fora, utilizando-se o modelo topográfico de perfilhamento à Laser - o Light Detection and Ranging (LiDAR), referenciado no Sistema UTM SIRGAS 2000/23S e interpolado com resolução espacial de 1m x 1m.

5.1.6 - Declividade

O mapa de declividade foi gerado a partir da ferramenta do *ArcGIS* “Spatial Analyst/Superfície/Declividade”, utilizando-se o modelo topográfico de perfilhamento à Laser - LiDAR no intervalo de coordenadas 668992/670603E e 7595805/7597441N, sistema UTM (Universal Transverso de Mercator), referenciado no Sistema SIRGAS

2000 e interpolado com resolução espacial de 1m x 1m.

As classes foram definidas em intervalos manuais após a criação do modelo de declividade, foram utilizados os seguintes intervalos:< 6%; 6 –15%; 15 - 30%; 30 - 45%; 45 – 75%; 75 - 100%.

5.1.7 - Uso, ocupação e cobertura da terra (1968)

Na elaboração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Córrego Tapera foi utilizado o levantamento aerofotogramétrico de setembro de 1968, realizado pela empresa LASA – Engenharia e Prospecções S.A na escala de 1:5000. Todo este material foi cedido pela Prefeitura de Juiz de Fora. Este mapa foi criado a partir da análise das imagens na área compreendida pela Bacia do Córrego Tapera.

Para a determinação das classes de cobertura e uso da terra foi utilizado como referência o Manual de Uso da Terra, (IBGE, 2006), buscando priorizar a necessidade do conhecimento das áreas já ocupadas, principalmente as áreas edificadas, uma vez que são nessas áreas onde podem se localizar os maiores danos em caso de ocorrência de escorregamentos e, constituindo-se assim, as possíveis áreas de risco. Para execução do mapeamento de cobertura e uso foi utilizado o software *ArcGis*.

Com relação as classes adotadas para o mapa uso, ocupação e cobertura da terra de 1968, temos: área edificada, área de cultivo, capoeira, curso d'água, Floresta Estacional Semidecidual, gramíneas e solo exposto.

5.1.8 - Uso, ocupação e cobertura da terra (2007)

Na elaboração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Córrego Tapera foi utilizado o levantamento aerofotogramétrico de 2007, realizado pela ESTEIO S.A., com resolução de 1 metro por pixel e levantamento topográfico por LIDAR (Light Detection and Ranging), também com 1 metro de resolução, adequados para trabalhos na escala de 1:2000. Este material foi cedido pela Defesa Civil/PJF. Este mapa foi criado a partir da análise das imagens aéreas juntamente com visitas a campo, para conferências e algumas atualizações na área compreendida pela Bacia do Córrego Tapera.

Para a elaboração das cartas de uso e ocupação da terra e cobertura vegetal de 2007 foram feitas classificações manuais do mosaico de imagens das áreas da BHCT a partir dos levantamentos aerofotogramétricos dos anos de 1968 e 2007. Cabe

ressaltar que toda a base cartográfica digital foi reprojetaada no sistema de referência SIRGAS 2000/23S.

O processo de vetorização das classes foi feito manualmente – através da ferramenta “edição de polígonos” do software de geoprocessamento *ArcGIS*, tal procedimento foi utilizado devido a possível ocorrência de erros e problemas na geração das classes do mapa, caso fosse feito de forma automatizada.

Para a determinação das classes de cobertura e uso da terra foi utilizado como referência o Manual de Uso da Terra, (IBGE, 2006). Diante da utilização do mosaico de imagens, foram definidas as seguintes classes de uso e ocupação da terra: áreas edificadas, que representam os locais com consolidação da ocupação urbana; área de cultivo, que constituem pequenas plantações de cultivo familiar; gramíneas, áreas que compuseram cobertura vegetal arbórea pretérita, mas, que devido ao uso extensivo, deram lugar à agricultura e pecuária; vegetação mista (capoeira), composta por vegetação de porte médio (rasteira, arbustiva e arbórea espaçada); Floresta Estacional Semidecidual (vegetação arbórea), a qual é oriunda da Mata Atlântica, além de solo exposto e cursos d’água.

5.1.9 – Análise comparativa do uso, ocupação e cobertura vegetal entre os anos de 1968 e 2007

A fim de interpretar e analisar a evolução temporal do uso, ocupação e cobertura vegetal entre os anos de 1968 e 2007 foi utilizado o procedimento de monitoria.

Para a realização da monitoria foi necessário o levantamento das alterações ambientais de uso, ocupação e cobertura vegetal ocorridas na BHCT nos anos citados acima.

Cabe ressaltar que Xavier-da-Silva (2001) elucida que a conceituação da monitoria simples consiste na “definição de alterações de localização e extensão de características ambientais determinadas, ao longo de um período definido”.

5.1.10 – A Legislação para uso e ocupação do solo

Para que fosse compreendido se o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera cumpria ou não às exigências da legislação federal e municipal, recorreu-se à Lei federal nº 6766 (BRASIL, 1979), e em âmbito local a lei municipal nº 6908 (JUIZ DE FORA, 1986). Em geral, possuem vários pontos

semelhantes, isso porque a Lei municipal foi baseada na lei federal, porém o município possui algumas especificidades. Portanto, a Lei nº 6766 (BRASIL, op cit., Cap I, art. 3º, parágrafo único) coloca os seguintes itens de restrição ao parcelamento:

“Não será permitido o parcelamento do solo:

I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;

II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção”.

A Lei municipal nº 6908 (JUIZ DE FORA, op. cit., Cap. II, Sec I, art. 6º) acrescenta ainda os seguintes itens:

“Nenhuma modalidade de parcelamento do solo será permitida em:

VI - áreas contendo matas ou florestas, sem prévia manifestação favorável das autoridades competentes;

VII - áreas com reservas naturais que o Poder Público tenha interesse em sua defesa e proteção;

VIII - área de beleza natural paisagística de interesse público”.

5.1.11 – Mapeamento das cicatrizes de escorregamento:

A metodologia utilizada para identificação e mapeamento das cicatrizes de escorregamento pautou-se na realização de trabalhos de campo com o auxílio de GPS, de cartas topográficas e de imagens correspondentes ao levantamento aerofotogramétrico de 2007, além da utilização de técnicas de fotointerpretação.

Após identificação e localização das cicatrizes de escorregamento, as mesmas foram vetorizadas e georreferenciadas através do sistema de referência Sirgas 2000 e sistema de Coordenadas UTM, para posterior edição e montagem do plano de informação correspondente. A dificuldade em visualizar as cicatrizes identificadas em campo na imagem referente ao ano de 2007 fez com que fosse repensada a delimitação de suas áreas de abrangência, visto que as delimitas poderiam comprometer a precisão buscada nesta pesquisa.

5.2 – Assinatura Ambiental

O procedimento de assinatura ambiental, segundo Marino (2008), são procedimentos que permitem identificar a ocorrência conjunta de variáveis, através de planimetrias dirigidas. Desta forma, podem ser conhecidas todas as características ambientais de um fenômeno, ou área escolhida, contidas nos planos de informação, relevantes ao estudo.

Com o objetivo de conhecer a ocorrência dos escorregamentos na BHCT, foi feito previamente um inventário ambiental com os seguintes mapas temáticos: uso, ocupação e cobertura vegetal (1968 e 2007), litologia, lineamentos estruturais, declividade, hipsometria, morfologia e solos.

A partir desta base de dados foram selecionados os mapas a serem utilizados no procedimento de assinatura, incluindo o mapa de cicatrizes de escorregamento, com a finalidade de gerar os relatórios de cada mapa.

Além de expressar as características em percentual, o relatório também indica o correspondente em pixels. Os percentuais são expressos em relação a área demarcada e também em relação a todo o mapa para que o pesquisador possa realizar uma comparação da área assinada com a área total.

5.3 – Avaliação Ambiental

Este módulo metodológico corresponde às avaliações ambientais diretas e complexas, ou seja, a integração de dados. As avaliações ambientais diretas resultaram no mapa de probabilidade de ocorrências de escorregamentos; já as avaliações complexas resultaram nos mapas de risco a escorregamento de 1968 e no mapa de risco a escorregamento de 2007, como podemos observar na árvore de decisão (figura 9).

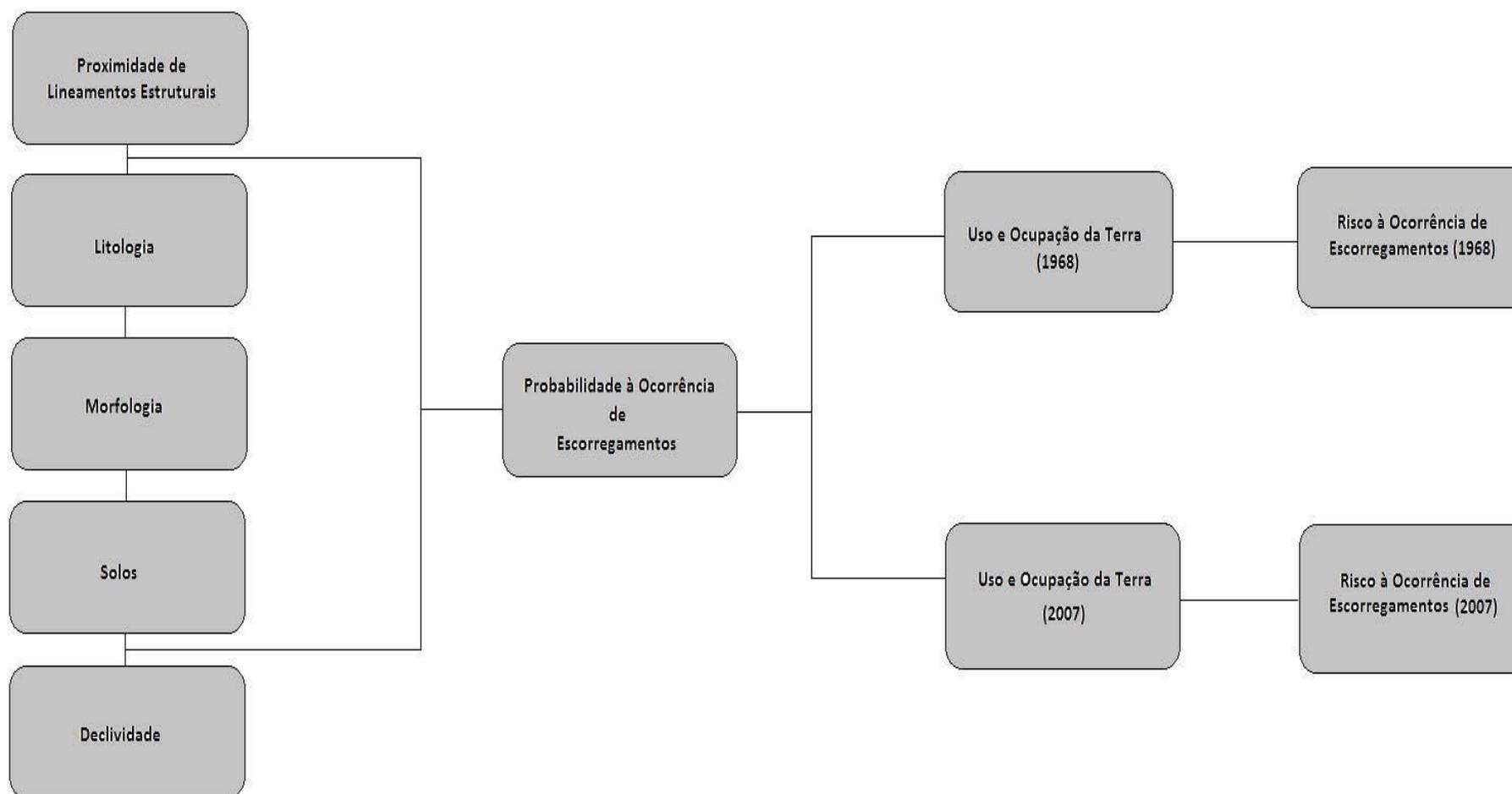


Figura 9: Árvore de Decisão com os procedimentos utilizados para o resultado da Avaliação Ambiental Direta e Complexa.

Segundo XAVIER-DA-SILVA (2001), o mapeamento de uma avaliação é uma expressão territorial da estimativa feita, prevendo, portanto, o que ocorrerá, onde, em que extensão e próximo a que.

Este procedimento teve caráter analítico, ou seja, procurou-se obter conhecimento científico de determinadas características ambientais, e caráter empírico, ou seja, também procurou-se adquirir conhecimento através das assinaturas, o que contribuiu para a definição das características ambientais que influenciaram, por meio da probabilidade de ocorrência de cada classe componente dos Planos de Informação para auxiliar a determinação de pesos e notas que foram fornecidos aos parâmetros e respectivas classes.

Para XAVIER-DA-SILVA e CARVALHO FILHO (1993), a Avaliação Ambiental permite com eficiência estimar a importância de cada parâmetro, para a ocorrência do evento, sendo que para cada Situação Ambiental são selecionados os principais parâmetros, representados pelos Cartogramas Digitais Básicos da Base de Dados. O procedimento para realização das avaliações passa necessariamente por uma atribuição de pesos e notas aos diferentes planos de informação e respectivas categorias envolvidas, conforme o grau de significância com relação à situação analisada.

5.3.1 – Avaliações Ambientais Diretas

Neste caso, as Avaliações Ambientais diretas foram processadas diretamente dos Cartogramas Digitais Básicos (Inventário Ambiental ou Base de Dados Geocodificados), obtendo-se o mapa de probabilidade de ocorrência de escorregamentos, representadas pelos Cartogramas Digitais Classificatórios Simples.

Os cartogramas digitais básicos envolvidos no cruzamento foram: solos, declividade, morfologia, litologia e lineamentos estruturais.

Para dar embasamento científico ao cruzamento dos cartogramas e o resultado, ou seja, o mapa de probabilidade de ocorrência de escorregamentos foi aplicado o método *Delphi* ou a consulta direta a especialistas (*experts*).

É importante destacar que foi pensado cada item de modo isolado, pois a relação entre uma característica e outra será construída pela aplicação do modelo, que necessariamente cruza todos os componentes.

Contudo, o procedimento constou da análise do plano de informação de um modo geral, e não de certas áreas definidas nos mapas. A escolha de áreas específicas no mapa para estudar a relação entre variáveis e assim atribuir pesos, que são a hierarquia de participação de cada uma no resultado final, foi um procedimento bastante eficaz.

Desta forma, o procedimento para realização das avaliações passa necessariamente por uma atribuição de pesos e notas aos diferentes planos de informação e respectivas categorias envolvidas, conforme o grau de significância com relação à situação analisada. O somatório dos pesos aplicados aos parâmetros não deverá exceder a 100%, ou seja, variando de 0 a 100%, de acordo com sua intensidade de participação.

Aplicando-se então, a técnica de Apoio à Decisão, foram efetuadas as análises dos parâmetros ambientais selecionados segundo o seu grau de importância com relação aos dois fatos estudado e gerados Cartogramas Digitais Classificatórios com as categorias expostas através de notas de 1 a 9, sendo que quanto mais próximo de 9, maior a probabilidade de ocorrência de escorregamentos ou do risco.

A seguir são discutidas as Considerações Ambientais Específicas dos seguintes Parâmetros Influenciadores:

- **LITOLOGIA** – Peso 10%

A atribuição de peso 10% para a litologia se deve ao fato do mapeamento litológico da área de estudo estar em escala de pouco detalhe 1:100.000, enquanto os outros mapeamentos estão em escala de grande detalhamento (1:10.000). Cabe ressaltar que para adaptar o mapa litológico as escalas de trabalho dos outros mapas foram necessárias inúmeras idas a campo para verificar os tipos de rocha mais comum na BHCT.

Com relação às notas dadas a cada classe litológica, estas foram influenciadas pelo o número de cicatrizes de escorregamento em cada classe litológica para assim dar as notas. Desta forma, as notas para cada classe foram:

- ✓ Hornoblenda - Biotita ortognaisse – nota 6;
- ✓ Silimanita-granada-biotita gnaisse – nota 6.

- ✓ Biotita gnaisse bandado – nota 6;
- ✓ Intercalações de quartzito impuro – nota 4;

- **PROXIMIDADE DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS** – Peso 15%

O peso dado a este parâmetro foi devido à influência dos lineamentos estruturais na probabilidade de ocorrência de escorregamentos. Cabe ressaltar que não necessariamente uma cicatriz de escorregamento vá ocorrer sobre exatamente um lineamento, por isso o uso do mapa de proximidade de lineamentos e o peso atribuído.

A atribuição de notas para cada classe de proximidades ocorreu de acordo com o número de cicatrizes de escorregamento mapeadas em cada proximidade de influência. Assim, as notas para cada classe foram:

- ✓ 50m – nota 9;
- ✓ 100m – nota 7;
- ✓ 150m – nota 5;
- ✓ Maior que 150m – nota 3.

- **SOLOS** – Peso 25%

As notas atribuídas a cada tipo de solo foram influenciadas primeiramente pela coesão de cada tipo de solo, sendo os de maior coesão atribuídas menores notas, já os tipos de solos com menor coesão com as maiores notas. Outro fator levado em consideração foi à topografia, sendo esta entendida através da análise da morfologia e declividade, assim quanto mais abrupta a encosta menor a espessura do solo, logo temos as maiores notas. Por fim, o terceiro fator analisado foi a ocorrência de cicatrizes de escorregamentos em cada classe. Quanto maior o número de ocorrência maior a nota.

Logo, as notas para cada classe foram:

- ✓ Neossolo Litólico – nota 9;
- ✓ Cambissolo – nota 7;
- ✓ Associação Latossolo-Cambissolo – nota 6;
- ✓ Latossolo – nota 5;
- ✓ Gleissolo – nota 1;
- ✓ Neossolo Flúvico – nota 1.

- **MORFOLOGIA** – Peso 25%

O peso 25% foi atribuído em função deste parâmetro representar o retrato da paisagem, mostrando a realidade morfológica, ou seja, o aspecto do relevo que é um indicador espacial para probabilidade de ocorrência de escorregamentos.

No que tange as notas dadas as classes morfológicas, estas foram atribuídas de acordo com o número de cicatrizes de escorregamentos mapeadas em cada classe. É importante ressaltar que a morfologia atua em conjunto com os fatores naturais intrínsecos (solos, declividade, litologia), integrados à sua geodinâmica e interligados aos processos pedogenéticos, condicionantes para o processo de escorregamento. Essas feições apresentam morfometria e constituição que facilita os processos de escorregamentos, com encostas de alta e média declividade, solo susceptível à erosão (cambissolo e latossolo), desprovido de vegetação de porte arbóreo, predominando a vegetação rala, sendo ocupadas por pastagem.

Desta forma, as notas para cada classe foram:

- ✓ Morros – nota 9;
- ✓ Morrotes – nota 9;
- ✓ Rampa de Colúvio – nota 5.
- ✓ Planície Alúvio Coluvionar – nota 1;

- **DECLIVIDADE** – Peso 25%

A atribuição do peso 25% para a declividade foi devido à representação do aspecto morfométrico das formas do terreno, ou seja, o gradiente topográfico do terreno, proporcionando condições para a ocorrência ou não de escorregamentos, devido ao fator gravidade, agente de transporte.

Logo foi utilizado o número de ocorrências de escorregamentos, como extraídas no procedimento de assinatura, para ratificar as notas dadas a cada classe, além da análise do gradiente das encostas e a morfologia dos declives (côncava ou convexa).

As notas atribuídas para cada classe foram:

- ✓ 0-6% - nota 1;
- ✓ 06-15% - nota 3;

- ✓ 15-30% - nota 7;
- ✓ 30-45% - nota 8;
- ✓ 45-100% - nota 9.

5.3.2 – Avaliações Complexas

As avaliações complexas são o resultado da avaliação entre planos de informação provenientes das Avaliações Diretas. Ao todo foram executadas duas Avaliações Complexas que geraram como resultado o Mapa de Risco a Escorregamento na BHCT em 1968 e o Mapa de Risco a Escorregamento na BHCT em 2007.

Os dois mapas oriundos da avaliação complexa foram resultados do cruzamento do Mapa de Probabilidade de Ocorrência a Escorregamentos com o Mapa de Uso, ocupação e cobertura vegetal.

Sendo que o primeiro cruzamento foi do Mapa de Probabilidade de Ocorrência de Escorregamentos (Peso 50%) com o Mapa de Uso, ocupação e cobertura vegetal do ano de 1968 (Peso 50%), como resultado foi obtido o Mapa de risco a Escorregamento na BHCT de 1968.

Já o segundo cruzamento foi do Mapa de Probabilidade de Ocorrência de Escorregamentos (Peso 50%) com o Mapa de Uso, ocupação e cobertura vegetal do ano de 2007 (Peso 50%), como resultado foi obtido o Mapa de risco a Escorregamento na BHCT de 2007.

5.3.3 - Análise comparativa do risco a escorregamento entre os anos de 1968 e 2007

A fim de interpretar e analisar as áreas de risco a escorregamento entre os anos de 1968 e 2007 foi utilizado o procedimento de monitoria.

Para a realização da monitoria foi necessário o levantamento das alterações ambientais ocorridas na BHCT nos anos citados acima, no que se refere as características do plano físico (lineamentos estruturais, litologia, solos, morfologia e declividade), através do mapa de probabilidade de ocorrência de escorregamentos e dos mapas de uso, ocupação e cobertura vegetal dos anos supracitados.

Esta monitoria permitiu definir os locais onde as características da classe que se monitorou sofreram ou não alterações e determinaram as classes de risco.

Desse modo Xavier-da-Silva (2001) relata que os exames destas alterações permitem de um certo modo verificarmos “o sentido e a velocidade de progressão do fenômeno no espaço geográfico”.

6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1– Análise do Inventário Ambiental

Faz parte, neste inventário, o levantamento das condições ambientais vigentes na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT), respeitando seus atributos de localização e extensão territorial, representados por oito cartogramas digitais.

6.1.1 - Litologia

O município de Juiz de Fora está situado sobre dois grandes domínios geológicos na região: o Complexo Juiz de Fora e o Complexo Mantiqueira, unidades de grande extensão, formadas por uma variedade de rochas metamórficas, coerentes, duras e resistentes; destacando-se, por serem muito antigas e terem sido submetidas a intensos dobramentos, falhamentos e fraturamentos. Sobrepostos a todas estas litologias, são encontrados materiais residuais, coluviais e aluviais, com espessuras e características particulares distintas.

A BHCT apresenta aspectos litológicos associados as rochas do complexo Juiz de Fora com 49,81% da área de estudo, Complexo Mantiqueira com 21,69% da área, biotita gnaisse bandado 14,25% da área e intercalações de quartzito impuro 14,25% da área (Figura 10 e 11).

O Complexo Juiz de Fora é formado pelas rochas mais antigas, tendo sido originado sob condições extremamente rigorosas de pressão e temperatura, fruto de fortes deformações e recristalizações. Estende-se continuamente em toda a porção meridional do perímetro urbano, fazendo contato, ao norte, com as rochas do Complexo Mantiqueira.

O Complexo Mantiqueira localiza-se na porção setentrional do perímetro urbano, sendo limitado pelas rochas do Complexo Juiz de Fora, através de um feixe de falhas de empurrão basal de direção noroeste/sudeste.

A porção centro-norte da bacia do Córrego Tapera está inserida neste contexto, sendo que estas falhas de empurrão basal cortam esta bacia próximo ao Bairro Eldorado e Bandeirantes, e a leste do Bairro Bom Clima. Com relação à litologia da área há ocorrências predominantes do Complexo da Mantiqueira, classificadas como

hornblenda-biotita gnaissé tonalítico a granítico, rocha anfibolítica.

Como destaca Cerri e Amaral (1998), a litologia é considerada um dos fatores que influenciam os processos nas encostas, incluindo escorregamentos, estando estes concentrados em rochas de baixa resistência. Porém, também se concentram em unidades de rochas duras, mas altamente fraturadas.

Já a porção centro-sul da área de estudo é composta por rochas da Megassequência Andrelândia, (sillimanita–granada–biotita-gnaissé) com intercalações de quartzito impuro, rocha calcissilicática, anfibolito e gondito e com orientação norte-sul; as rochas classificadas como biotita-gnaissé bandado, com intercalações de quartzito impuro, gnaissé quartzoso, rocha anfibolítica e, subordinadamente, granada gnaissé e rocha calcissilicática (CODEMIG, 2002). Esses compartimentos geológicos são caracterizados por rochas metamórficas muito antigas, duras e resistentes, no entanto, a presença de falha indiscriminada e de empurrão a noroeste e a sudeste da área contribui para o aumento da instabilidade da área.

Na BHCT a dinâmica da esculturação da topografia e controle da rede de drenagem tem forte interferência da tectônica de falhamentos da área.

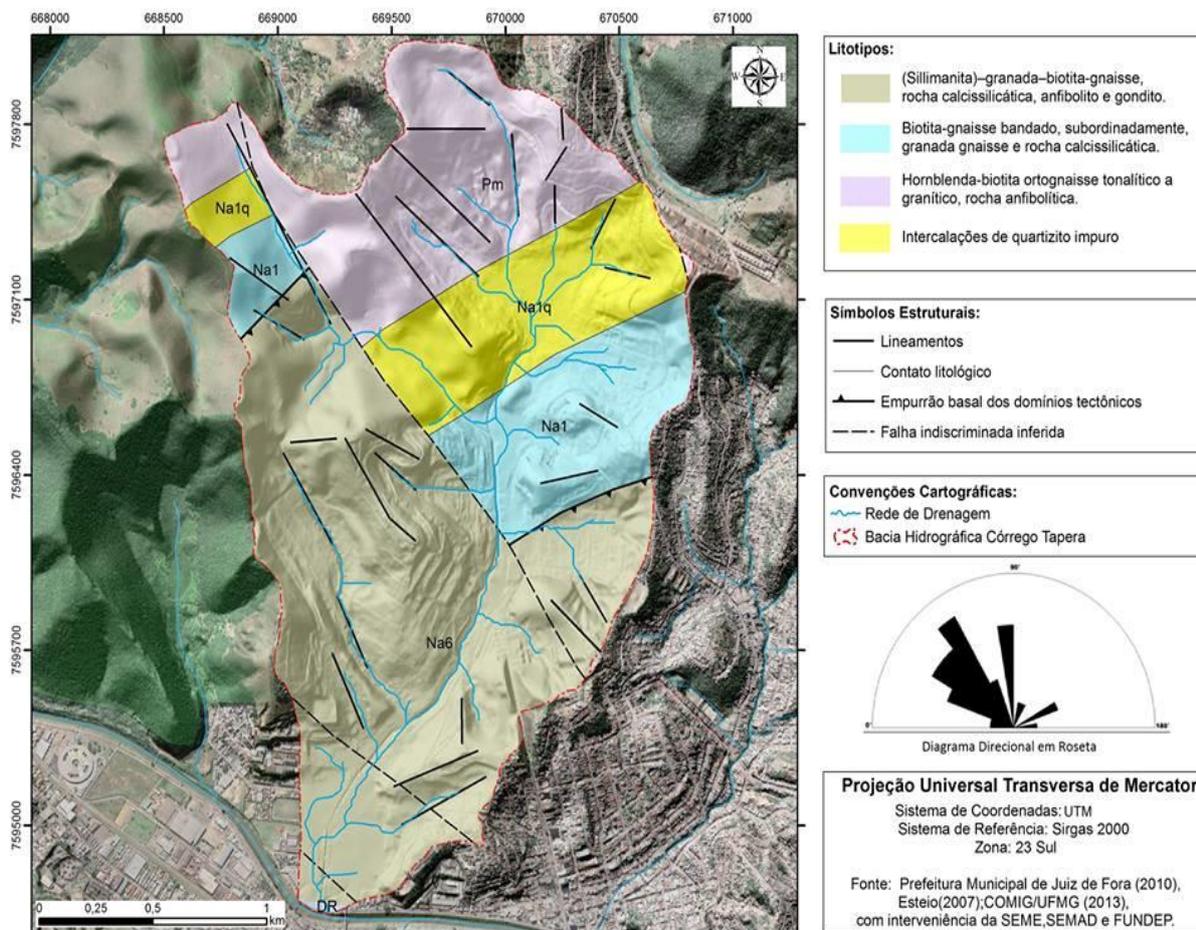


Figura 10: Litotipos, contatos litológicos e lineamentos estruturais da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.

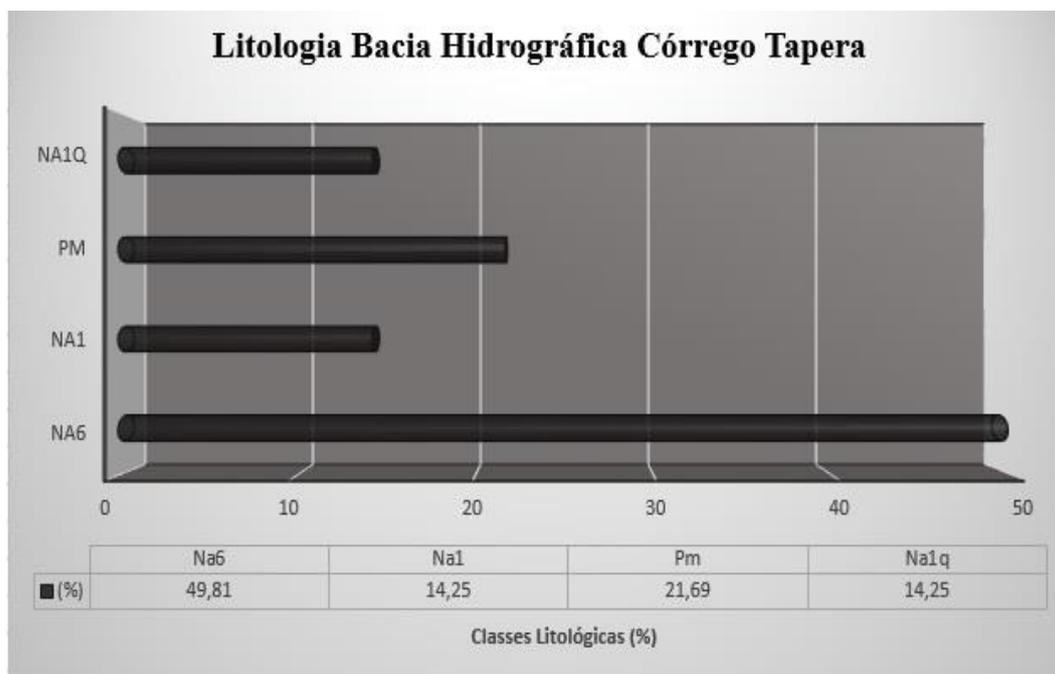


Figura 11: Gráfico e quadro demonstrando as classes litológicas na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.

Na BHCT as principais áreas de escorregamentos estão concentradas nas áreas de contato litológico e falhas de empurrão, em especial a que compreende as rochas da Megassequência Andrelândia e a biotita gnaisse bandado.

A figura 12 mostra três cortes de terreno feitos de forma indiscriminada em desacordo com os parâmetros técnicos legais e dois pontos de escorregamentos em área de empurrão basal a leste da bacia.



Figura 12: Lago da fazenda localizada entre os bairros Bandeirantes e Bom Clima em área de empurrão basal e contato litológico a oeste da bacia. Fonte: do autor, 2015.

6.1.2 - Lineamentos Estruturais

Por meio do mapa de lineamentos estruturais (figura 13) nota-se que a área da BHCT se caracteriza genericamente por apresentar de média a alta densidade de lineamentos.

Nas porções norte e nordeste da BHCT, áreas de morros, com altas altitudes e declividades apresentam densidades muito altas com orientações irregulares, bem como para altas densidades nas porções extremas leste e sudeste também com grandes irregularidades de direcionamento e comprimento.

Já nas porções noroeste e oeste da BHCT as orientações são mais regulares (NW-SE), com alta densidade de lineamentos estruturais, também em áreas de morros, altas altitudes e declividades significativas.

Nota-se uma direção NW-SE preferencial, geologicamente comprovada pela profusão de fraturas, falhas e zonas de falhas naquela direção, bem como pelo estabelecimento das redes de drenagens que se posicionaram preferencialmente nesta direção.

Ainda se percebe tendências na direção NE-SW, embora secundárias, também associadas a estruturas geológicas. Da mesma forma nas direções N-S com pouca ocorrência, porém decorrente de fraturas e falhas. Na direção E-W também estão presentes, confirmando a existência de falhas/fraturas de relevância neste sentido.

As figuras 13 e 14 mostram as principais direções de lineamentos.

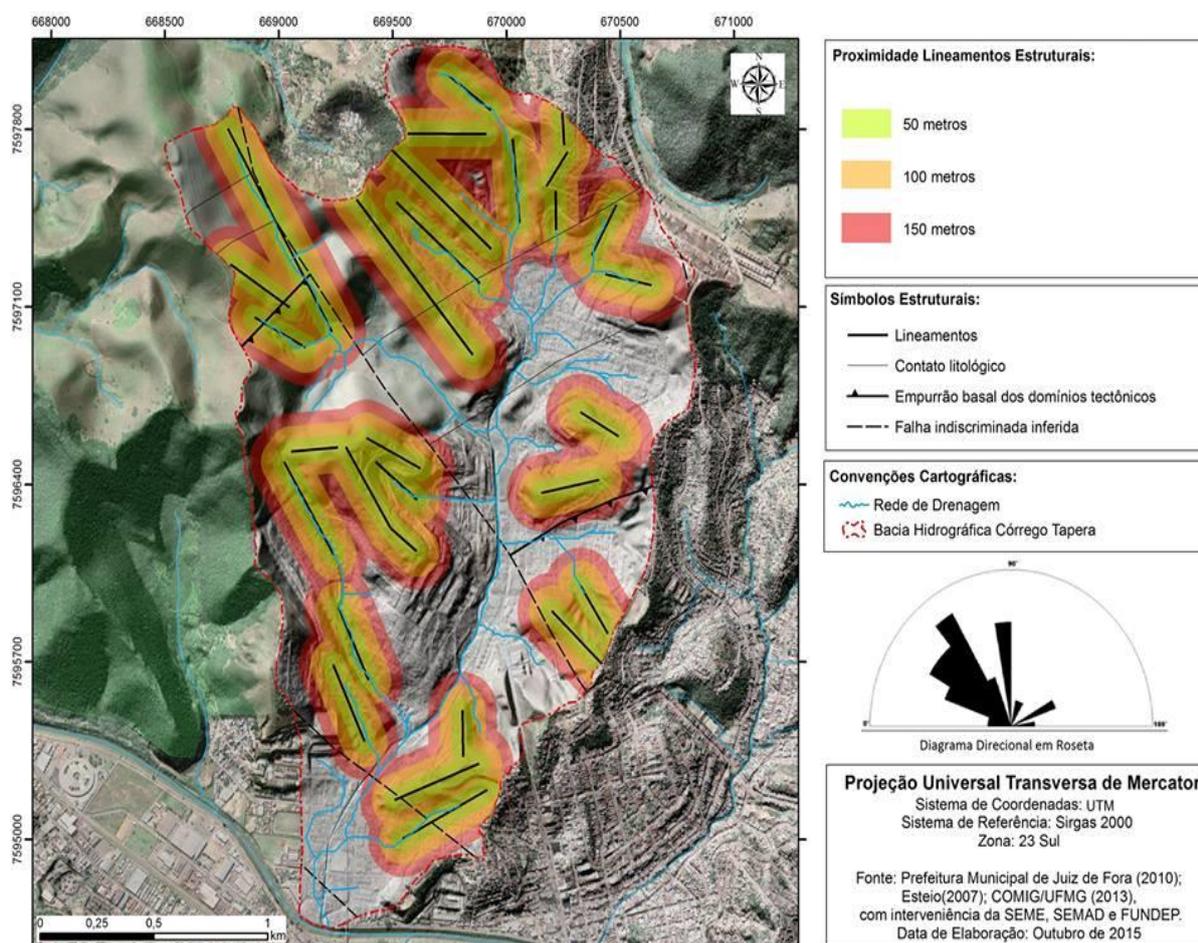


Figura 13: figura representando a proximidade de lineamentos estruturais da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.

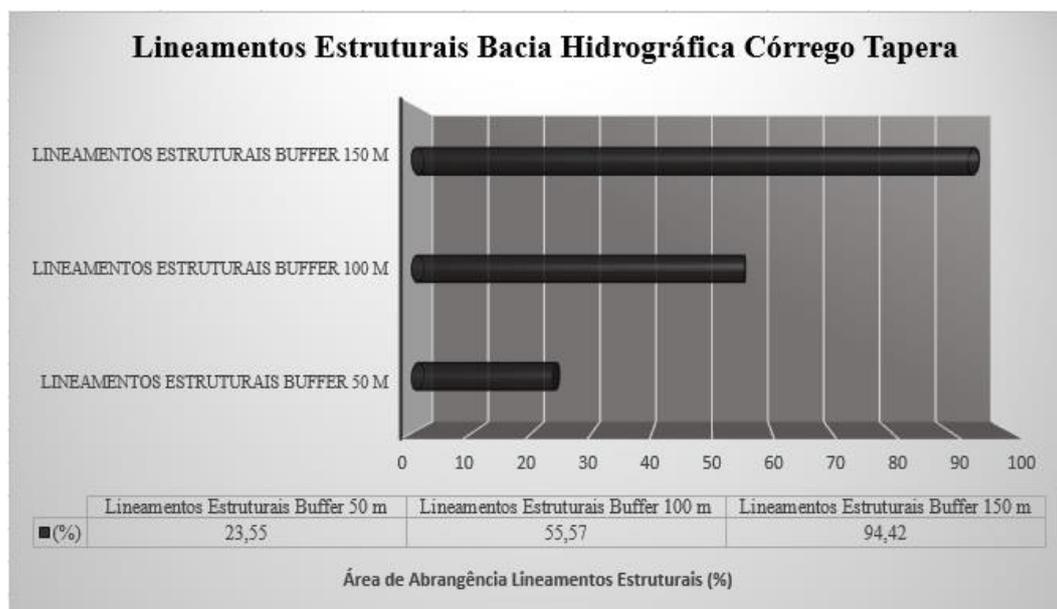


Figura 14 – Gráfico e quadro demonstrando as classes e as áreas de abrangência dos lineamentos estruturais na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.

Quadro 7: Relação entre os graus (orientação) e comprimento dos lineamentos estruturais na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.

Intervalo angular	Quantidade
0 – 10	1
11 – 20	1
21 – 30	3
31 – 40	4
41 – 50	4
51 – 60	5
61 – 70	2
71 – 80	
81 – 90	4
91 – 100	
101 – 110	
111 – 120	1
121 – 130	1
131 – 140	
141 – 150	
151 – 160	2
161 – 170	
171 – 180	1

Comprimento	Quantidade
0 – 100	
101 -200	6
201 – 300	9
301 – 400	8
401 – 500	3
501 – 600	1
601 – 700	
701 – 800	1
801 – 900	
901 – 1000	1

6.1.3 - Morfologia

As características geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera constituem em um fator determinante na deflagração dos escorregamentos. De acordo com o RADAMBRASIL, a bacia encontra-se inserida no domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados na região da Mantiqueira Setentrional, na unidade geomorfológica das Serras da Zona da Mata Mineira. O relevo na área de estudo é caracterizado como ondulado a fortemente ondulado, com topos arredondados e as vertentes tendem a uma convexidade, associada à formação de anfiteatros. As características das vertentes associadas a uma considerável variação altimétrica, 885m nos topos e 674m nos vales, tem grande influência na incidência dos escorregamentos na bacia, uma vez que contribui para a convergência do fluxo d'água e no aumento da umidade, e energia e velocidade da água ao longo da encosta.

As formas do relevo foram analisadas de acordo com a proposta do IPT (1991) apud Moreira & Pires Neto (1998), sendo encontradas quatro formas de relevo que se configuram e se diferenciam, principalmente em função dos aspectos de declividade e altitude, são eles: morros, morrotes, rampa de colúvio e planície (Figuras 15 e 16).

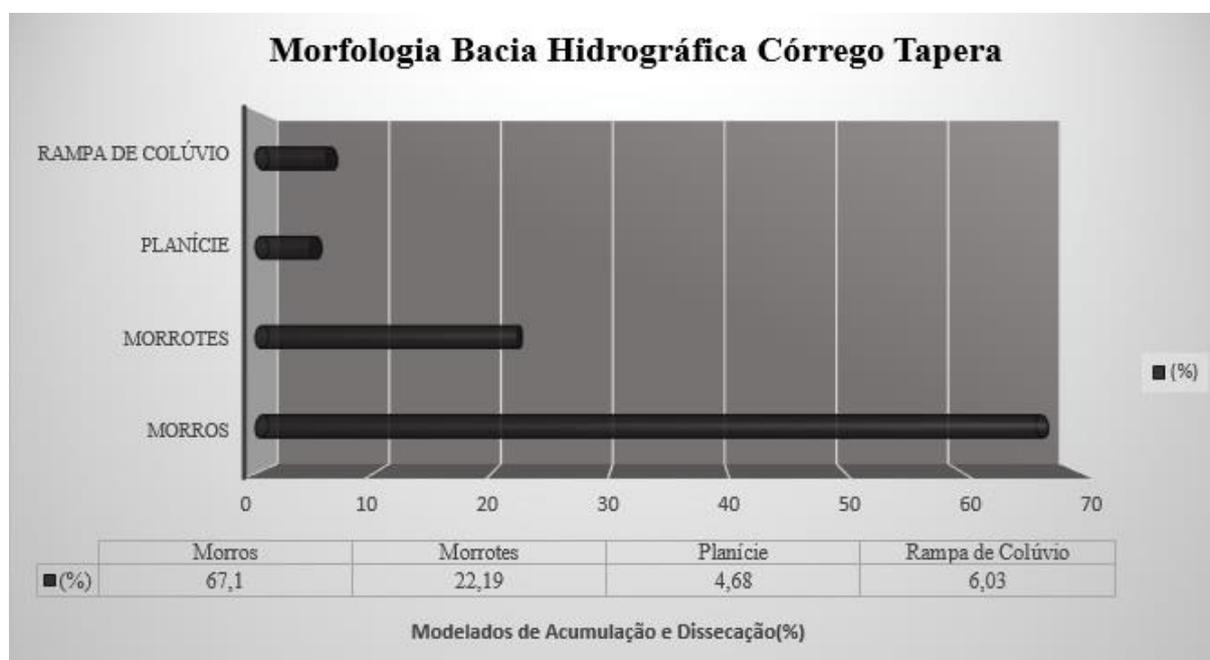


Figura 15: Gráfico e quadro demonstrando as classes morfológicas na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.

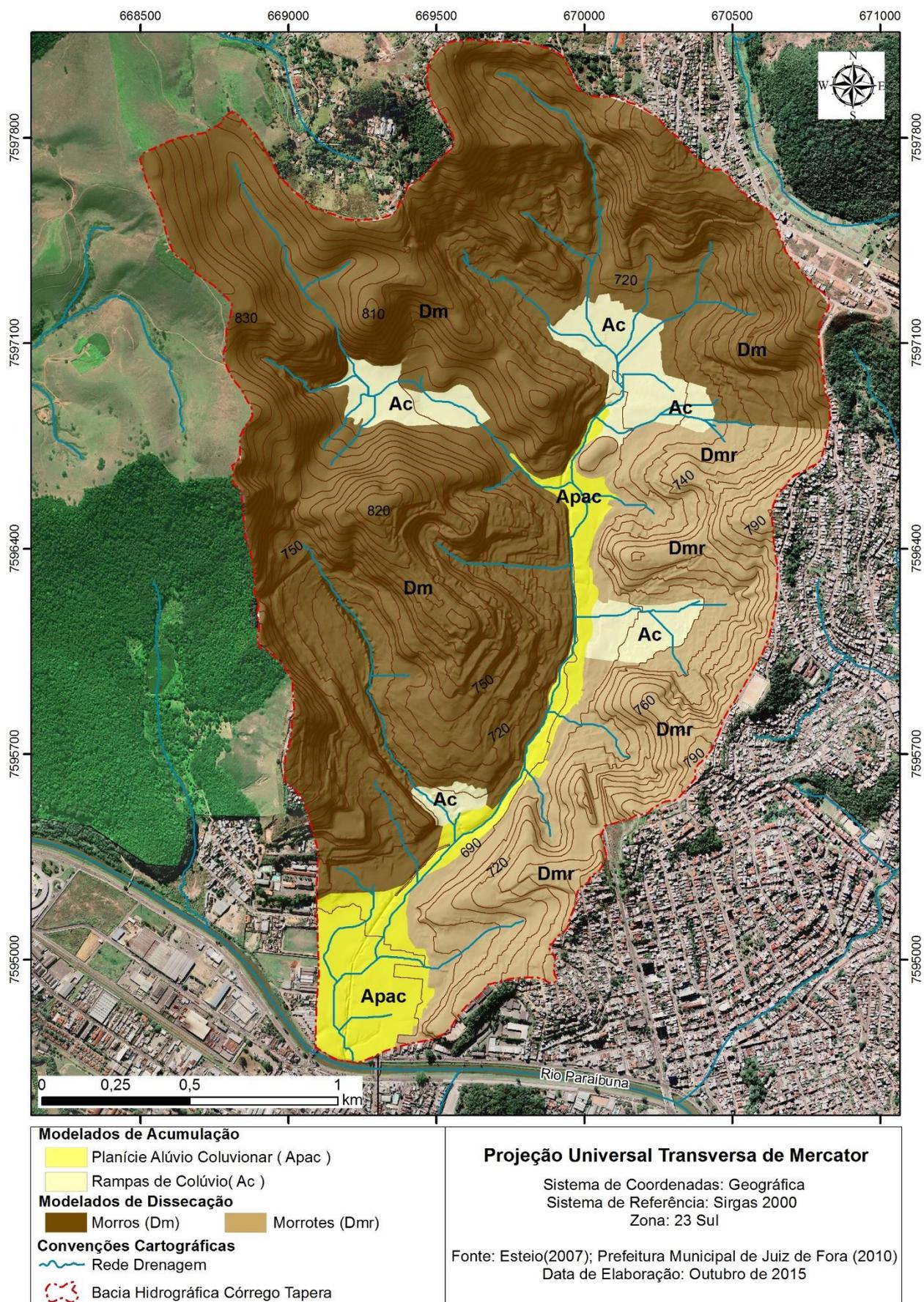


Figura 16: figura representando a morfologia da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.

As áreas de morros são as mais representadas na BHCT com 67,01% da área total da bacia, se estendendo por toda porção oeste, noroeste, norte e nordeste da bacia, possuindo um relevo mais declivoso em sua maior parte e elevados topograficamente (figura 17). Neste compartimento, a paisagem trabalhada pelos agentes erosivos produziu um aprofundamento do nível de base do córrego Tapera, enquanto manteve soerguidos os fundos de vales de seus afluentes, sustentados por assoalhos rochosos, constituindo verdadeiros vales suspensos.



Figura 17: Visão parcial de uma área de morro na porção oeste da BHCT localizado no bairro Eldorado, sopé do mirante do eldorado. Fonte: do autor, 2015.

Cabe ressaltar que nas áreas de morros apresenta-se uma densidade significativa de cicatrizes de escorregamentos, como pode-se observar na figura 18 em evento ocorrido durante chuvas intensas em novembro de 2015.



Figura 18: Escorregamento na subida da serra do Bairro Bandeirantes, em área de morro.

Já as áreas de morrotes compreendem 22,19% da BHCT e se estendem pelas porções leste e sudeste da área de estudo, exibindo um relevo moderadamente dissecado, originando amplos anfiteatros erosivos e com maior número de afluentes, além de topos alongados e estreitos e vale mais aberto (Figura 19).



Figura 19: Visão parcial de uma área de morrote com topo aplainado na porção sudeste da BHCT que compreende ao bairro Quintas da Avenida. Fonte: do autor, 2015.

As áreas de planície na BHCT estão associadas as margens do córrego Tapera e seus principais afluentes abrangendo 4,68% do total da bacia, logo estendendo-se do bairro Bandeirantes próximo a nascente (figura 20) ao bairro Santa Terezinha onde localiza-se a foz desaguando no rio Paraibuna.



Figura 20: Visão parcial de uma área de planície na porção central da BHCT que compreende ao bairro Bom Clima. Fonte: do autor, 2015.

Por fim, com 6,03% da área total da BHCT temos a presença da unidade rampas de colúvio localizada pontualmente nos bairros Bandeirantes e Quintas da Avenida nas porções leste e nordeste da área de estudo que em regra geral tem o atributo de separar as áreas de morros e morrotes das áreas de planície no médio e alto curso da bacia.

6.1.4 - Solos

Park & Burt (2002) afirmam que atributos do terreno são os mais importantes indicadores da variação das propriedades dos solos, por isso o entendimento do solo como um corpo natural que possui variação tridimensional e que se origina a partir da inter-relação dos fatores de formação e sob a ação dos processos pedogenéticos favorece a compreensão da geografia dos solos, assim como o prognóstico do comportamento destes. Explicam ainda que, os solos de uma encosta variam em resposta ao movimento de água e ao transporte superficial de sedimentos, processos estes que são controlados pelas formas da superfície das vertentes.

Logo, a variação local dos solos pode ser atribuída a mudanças no relevo, uma vez que em muitas paisagens, um perfil desenvolvido dos solos ocorre em resposta ao fluxo superficial e subsuperficial da água. Por isso, pode-se inferir que, a distribuição espacial de atributos do relevo que caracterizam os caminhos do fluxo d'água influenciam na variabilidade dos atributos dos solos e, por consequência, nas classes de solos.

Desta forma, as unidades pedológicas mapeadas e seus respectivos percentuais relativos a área total da BHCT são: Latossolos (54,32%), Cambissolos (17,71%), Neossolo Flúvico (12,84%), associação Latossolos + Cambissolos (12,53%), Neossolo Litólico (1,95%) e Gleissolos (0,06%), como podemos observar nas figuras 21 e 22.

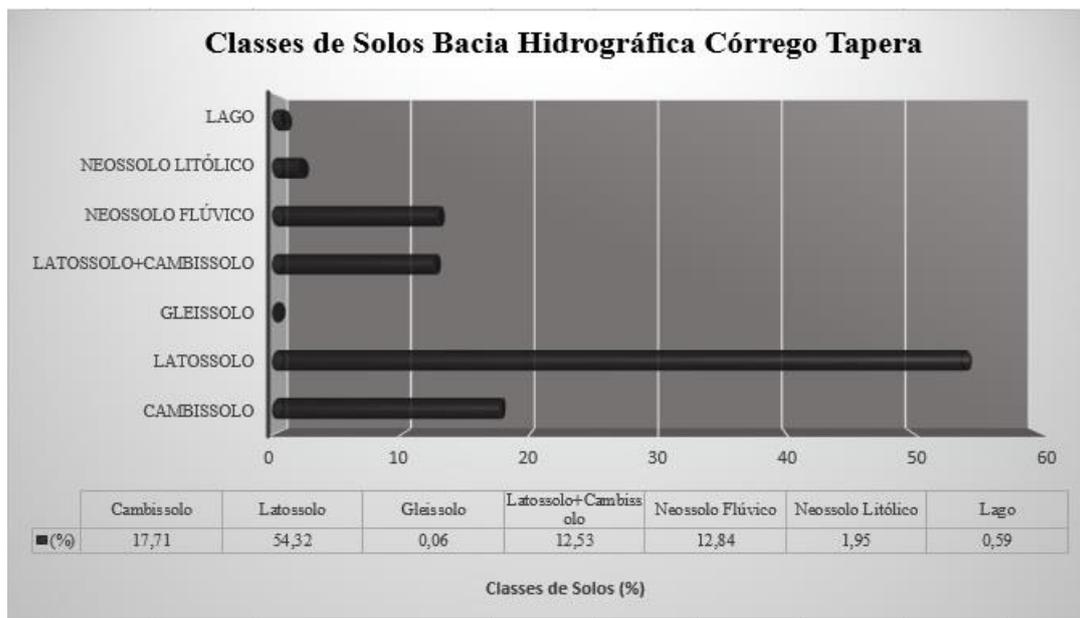


Figura 21: Gráfico e quadro demonstrando as classes de solos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG. Fonte: do autor, 2015.

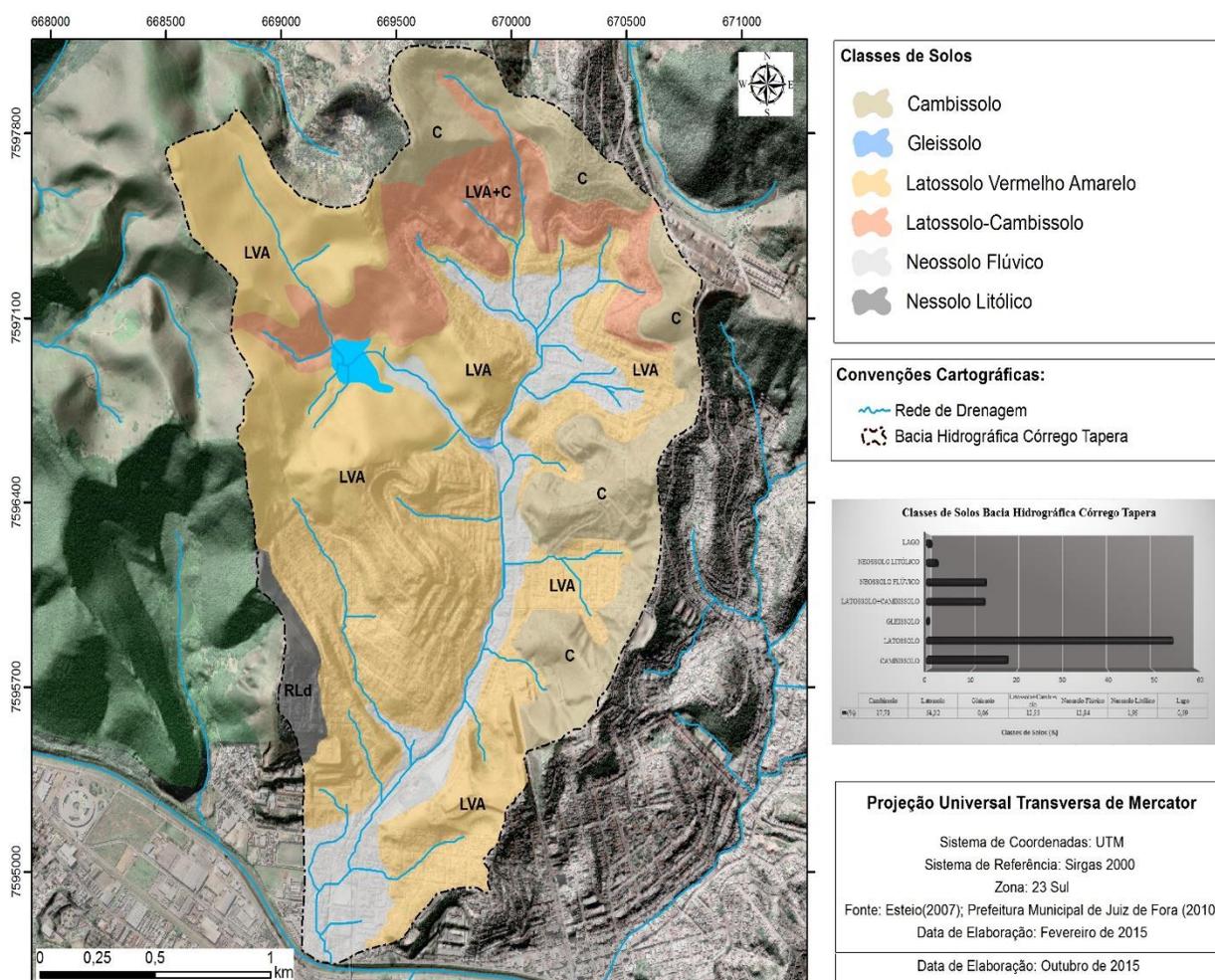


Figura 22: figura representando as classes de solos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera.

O Latossolo é a classe que predomina na BHCT sendo observados e analisados perfis em todas as porções da bacia. Contudo, na margem direita do córrego Tapera os Latossolos apresentam amplo domínio territorial, que em regra geral está associado a morfologia da área no caso morros com grande variação de declividade.

Os Latossolos são formados pelo processo denominado latolização que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}), após transformação dos minerais primários constituintes. São solos minerais, não-hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m), horizonte B muito espesso (> 50 cm) consequência de horizontes A, B e C pouco diferenciados; as cores variam de vermelho muito escuro a tons de amarelo, geralmente tons escuro no A, cores vivas no B e mais claras no C. A sílica (SiO_2) e as bases trocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agentes agregantes, dando à massa do solo aspecto maciço poroso; apresentam estrutura granular muito pequena; são macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos. São solos com alta permeabilidade à água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade. (EMBRAPA, 2006).

Na figura 23 observa-se um perfil aberto no bairro Bom Clima.



Figura 23: Latossolo encontrado no bairro Bom Clima. Fonte: do autor, 2015.

Na BHCT foi observado que os Latossolos apresentam tendência a formar crostas superficiais, possivelmente, devido à flocculação das argilas que passam a comportar-se funcionalmente como silte e areia fina. Sabe-se que a fração silte exerce papel importante no encrostamento, processo este que é acelerado pela falta de cobertura vegetal e predomínio de gramíneas em várias porções da bacia. Essas gramíneas, quando manejadas de maneira inadequada, como: uso de fogo, pisoteio excessivo de animais, deixam o solo exposto e sujeito ao ressecamento.

Os Latossolos da BHCT são muito intemperizados e associados a presença de cicatrizes de escorregamento, principalmente nos bairros Eldorado, Vista Alegre, Bom Clima, Bandeirantes e Quintas da Avenida.

Com 17,71% as unidades de Cambissolos estão presentes predominantemente nas porções extremas leste, nordeste e norte da BHCT que correspondem aos bairros Quintas da Avenida, Vivendas da Serra, Bandeirantes e Parque Guarani, sendo esses Cambissolos associados as maiores declividades e altitudes da bacia.

Segundo a EMBRAPA (2006), devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro.

Na BHCT os Cambissolos (figura 24) apresentam horizonte A pouco espesso e horizonte B profundos apresentando teores uniformes de argila, ocorrendo decréscimo ou um pequeno incremento de argila do horizonte A. Cabe ressaltar o alto grau de desagregação deste tipo de solo, o que está relacionado a ausência de vegetação na área e ao próprio solo imperfeitamente drenado.

Diferentemente do bairro Bandeirantes e Quintas da Avenida, os Cambissolos presentes no bairro Vivendas da Serra apresentam espessura mediana (50-100 cm de profundidade) e sem restrição de drenagem, em relevo pouco movimentado, apresentando bom potencial agrícola.

Assim como nos Latossolos, foram verificadas inúmeras cicatrizes de escorregamento em áreas de predominância de cambissolos, principalmente em áreas de declividades acentuadas.



Figura 24: Cambissolo encontrado no bairro Bandeirantes. Fonte: do autor, 2015.

Os Neossolos Flúvicos correspondem a 12,84% da área total da BHCT estendendo-se do bairro Bandeirantes até o bairro Santa Terezinha, através da planície de inundação do córrego Tapera.

Segundo a EMBRAPA (2006), os Neossolos Flúvicos são, em regra geral, solos minerais não hidromórficos, oriundos de sedimentos recentes referidos ao período Quaternário. São formados por estratificação de camadas de sedimentos aluviais sem relações pedogenéticas entre elas, devido ao seu baixo desenvolvimento pedogenético. No caso dos Neossolos Flúvicos encontrados, por meio de perfis, na bacia em estudo, apresentaram como característica comum a ausência de horizonte B (figura 25).

Outra característica observada diz respeito a espessura e granulometria bastante diversificadas, ao longo do perfil do solo, devido a diversidade e a formas de deposição do material originário.

Foi observada a diferenciação entre os horizontes A - C bastante nítida, porém, existem situações em que se torna difícil a separação das mesmas, principalmente

quando são muito espessas.

No bairro Santa Terezinha, próxima ao encontro com rio Paraibuna as áreas de Neossolo Flúvico são utilizadas para retirada de areia para construção civil e argila para indústria de cerâmica.

De acordo com a EMBRAPA (2006), em função da heterogeneidade das propriedades físicas e químicas, estes solos podem ser de alto, médio, e até mesmo de baixo potencial agrícola, dependendo dos fatores restritivos que os mesmos podem apresentar. As principais restrições destes solos são: riscos de inundação, baixa fertilidade natural, excesso de umidade pela presença do lençol freático próximo à superfície e dificuldade no manejo mecanizado quando apresentam a textura muito fina. Quando ocorrem com a textura média e apresentam boa drenagem, oferecem alto potencial para o uso com agropecuária.



Figura 25: Neossolo flúvico encontrado no bairro Bandeirantes. Fonte: do autor, 2015.

Uma particularidade encontrada na BHCT que sugere as dificuldades encontradas para a escolha de áreas para abertura de perfis de solos, nos trabalhos de campo, foi o percentual de 12,53% de associação Latossolo-Cambissolo.

Esta associação foi introduzida no trabalho devido as características semelhantes, em alguns casos, entre Latossolos e Cambissolos, além da dificuldade em adentrar e conseqüentemente abrir perfis de solos em áreas de alta declividade

conjugada com densa cobertura vegetal e em algumas propriedades particulares.

Desta forma, foi pontuado a associação latossolo-cambissolo em uma propriedade particular (fazenda) entre os bairros Bandeirantes e Bom Clima, em uma área de vegetação estacional semidecidual em alta declividade entre os bairros Bandeirantes e Parque Guarani e uma porção no bairro Vivendas da Serra devido à dificuldade de diferenciação entre as duas classes de solos em uma vertente.

Já o Neossolo Litólico abrange 1,95% do total da bacia em estudo sendo restrito ao bairro Alto Eldorado, na vertente onde está situado o mirante do bairro Eldorado (Figuras 26 e 27).

Foram observadas características como o solo pouco evoluído e sem horizonte B diagnóstico com horizonte A ou O hístico com menos de 20 cm de espessura, assentando diretamente sobre a rocha (R) ou sobre um horizonte C.



Figura 26: Neossolo litólico encontrado no bairro Alto Eldorado. Fonte: do autor, 2015.



Figura 27: Neossolo lítóico encontrado no bairro Alto Eldorado, com destaque para a reforma do mirante Eldorado. Fonte: do autor, 2015.

Por fim, a classe de solo denominada Gleissolo abarca apenas 0,06% da BHCT, encontrado pontualmente através de uma trincheira aberta em uma propriedade particular de relevo plano (morfologia de planície) no bairro Bandeirantes (figura 28).

Segundo a EMBRAPA (2006), são solos minerais, hidromórficos, desenvolvidos de sedimentos recentes não consolidados, de constituição argilosa, argilo-arenosa e arenosa, apresentando horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm da superfície do solo com presença de mosqueados abundantes com cores de redução.

Uma característica encontrada na área de Gleissolo diz respeito a variação de um solo mal drenado a muito mal drenado, devido a saturação permanente resultado da presença de um dos afluentes do rio Tapera no local da trincheira. Apresentou um horizonte subsuperficial de coloração acinzentada.



Figura 28: Gleissolo encontrado no bairro Bandeirantes. Fonte: do autor, 2015.

6.1.5 – Hipsometria

Com relação às classes hipsométricas, foi escolhida uma divisão com equidistância de 1 em 1 metros para uma análise mais detalhada do relevo, gerando cinco classes de altitude, conforme mostra a Figura. Na BHCT o ponto de maior cota altimétrica corresponde a 885 metros (Figura 29) e de 674 metros como a menos elevada. Os dados obtidos estão representados nas figuras 30 e 31.

Uma característica da BHCT com relação a altitude se dá pelo fato da mesma ser crescente do centro da bacia em direção a leste e a oeste, representado por morros a oeste e morrotes para leste.

“As variações da altitude no interior de uma bacia, assim como a elevação média é um dado fundamental para a análise morfológica, bem como para o estudo da temperatura e da precipitação” (Santos, 2004).

Na BHCT, a classe que mais se apresentou foi de 674 a 716 metros, abrangendo 33,67% do total. A classe que proporcionou a menor área foi de 803 a 885 metros, encontrada próxima ao alto curso, obtendo apenas 2,69% da área total da bacia.

A nascente do Rio Tapera está localizada na classe de 803 a 885 metros e sua foz com o Rio Paraibuna se encontra na área de 674 a 716 metros. A partir do médio curso, com a ida ao campo, foi constatada uma área plana, onde grande parte das margens do Rio Tapera são áreas de inundação, não obtendo grandes variações de altitude. Desta forma, o limite de 716 metros de altitude define topograficamente a porção do terreno onde ocupa o compartimento morfológico de planície e onde temos a maior concentração da classe área edificada na BHCT.



Figura 29: Vista do ponto de maior altitude da BHCT localizado no bairro Parque Guarani, porção extremo norte da bacia. Fonte: do autor, 2015.

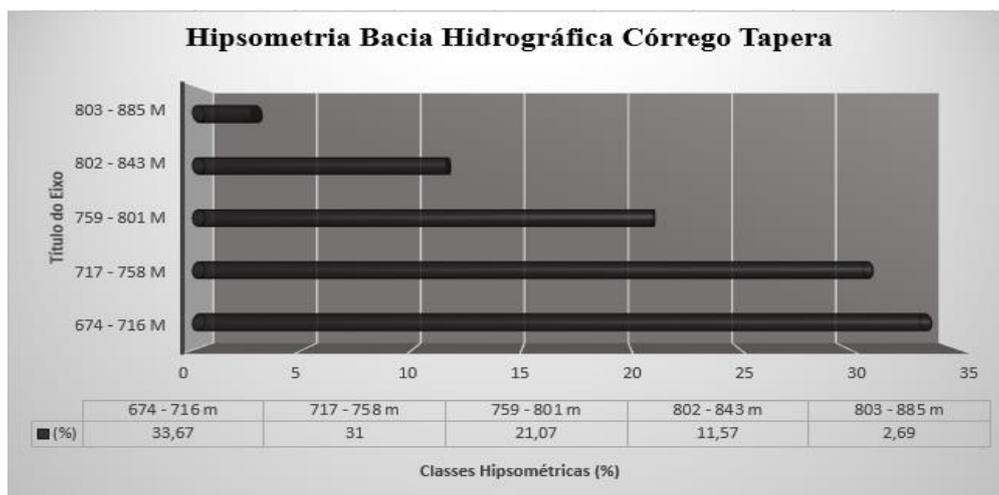


Figura 30: Gráfico e quadro demonstrando as classes hipsométricas na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.

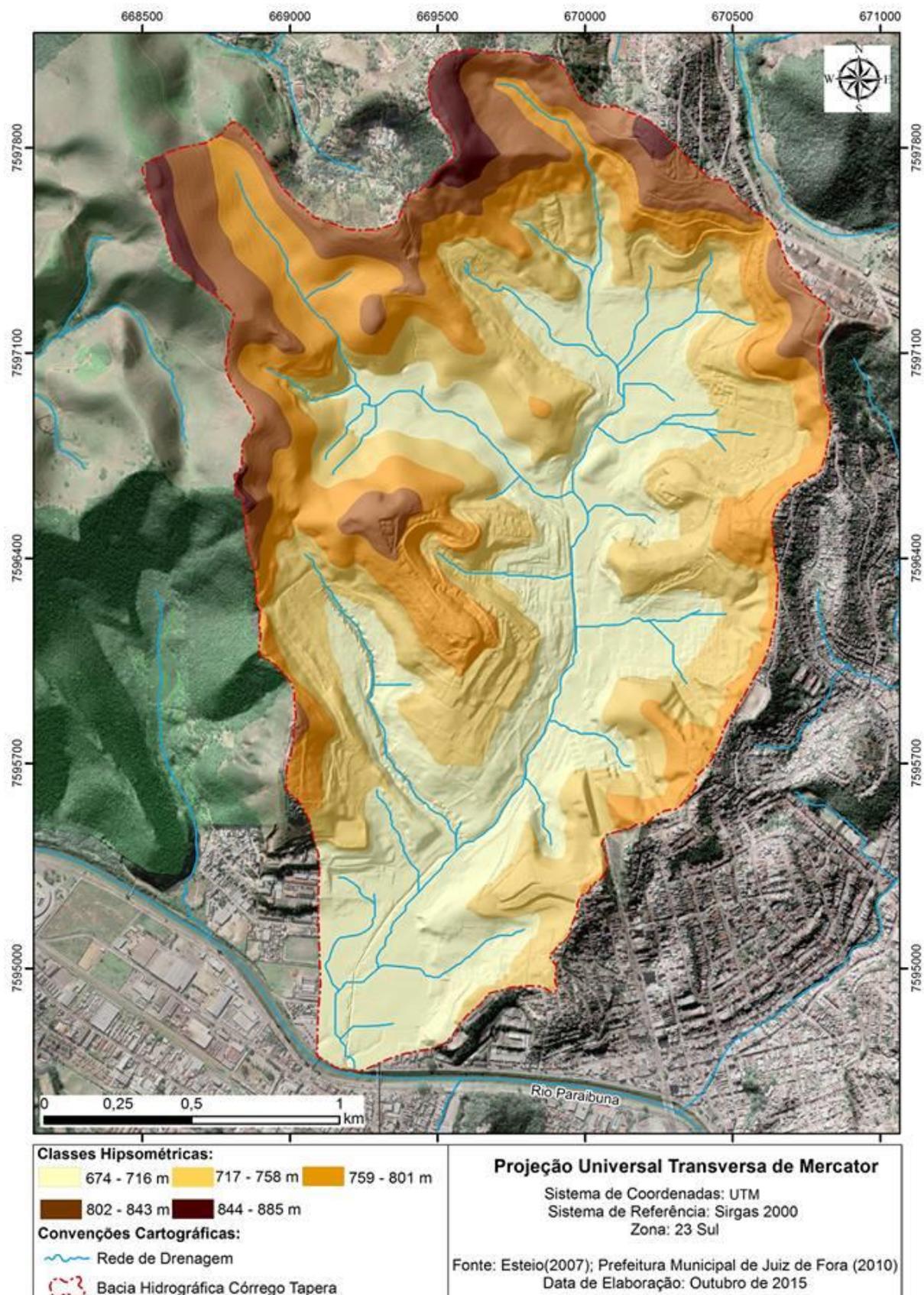


Figura 31: Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera mostrando as maiores altitudes nas extremidades da porção centro-norte da bacia.

6.1.6 - Declividade

Outro fator que surge como um dos principais, para que se possa analisar de forma relacionada a morfometria, geologia e o relevo é a declividade da bacia, uma vez que a mesma exerce influência direta sobre os processos de escorregamentos.

Segundo Augusto Filho (1992), a declividade é considerada um dos principais fatores controladores na estabilidade dos taludes, já que o esforço cisalhante aumenta com a inclinação da encosta. As pesquisas mostram que as declividades em uma região e as declividades das encostas onde aconteceram movimentos de massa tem uma distribuição das suas frequências semelhante. Portanto, os valores mais prováveis de declividade que podem vir a ser um fator predisponente para causar escorregamentos dependem da distribuição das frequências das declividades da região de estudo.

Na BHCT o percentual de declividade que ocupa a maior área de abrangência é a que corresponde à classe de 15 a 30%, conforme figura 32. Essa classe estende-se principalmente pela porção de médio curso até o curso superior da bacia hidrográfica, nas áreas próximas ao rio Tapera.

O intervalo de declividade entre 6 a 15% é o segundo em número de ocorrência na bacia hidrográfica, presente principalmente no baixo curso da bacia hidrográfica e as áreas de planície do bairro Bandeirantes. As declividades inferiores a 6% ocupam 20,04% da área total da bacia hidrográfica, tendo maior concentração no baixo curso, formando uma faixa que segue até à foz da bacia.

As declividades superiores a 45% são as de menor ocorrência na bacia hidrográfica, com 4,35%, entretanto, são bastantes importantes devido ao fato de sua ocorrência estar concentrada nas extremidades da bacia hidrográfica e estarem relacionadas a ocorrências de cicatrizes de escorregamentos em várias partes da BHCT.

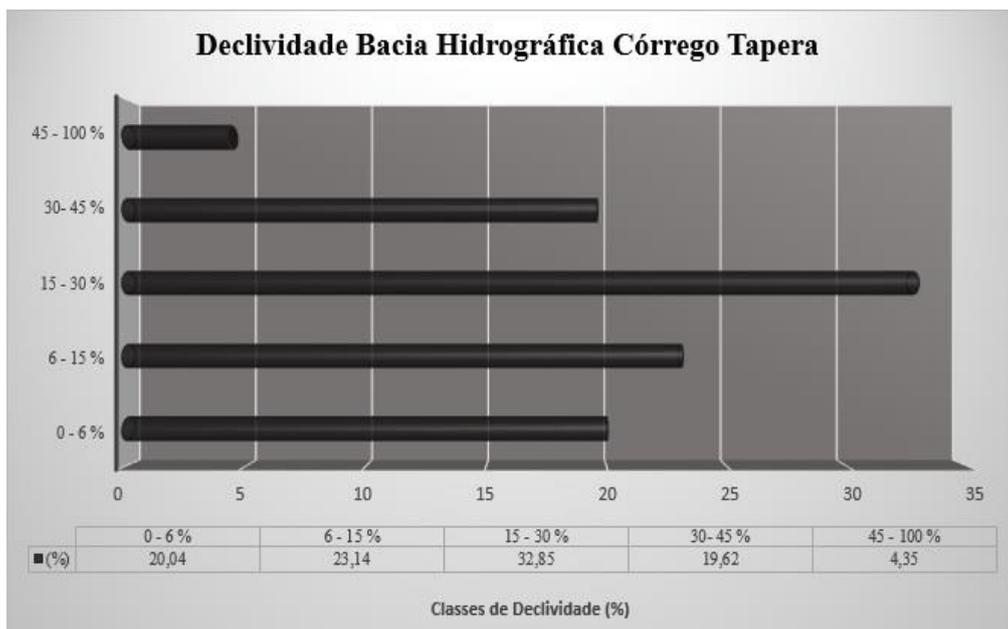


Figura 32: Gráfico e quadro demonstrando as classes hipsométricas na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.

Em uma correlação com os processos de escorregamentos já ocorridos nas áreas temos a presença destes majoritariamente nas áreas de declividade de 30 a 45% (ondulado) e 45 a 100% (forte-ondulado), como pode-se observar na figura abaixo representativa de dois pontos de escorregamentos no bairro Eldorado (Figura 33).

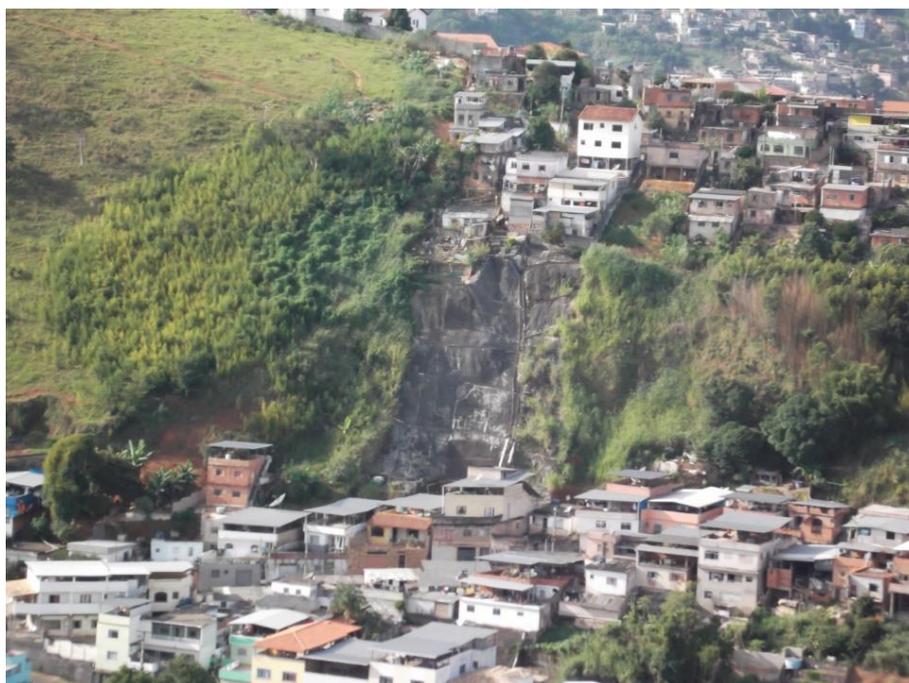


Figura 33: Dois pontos de escorregamentos no bairro Eldorado em área de relevo declivoso. Fonte: do autor, 2015.

A carta de declividade obtida conforme detalhamento metodológico indica a ocorrência de cinco classes (Figura 34).

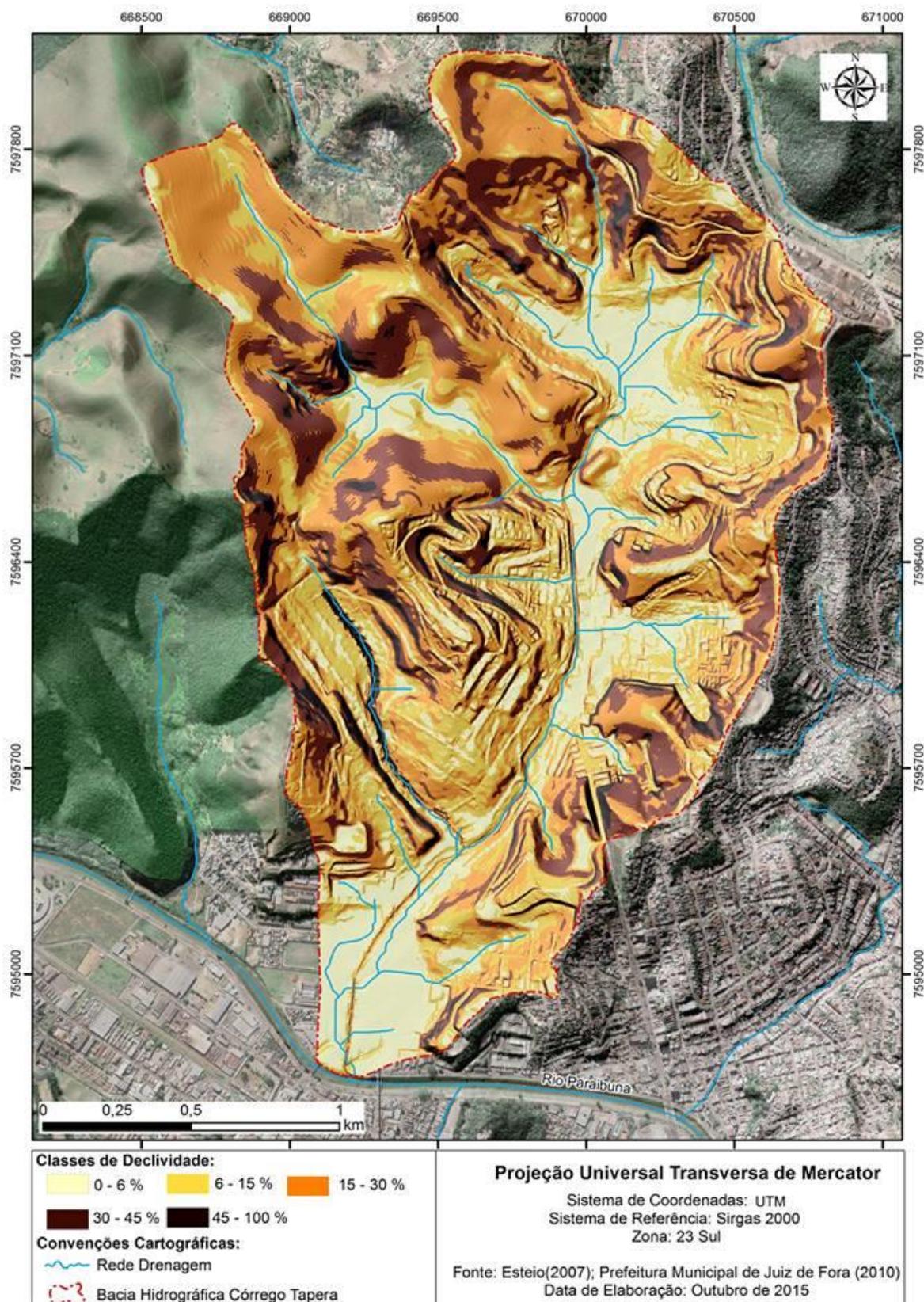


Figura 34: Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera e sua relação com escorregamentos ocorridos nas porções da bacia que apresentam declividade forte-ondulado.

6.1.7 - Uso, ocupação e cobertura da terra (1968)

A Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT) tem 5km² de extensão territorial sendo estes compreendidos entre as seguintes formas de uso e ocupação no ano de 1968: área edificada, área de cultivo, capoeira, curso d'água, floresta estacional semidecidual, gramíneas e solo exposto (figura 35).

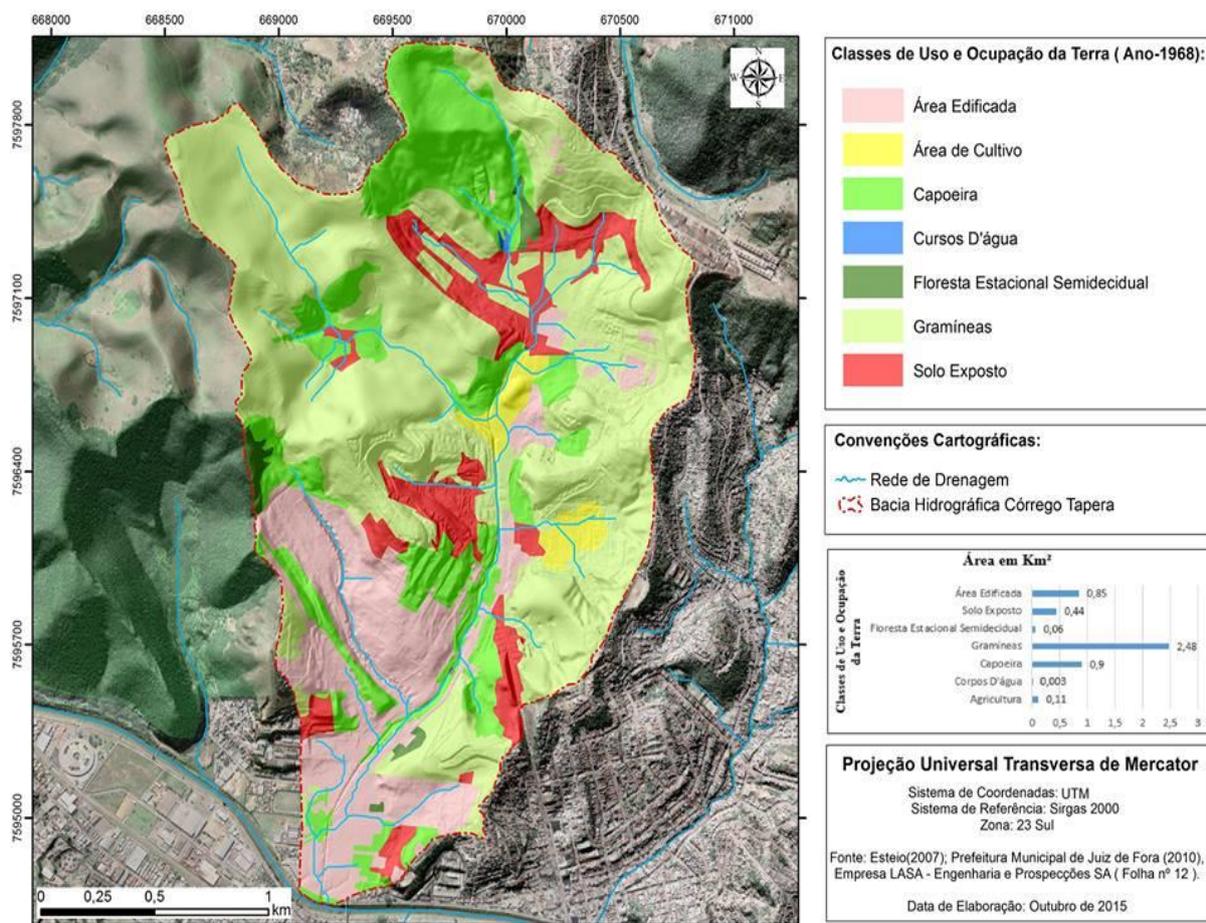


Figura 35: Figura representando o uso, ocupação e cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (1968).

No que se refere ao uso, ocupação e cobertura da terra de 1968, a BHCT é caracterizada por um percentual de 17,57% de áreas edificadas, sendo esta ocupação concentrada na porção sul e sudoeste.

A porção sul da BHCT compreende o bairro Santa Terezinha, ocupação mais antiga que está relacionada a morfologia predominante de planície e a questão da proximidade da área central de Juiz de Fora (aproximadamente 3 km do Parque Halfeld).

Já a porção sudoeste da BHCT compreende o bairro Eldorado que apresenta morfologia caracterizada por planícies e morros, porém com declividades variando entre 15 e 30%.

Outros destaques são os percentuais de gramíneas (51,75%) e de solo exposto (9,1%) nas porções centro-norte e leste da BHCT o que evidencia uma expansão urbana (área edificada) futura, o que se concretizou ao observarmos o mapa de uso, ocupação e cobertura da terra de 2007. Além da expansão das áreas edificadas, este percentual significativo de gramíneas e solo exposto tem relação com o declínio da economia cafeeira na zona da mata mineira. De forma inversamente proporcional temos um baixo percentual de Floresta Estacional Semidecidual (0,82%) e de capoeira (18,63%) corroborando a devastação promovida pela cultura cafeeira.

6.1.8 - Uso, ocupação e cobertura da terra (2007)

Já em 2007 o uso e ocupação nos 5 km² de área da bacia em estudo sofreu modificações sendo percebidas as seguintes classes: áreas edificadas, área de cultivo, gramíneas, vegetação mista (capoeira), floresta estacional semidecidual (vegetação Arbórea), solo exposto e cursos d'água (figura 36).

No que se refere ao uso, ocupação e cobertura da terra de 2007, a Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT) é caracterizada por uma ocupação bastante adensada, principalmente na sua porção centro-sul. A classe área edificada (47,34) é configurada por uma heterogeneidade entre assentamentos subnormais/precários, ou seja, ocupações inadequadas e até mesmo invasões, convivendo com moradias de médio e alto padrão.

Além do significativo percentual de área edificada na BHCT, cabe destacar a presença de 33,18% de vegetação rasteira (gramíneas) que sofrem pressão por parte da especulação imobiliária para fins de moradia e 5,44% de floresta estacional Semidecidual (vegetação arbórea) preservada devido à proximidade com a Mata do Krambeck, porém sem a devida proteção pela legislação vigente. Desta área, 291,9 hectares foram decretados Área de Proteção Ambiental (APA) em 1993, através da lei estadual nº 11.336, sendo o Instituto Estadual de Florestas o órgão responsável pela sua gestão.

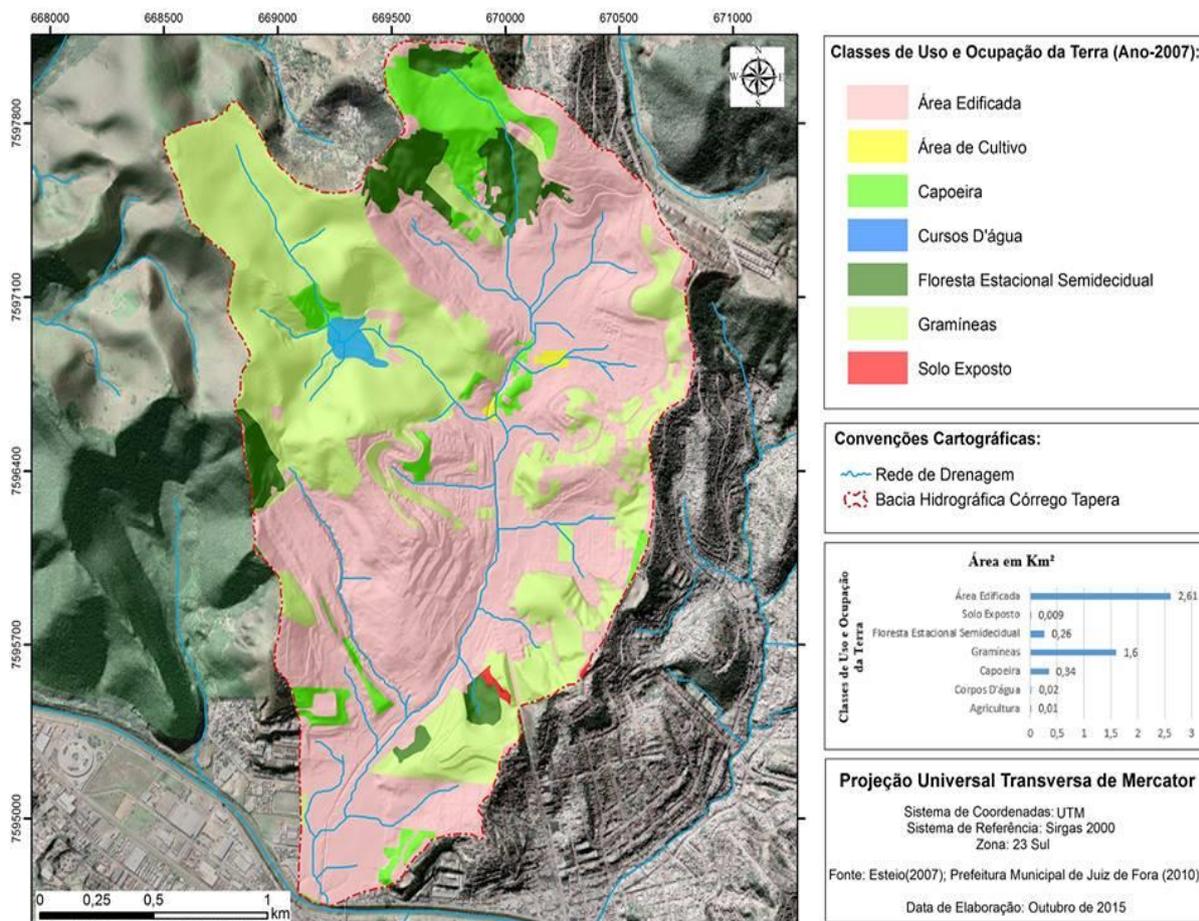


Figura 36: Figura representando o uso, ocupação e cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (2007).

Segundo Geertsema e Pojar (2014), o uso e ocupação da terra foi utilizado recentemente como fator predisponente em estudos de avaliação da susceptibilidade e é considerado um fator importante de instabilidade em áreas propensas aos escorregamentos, principalmente em áreas que evidenciam a presença de atividade humana, como os cortes nas encostas e supressão da vegetação arbórea em detrimento da vegetação rasteira. Este panorama vem ocorrendo na bacia hidrográfica do córrego Tapera como podemos verificar nas figuras a seguir (figuras 37 e 38).



Figura 147: Cortes de terreno e pontos de escorregamentos no bairro Quintas da Avenida. Fonte: do autor, 2015.



Figura 38: Cicatriz de escorregamento (pontilhado na cor amarela) no bairro Vale dos bandeirantes. Fonte: do autor, 2015.

6.1.9 – Análise comparativa do uso, ocupação e cobertura vegetal entre os anos de 1968 e 2007

Ao relacionarmos e analisarmos os resultados obtidos referentes ao uso, ocupação e cobertura da terra de 1968 e 2007 constatou-se que entre esses dois períodos, a área edificada da BHCT aumentou de 0,8 km² (17,57%) da área total da bacia hidrográfica para aproximadamente 2,36 km² (47,34%). Isso significa um aumento percentual de 270% em relação ao período anterior. Cabe destacar que a área edificada em 1968 é caracterizada por uma ocupação bastante concentrada na sua porção centro-sul, principalmente nas áreas de planície que correspondem ao bairro de Santa Terezinha, já no ano de 2007 observa-se um crescimento expressivo em direção à porção centro-norte e leste da BHCT, seguindo suas margens e seguindo em direção as encostas, com destaque para os bairros do Vale dos Bandeirantes, Vivendas da Serra, Bom Clima e Quintas da Avenida, áreas com declividades acentuadas, em geral maiores que 45% (forte-ondulado) e com morfologia de morros e morrotes.

Outro ponto de destaque foi à diminuição expressiva das áreas de solo exposto, gramíneas e áreas de cultivo que deram lugar as áreas edificadas. No caso do solo exposto que em 1968 correspondia a 9,10% e estava associado à exaustão do solo devido a prática do cultivo de café na área, já em 2007 verificou-se apenas 0,12% que estão relacionados a consolidação dos loteamentos regulares em fase de implantação na década de 1980, época em que segundo o plano diretor municipal começou a acontecer a horizontalização da periferia, assim como as áreas de gramíneas que em 1968 correspondiam a 51,75% e em 2007 diminuíram para 33,18%.

Por outro lado, os percentuais de Floresta Estacional Semidecidual e Capoeira aumentaram entre os anos de 1968 e 2007, a explicação para tal panorama reside no fato da proximidade das florestas e vegetação mista da BHCT com a Área de Preservação Permanente da Mata do Krambeck, criada em 1993, através da lei estadual nº 11.336, estando sua gestão atualmente vinculada a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Outros pontos de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Mista (Capoeira) estão situados ao norte da BHCT, mais precisamente na encosta que divide os bairros Bandeirantes e Parque Guarani, sendo observado que neste ponto as declividades acentuadas das encostas foram um fator preponderante para

aumento da cobertura vegetal nessas três décadas e fator limitador para a ocupação (áreas edificadas).

A figura abaixo (figura 39) busca, de forma resumida e comparativa, a partir de gráfico e quadro, demonstrar a evolução das classes e a evolução temporal (1968 e 2007) do uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.

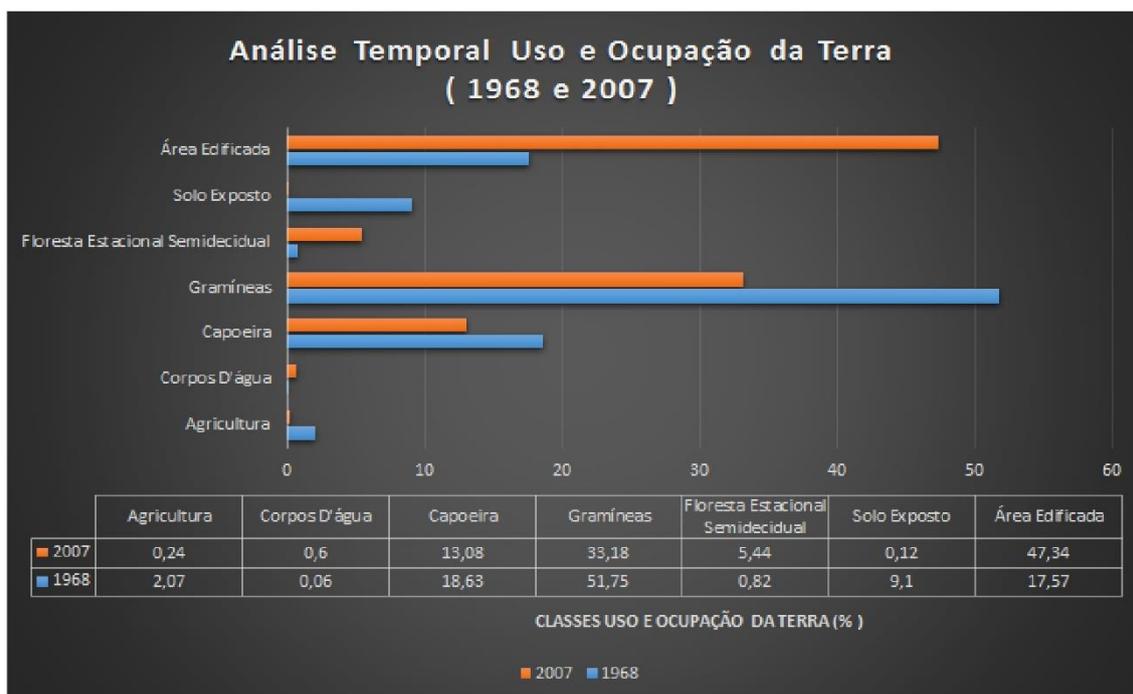


Figura 39: Gráfico e quadro demonstrando as classes e a evolução temporal (1968 e 2007) do uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera, Juiz de Fora – MG.

6.1.10 – A Legislação para “uso e ocupação do solo”

Na área onde está situada a BHCT, apenas o item IV – que se refere ao parcelamento do solo em áreas com declividade acima de 30%, está em discordância da lei vigente (BRASIL, 1979; JUIZ DE FORA, 1986). Portanto, em virtude desses aspectos, foram feitos os mapeamentos de uso e ocupação da terra, a fim de identificar a evolução da ocupação da área urbana (classe área edificada) em áreas com declividade acima de 30%.

Os resultados obtidos encontram-se nas figuras 40 e 41. Os mapas de uso e ocupação da terra foram combinados com os dados de declividade através da sobreposição da classe área edificada, isso foi feito com o objetivo de se visualizar

melhor a expansão das áreas urbanas e identificar as áreas que estão em concordância (ou não) com as legislações apresentadas anteriormente.

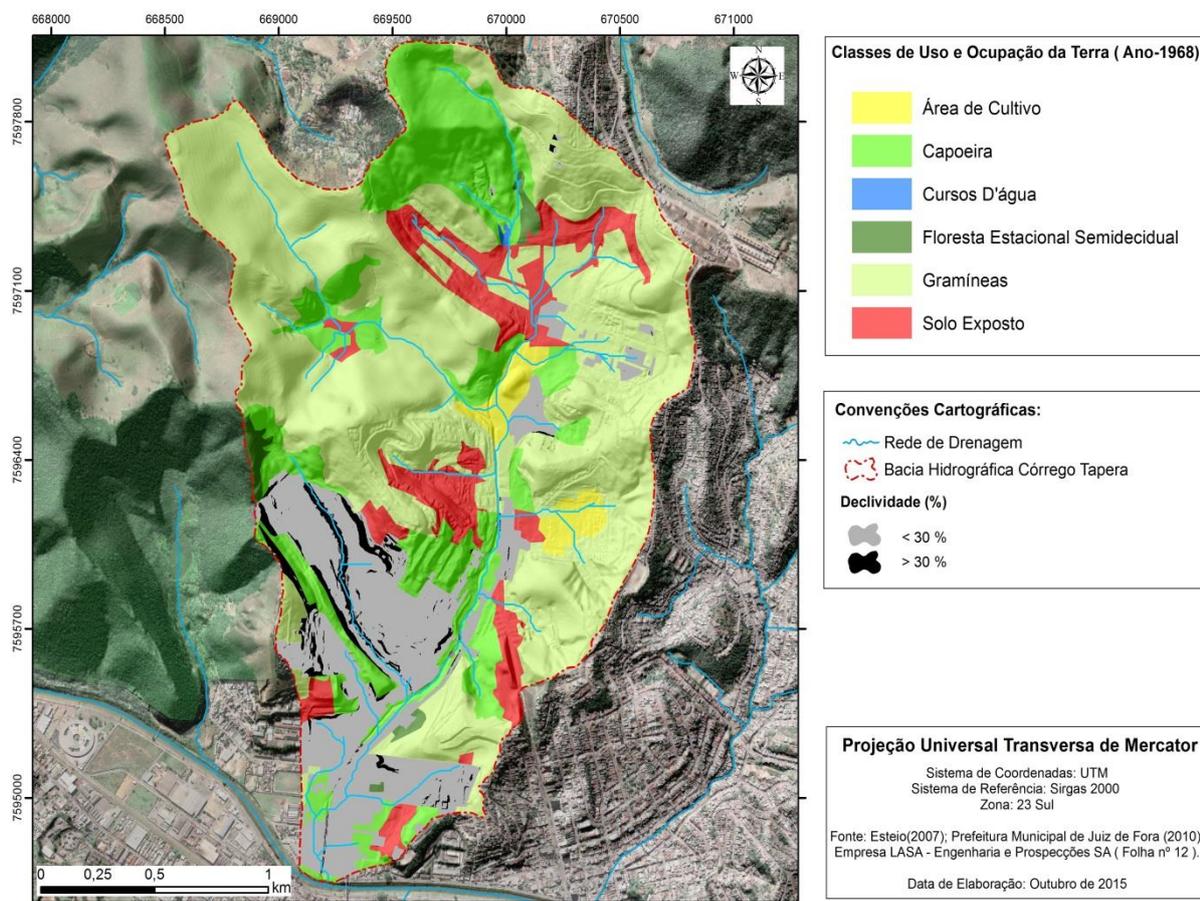


Figura 40: Classificação de uso e ocupação da terra para o ano de 1968. Para melhor visualização foram sobrepostas, ao mapa, as classes de declividade de uso e ocupação permitidos pela legislação (cinza claro) e aquelas proibidas pela mesma (preto).

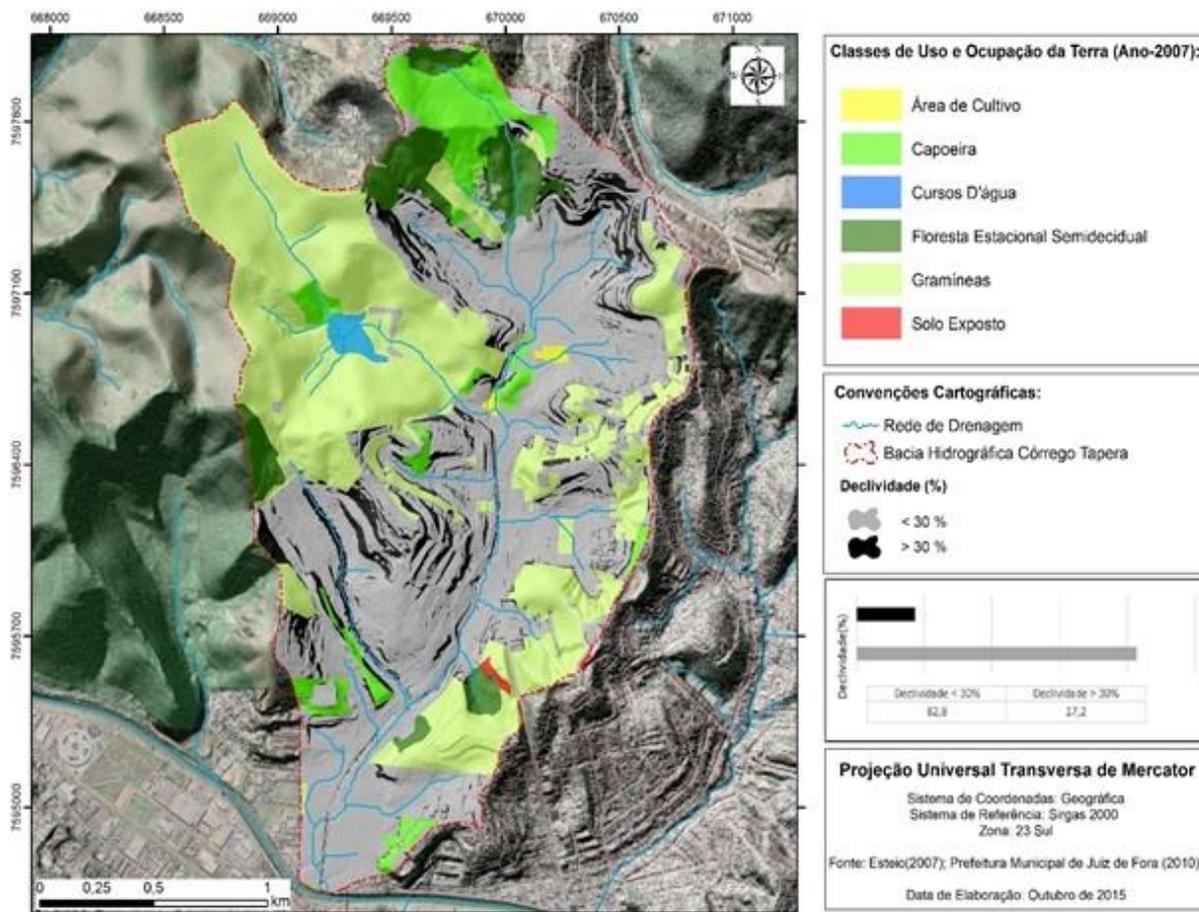


Figura 41: Classificação de uso e ocupação da terra para o ano de 2007. Para melhor visualização foram sobrepostas, ao mapa, as classes de declividade de uso e ocupação permitidos pela legislação (cinza claro) e aquelas proibidas pela mesma (preto).

Portanto, os mapeamentos feitos mostram que no período de 1968 a 2007, a área edificada (urbanizada) da BHCT aumentou de 0,8 km² para aproximadamente 2,36 km², isso significa um aumento percentual de 270% em relação ao período anterior.

No que rege as classes abarcadas pela legislação (BRASIL, op. cit.; JUIZ DE FORA, op. cit.), no intervalo que abrange as áreas com declividade de 0 – 30% (passíveis de ocupação) houve uma diminuição percentual de áreas edificadas de quase 9% (88,97% em 1968 para 82,08% em 2007), isso ocorreu devido ao aumento de áreas edificadas em porções da BHCT com declividade superior à 30% (não passíveis de ocupação), chegando a aproximadamente 60% de aumento de áreas construídas (de 11,03% em 1968, para 17,02% em 2007).

Como se pode verificar nos mapas mostrados anteriormente, o crescimento da área edificada se direcionou, em grande parte, para as áreas de relevos mais acentuados (morros e morrotes), o que põe em risco a vida das pessoas que moram

nessas áreas, pois a ocorrência de escorregamentos é concentrada nesses locais, podendo provocar perdas econômicas e de vidas.

As áreas com declividade inferior à 30% se deram em maior parte na planície aluvial do canal principal da BHCT e em algumas encostas menos declivosas, ou seja, uma parte das ocupações dessa área são muito próximas ao leito do canal do córrego (figura 42).



Figura 42: Área edificada da BHCT apontando a grande ocupação das áreas de planície (área de ocupação mais antiga) e posteriormente a ocupação em direção às encostas e parte dos topos dos morros (área de ocupação mais recente).

O declive de 30% (aproximadamente 17°) é muito próximo daqueles em que ocorrem os escorregamentos. Segundo IBGE (2009), estes processos ocorrem em locais de litologia friável e/ou camadas superpostas ou justapostas de diferentes graus de coesão, com espesso manto de intemperismo e situados em relevo com declividades acima de 20° . Portanto, o ponto de inflexão da encosta pode ser considerado o limite entre a morfogênese e pedogênese (meio intergrades) no sistema bacia hidrográfica, que nesse caso pode ser considerado o ângulo de atrito para a ocorrência de escorregamentos (TRICART, 1977).

Nesse sentido, é possível compreender porque a legislação coloca o patamar de 30% como o limite para ocupação e parcelamento do solo urbano. Isso porque visa prevenir os desastres associados aos processos de encosta. Porém, é notório como

que no caso da BHCT, o processo de ocupação aumentou mais em direção às áreas que não são favoráveis ao uso urbano.

Portanto, foi possível visualizar como que o processo acelerado da urbanização se direcionou, em uma parcela significativa, as áreas não favoráveis a ocupação na BHCT. As legislações (nacional e municipal) colocam pontos importantes no que tange a essa ocupação (limita o declive de ocupação, dentre outros fatores destacados ao longo do texto), e é evidente que os órgãos municipais tentam controlar e impedir que tais locais sejam habitados, porém a ocupação se dá de uma maneira muito mais veloz, ou seja, a produção do espaço urbano muda a dinâmica e o equilíbrio das planícies e vertentes, potencializando e acelerando processos naturais que pode causar prejuízos e danos às pessoas que ali estão inseridas.

6.2 – ASSINATURA AMBIENTAL

Após a realização do inventário ambiental da BHCT foram feitas as assinaturas ambientais dos oito planos de informação associado ao mapa de cicatrizes de escorregamentos. Segundo Zaidan (2002), as assinaturas ambientais compõem uma consulta à Base de Dados Geocodificados para se adquirir conhecimentos dos demais atributos de ocorrência sobre um determinado fenômeno, ou condicionante, registrado em campo. No caso do presente trabalho o objetivo das assinaturas é de adquirir conhecimento acerca das áreas onde aconteceram escorregamentos na BHCT.

Assim como o inventário ambiental apoiou, através da Base de Dados Geocodificados, as assinaturas ambientais, as mesmas, por sua vez, dão suporte aos procedimentos de avaliação ambiental.

6.2.1 – Análise do mapeamento das cicatrizes de escorregamento

Na interpretação visual das imagens correspondentes ao levantamento aerofotogramétrico de 2007 e das cartas topográficas foram identificadas 15 cicatrizes e nos trabalhos de campo foram observadas mais 21 cicatrizes de escorregamentos, totalizando 36 cicatrizes identificáveis na BHCT, como podemos observar na figura 43.

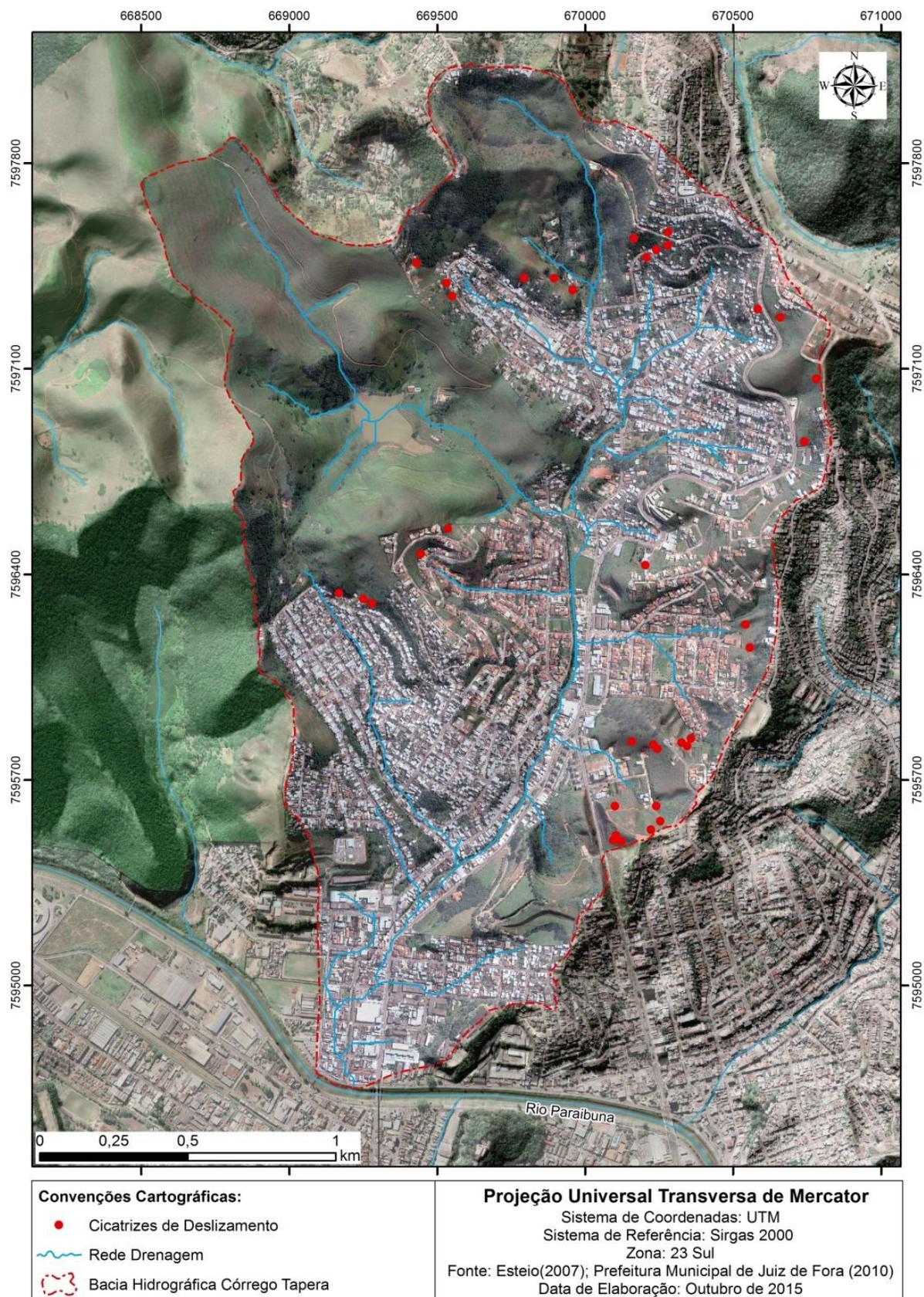


Figura 43: Figura representando a distribuição das cicatrizes de escorregamento na BHCT.

Correlacionando-se as cicatrizes com a litologia da BHCT, observou-se que tanto o maior número absoluto de cicatrizes quanto a maior densidade (em função da área) da mesma, está presente na unidade sillimanita – granada – biotita gnaiss com 20 cicatrizes de escorregamentos (55,55%), seguidas de 11 ocorrências na unidade hornoblenda – biotita ortognaiss (30,55%) como se pode observar no quadro 8.

Uma possível explicação pode estar associada ao fato das áreas de ambas as unidades serem compostas por rochas metamórficas, com predominância para a ocorrência de gnaisses (94% da área) e distribuídas na área de estudos sob domínio das rochas da Megassequência Andrelândia e do Complexo Mantiqueira. O grau de metamorfismo juntamente com o alto grau de declive proporciona um contato solo-rocha abrupto nas vertentes, facilitando o deslocamento dos materiais ali presentes.

Cabe ressaltar que o gnaiss é formado por mais de 20% de feldspato (grau de dureza 6 na escala de Mohs), além de apresentar em sua composição plagioclásio (dureza 5), quartzo (dureza 7) e biotita (dureza 2) e como já foi mencionado está presente em praticamente toda a área da BHCT.

Como exemplo prático, temos a porção sudeste da BHCT, entre o bairro Quintas da Avenida e o acesso da garganta do Dilermando, onde foi identificada em campo a presença de quartzito sotoposto ao gnaiss em vários pontos da vertente, local este com maior número de cicatrizes de escorregamento por m² na BHCT.

Além disso, as informações sobre a litologia local podem ser complementadas com a identificação de falhas e planos de fratura que serão apresentadas no próximo tópico do trabalho. No entanto, certamente esse é um fator condicionante de grande importância nos movimentos gravitacionais. Diretamente ele age sobre a estrutura e equilíbrio da encosta e indiretamente dando origem a tipos de solos com pré-disposição ou não a escorregamentos.

Geologia	Intercalações de quartzito impuro.	Biotita gnaiss bandado.	Hornblenda-biotita ortognaiss (Sillimanita)-granada-biotita gnaiss.
	2	3	11
%	5,55	8,35	30,55

Quadro 8: litologia x cicatrizes de escorregamentos.

Também foi calculada a relação entre estes escorregamentos e os lineamentos estruturais com suas respectivas orientações das vertentes (Quadro 9). Observou-se,

através do mapa de cicatrizes uma forte tendência nos escorregamentos para as vertentes a norte (N) e a sudeste (SE) da BHCT.

Através das análises de campo referentes às direções dos lineamentos, estas indicam uma direção preferencial das fraturas geológicas, nordeste (NE) – sudoeste (SW). Os cruzamentos destas estruturas são evidentes indicando os locais como de potencial para ocorrência de escorregamentos. Já a direção do mergulho do acamamento coincide na maior parte das vezes analisadas com a direção das encostas.

Lineamentos	50m	100m	150m	Fora da área
	9	13	14	11
%	19,14	27,68	29,78	23,4

Quadro 9: Lineamentos estruturais x cicatrizes de escorregamentos.

Também foi calculada a relação entre estas cicatrizes de escorregamentos e os tipos de solos.

Na BHCT há um predomínio de cicatrizes de escorregamento (20 ocorrências) em área de cambissolos correspondendo a 55,55%, secundariamente foram observadas 10 ocorrências (27,77%) em solos descritos neste trabalho como associação latossolo-cambissolo, e por último os latossolos com 16,68% de cobertura, com apenas 6 ocorrências mapeadas (Quadro 10).

Cabe ressaltar que as áreas mapeadas como cambissolos são cinco vezes menores que as áreas mapeadas como latossolo, o que confere maior importância à relação entre as cicatrizes de escorregamento e a classe cambissolo.

A cobertura pedológica da área de estudo apresenta-se fortemente condicionada pela compartimentação do relevo. Nas áreas de encosta com altas declividades há intensa ocorrência de cambissolos e pontualmente neossolos litólicos. Desta forma, o elevado número de segmentos de cicatrizes em cambissolos pode estar associado à posição ocupada por esse tipo de solo nas vertentes.

Segundo Lepsch (2002), as áreas com declives mais acentuados são formadas por Cambissolos e Neossolos, pois em regiões serranas há pouco desenvolvimento dos solos.

Além disso, a coesão de cada tipo de solo é uma variável importante e apresenta uma relação estreita com o risco a escorregamento, logo, segundo o sistema

de classificação granulométrica adotado no Brasil, estabelecido na NBR 6502 (ABNT, 1995) e as principais características de cada grupo temos o solo argiloso possuindo uma forte coesão, sem estabilidade volumétrica, expande na presença da água; apresenta propriedades físicas e químicas bastante variadas segundo sua origem; já o solo arenoso apresenta como principal características a falta de coesão, assim como o silte.

Desta forma, podemos associar o maior número de cicatrizes de escorregamento nas áreas de cambissolo do que na de latossolo devido ao maior percentual de areia e silte presente nos cambissolos da BHCT.

Solos	Cambissolo	Latossolo	Latossolo-Cambissolo
	20	6	10
%	55,55	16,68	27,77

Quadro 10: Solos x cicatrizes de escorregamentos.

Na correlação entre as cicatrizes identificadas na BHCT e o grau de declividade, foi observada uma maior incidência de escorregamentos entre os gradientes maiores que 45% de declividade, contabilizando 16 cicatrizes (44,45%) como se pode observar no quadro 11.

Cabe ressaltar que se somarmos as cicatrizes entre 30% e 45% (9 ocorrências) e as cicatrizes entre 45 e 100% (16 ocorrências) temos um total de 25 ocorrências em uma área de apenas 371 m² de um total de 5 km² da BHCT. Além disso, foi observado que essas 25 ocorrências se deram em áreas onde o uso e ocupação era de formação de gramíneas ou solo exposto, o que reforça a ideia da cobertura vegetal, principalmente através de formações arbóreas e arbustivas, na contenção de vertentes com declive acentuado.

Fernandes et. al. (2001) afirmam que a maioria dos escorregamentos ocorre em encostas entre 40% e 100% de declividade. Os autores argumentam que em encostas com mais de 100% (45°) não há acúmulo significativo de material, por isso é baixa a ocorrência de registros nessas classes de declividade.

Pode-se ainda afirmar que os segmentos das classes com declividade menor que 15%, no qual não foram registradas ocorrências de cicatrizes, correspondem, na

grande maioria, por depósitos de material transportado de áreas mais declivosas, constituindo a unidade morfológica da planície alúvio coluvionar e rampas de colúvio.

Declividade	15-30%	30-45%	45-100%
	11	9	16
%	30,55	25	44,45

Quadro 11: Declividade x cicatrizes de escorregamentos.

A relação da morfologia com as cicatrizes de escorregamentos foi equilibrada (em números absolutos), bem próximo da relação 1 para 1, não demonstrando nenhuma tendência de um número maior de cicatrizes para nenhuma das duas formas de relevo, ou seja, morros (20 ocorrências) e morrotes (16 ocorrências), como se pode observar no quadro 12.

Morfologia	Morros	Morrotes
	20	16
%	55,55	44,45

Quadro 12: Morfologia x cicatrizes de escorregamentos.

Porém, se formos relativizar o número de cicatrizes pelas áreas que elas ocupam na BHCT, chega-se à conclusão que as 16 ocorrências na extensão de morrotes estão em uma área três vezes menor do que as 20 ocorrências de cicatrizes em área de morros, ou seja, há uma maior densidade de ocorrências por m² nas áreas de morrotes.

Uma possível explicação para tal fato pode estar correlacionado ao relevo na área de estudo, pois este se apresenta médio a bastante dissecado, com presença de vertentes íngremes nas unidades fisiográficas que constituem os modelados de dissecção morros e morrotes.

Cabe destacar, que nos modelados de acumulação planície alúvio coluvionar e nas rampas de colúvio não foi observado e registrado nenhuma ocorrência de cicatrizes de escorregamento.

Já a relação das formas de relevo em sua curvatura vertical (formas côncavo, convexa e plana) e as cicatrizes de escorregamentos não são tão uniformes, demonstrando uma tendência de um número maior de cicatrizes nas vertentes côncavas da BHCT, totalizando 20 escorregamentos (57%), secundariamente temos a presença de 12 cicatrizes (31,5%) de escorregamento em vertentes convexas, seguidas de 4 ocorrências (11,5%) em vertentes planas (Quadro 13).

FORMA	CICATRIZES DE ESCORREGAMENTO	%
CÔNCAVO	20	57
CONVEXO	12	31,5
PLANO	4	11,5

Quadro 13: Forma de relevo x cicatrizes de escorregamentos.

6.3 – AVALIAÇÃO AMBIENTAL

6.3.1 - Avaliação Ambiental Direta

O resultado da Avaliação Ambiental Direta de Probabilidade de Ocorrência a escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT) está representado através de um cartograma classificatório com 5 classes em sua legenda, como nos mostram as figuras 44 e 45.

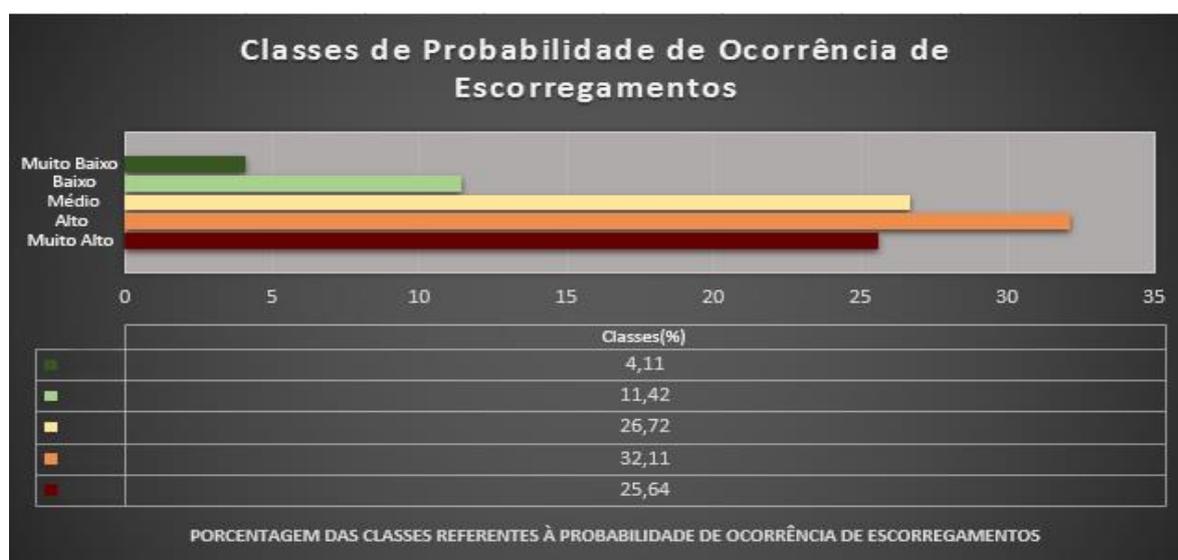


Figura 44: Percentual de ocorrência das classes obtidas na Avaliação Ambiental de Probabilidade de Ocorrência a escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (BHCT).

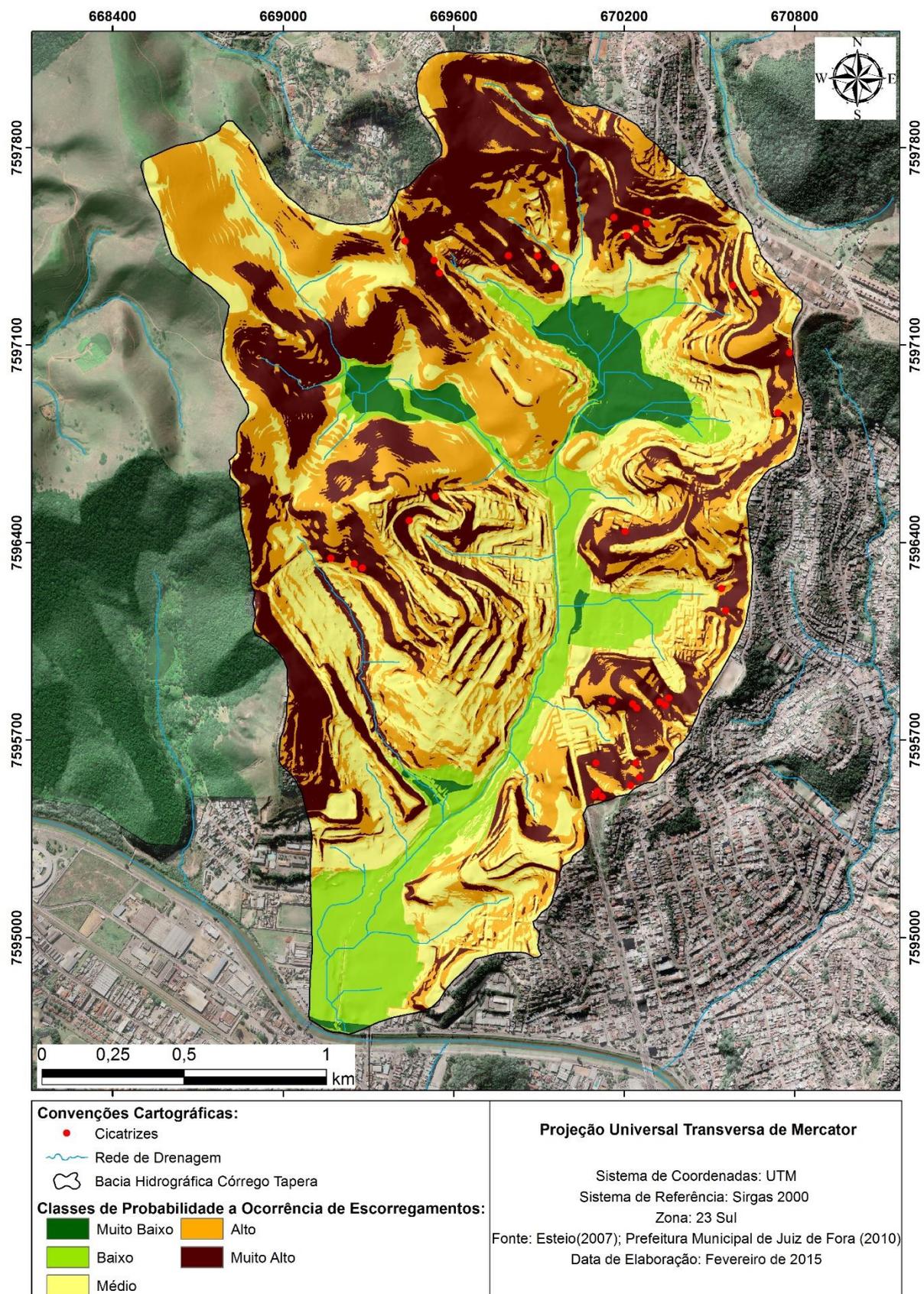


Figura 45: Mapa de probabilidade a ocorrência de escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera com a localização de cicatrizes coletadas em campo.

Identificou-se que as áreas com maiores níveis de probabilidade de ocorrência a escorregamentos, ou seja, classe muito alta estavam contidas na porção leste, sudeste e norte da BHCT, representando 25,64% da área. Estas áreas são caracterizadas através de maiores valores de declividade (acima de 30%), morfologia das vertentes (morros e morrotes), profundidade e coesão do solo, proximidades de lineamentos estruturais e litologia o que identificou a importância destes aspectos no resultado da análise de probabilidade.

Dos parâmetros citados acima, a declividade influenciou de forma decisiva no resultado da análise e representação das áreas com probabilidade a ocorrência de escorregamentos. As áreas com maiores níveis de probabilidade de ocorrência foram as áreas onde ocorreram maiores graus de declividade. Estas áreas foram encontradas principalmente na porção norte, leste e sudeste da BHCT.

Já o tipo de solo apresenta função importante na maior recorrência deste nível de probabilidade nestas três regiões da BHCT. Os Cambissolos e por vezes os Latossolos são solos na região com altas taxas de coesão, principalmente nos horizontes A e B, quando secos. Porém, quando úmidos, diminuem a coesão isto significa que as possíveis cicatrizes de escorregamentos desta região seriam ocasionadas principalmente quando o solo ultrapassou seu limite de saturação, aumentando o peso do solo e, conseqüentemente, a força da gravidade superaria a resistência ao cisalhamento, principalmente quando consorciada a áreas declivosas, como são as classes de declividade que caracterizam as porções norte, leste e sudeste da BHCT.

Como forma de validar as informações obtidas, pode-se observar no mapa de probabilidade a ocorrência de 32 cicatrizes de escorregamentos inseridas na classe de probabilidade muito alta.

Já a classe de probabilidade alta está concentrada nas porções nordeste, noroeste e oeste da BHCT, correspondendo a 32,11% da área total da bacia, sendo esta a de maior abrangência. Cabe ressaltar que 4 ocorrências de cicatrizes foram identificadas nesta classe, porém este número poderia e possivelmente seria maior, pois as características físicas das classes alta e muito alta são parecidas e grande parte das áreas de alta probabilidade de escorregamento estão vinculadas a áreas extremamente urbanizadas da BHCT e/ou estão presente em uma propriedade particular (fazenda a noroeste da BHCT), localizada no bairro Bandeirantes, onde não foi autorizada a entrada do grupo de pesquisa, logo não foi possível mapear as cicatrizes de escorregamentos que porventura estivessem presentes na área.

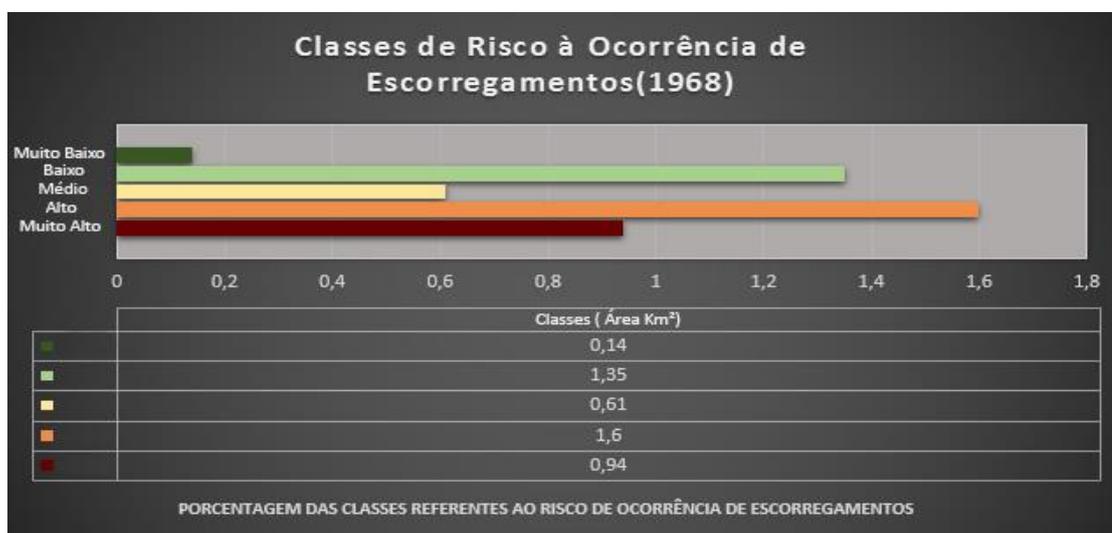
A classe de média probabilidade está distribuída ao longo de toda a BHCT, principalmente nas médias vertentes correspondendo a 26,72% da área total da bacia, sendo esta a de segunda maior abrangência. Nesta classe não foi identificada nenhuma ocorrência de cicatriz de escorregamento, pela mesma ter sua superfície essencialmente ocupada por moradias e/ou estabelecimentos. Desta forma, algumas cicatrizes poderiam ter sido omitidas com a presença das ocupações.

As áreas caracterizadas como áreas de baixa e muito baixa probabilidade, correspondendo ao nível menos recorrente da bacia, correspondem a 15,53% da área total e nenhuma ocorrência de cicatriz de escorregamento estão condicionados e/ou caracterizados a inúmeros fatores, entre eles:

- aos modelados de acumulação de sedimentos, com morfologia de planície;
- declividades suaves entre 0 e 15%, baixa angulação;
- solos predominantes do tipo neossolo flúvico, gleissolo e latossolos de baixa vertente resultantes do intemperismo químico do gnaisse (litologia típica da área) e da erosão do próprio latossolo em alta e média vertente, transportado para a baixa vertente;

6.3.2 – Avaliação Complexa

O resultado da Avaliação Complexa de Risco a Escorregamento na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (1968) está representado através de dois cartogramas classificatórios com 5 classes em suas legendas, como nos mostra a quadro 14 e a figura 46.



Quadro 14: relação entre as classes de risco, porcentagem e área (1968).

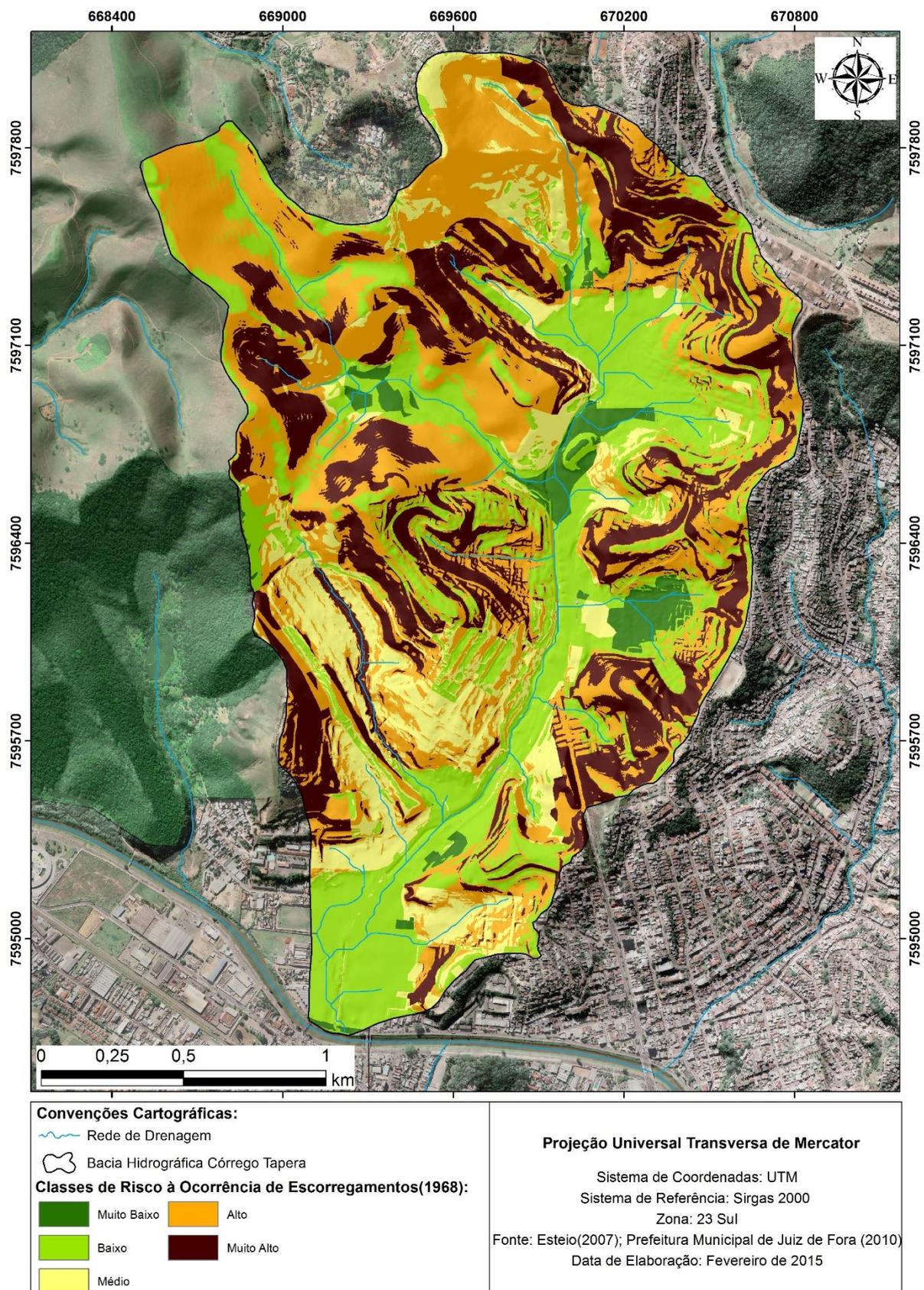


Figura 46: Mapa de risco a escorregamentos na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (1968).

Através do mapa de risco a escorregamento da BHCT do ano de 1968, podemos identificar e caracterizar as seguintes classes representativas dos níveis de risco:

- **MUITO ALTO:** esta classe está presente em 19,20% da área total da BHCT, o que corresponde a 0,94 Km², ou seja, mais de um quinto da bacia apresentou o maior grau de risco entre os 5 níveis elencados.

Esta classe está distribuída por toda a bacia, contudo concentrada especialmente na porção norte (bairro Parque Guarani, Bandeirantes e Vivendas da Serra) e porção leste (bairro Quintas da Avenida).

Comparando com o mapa de uso, ocupação e cobertura vegetal de 1968, pode-se identificar a presença em maior parte de gramíneas e solo exposto nessas áreas o que valida a classe risco muito alta, por serem fatores predisponentes para tal processo.

- **ALTO:** esta classe está presente em 36,29% da área total da BHCT, o que corresponde a 1,6 Km², ou seja, quase metade da área da bacia apresentou o segundo maior grau de risco entre os 5 níveis elencados.

Esta classe está concentrada principalmente nas áreas da margem direita do córrego Tapera, estando presente nos bairros Bom Clima, Bandeirantes, Eldorado, Nossa Senhora das Graças e Vista Alegre).

Comparando com o mapa de uso, ocupação e cobertura vegetal de 1968, pode-se identificar a presença em maior parte de gramíneas, solo exposto, área edificada e em menor participação capoeira nessas áreas o que valida a classe risco alta, por serem fatores predisponentes para tal processo.

- **MÉDIO:** esta classe está presente em 12,51% da área total da BHCT, o que corresponde a 0,61 Km², ou seja, mais de um quarto da bacia apresentou esta classe de risco.

Comparando com o mapa de uso, ocupação e cobertura vegetal de 1968, pode-se identificar a presença em maior parte de Floresta Estacional semidecidual, capoeira e área edificada nessas áreas.

Cabe ressaltar que as classes média, alta e muito alta juntas correspondem a mais de 91% das áreas de risco a escorregamento no ano de 1968, aproximadamente 4,5km² de um total de 5km².

- **BAIXO:** esta classe está presente em 29,02% da área total da BHCT, o que corresponde a apenas 1,35 Km².

Esta classe está distribuída por quase toda planície aluvial do córrego Tapera e canais de drenagem afluentes do córrego, com destaque para os bairros de Santa Terezinha e parte baixa do bairro Bandeirantes, o que valida a classe risco baixo, por serem áreas sem características específicas para tal processo.

Comparando com o mapa de uso, ocupação e cobertura vegetal de 1968, pode-se identificar a presença em maior parte de áreas edificadas (altamente concentrada), capoeiras e fragmentos de floresta estacional semidecidual nessas áreas.

- **MUITO BAIXO:** esta classe está presente em irrisórios 2,98% da área total da BHCT, o que corresponde a apenas 0,14 Km².

Os pequenos fragmentos da classe de risco muito baixo identificados nos mapas estão presentes em área de planície aluvial do córrego Tapera e canais de drenagem afluentes do córrego, pontualmente em parte dos bairros Bom Clima e Quinta da Avenida, nas partes baixas de ambos os bairros.

Comparando com o mapa de uso, ocupação e cobertura vegetal de 1968, pode-se identificar a presença de áreas de cultivos diversos (em geral hortaliças e leguminosas) nessas áreas, o que valida a classe risco baixo, por serem áreas sem características específicas para tal processo.

Já o resultado da Avaliação Complexa de Risco a Escorregamento na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera (2007) com a localização das cicatrizes coletadas em campo está representado através de dois cartogramas classificatórios com 5 classes em suas legendas, como nos mostra a quadro 15 e a figura 47.



Quadro 15: relação entre as classes de risco, porcentagem e área (2007).

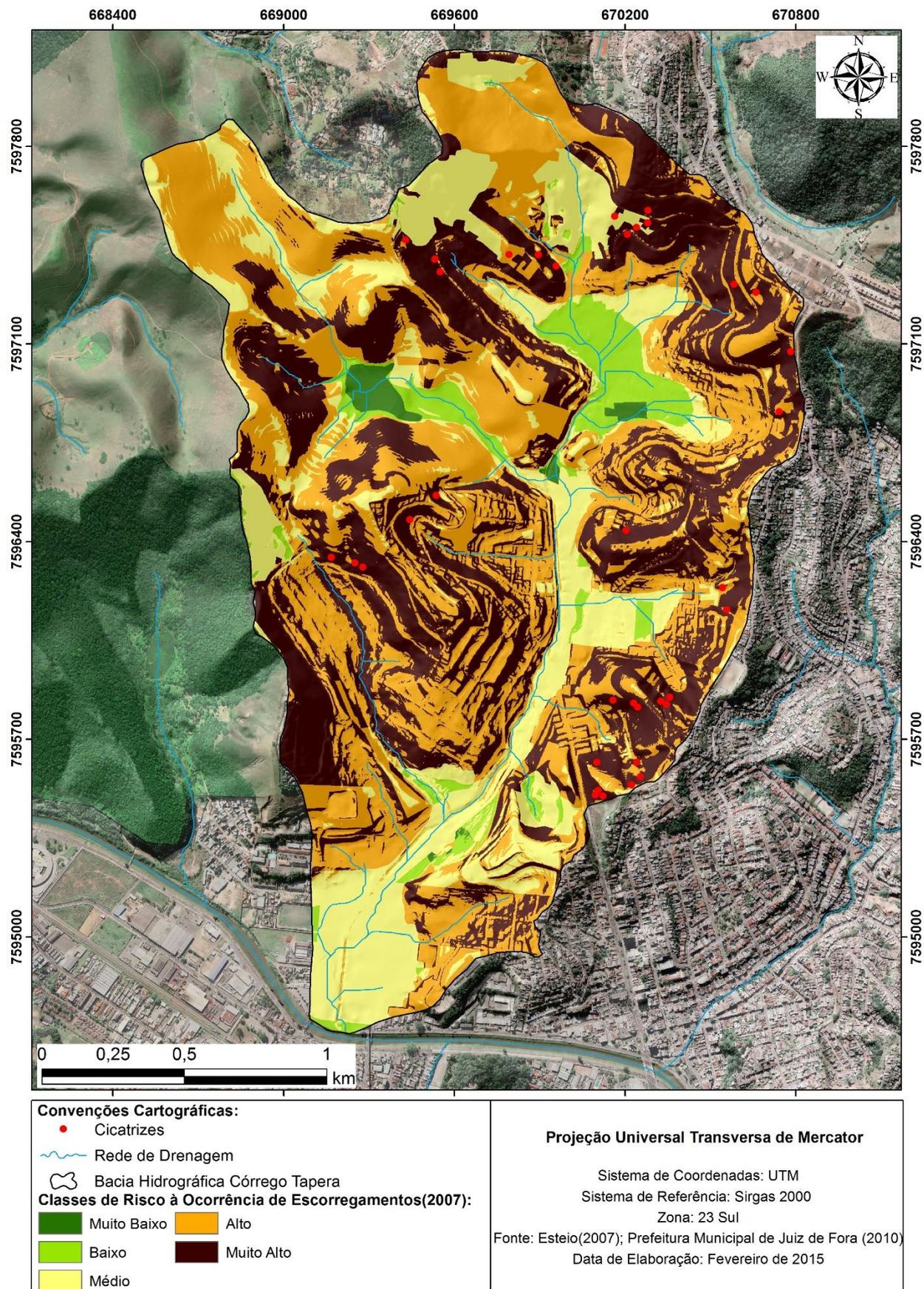


Figura 4157: Mapa de risco a escorregamentos na Bacia Hidrográfico do Córrego Tapera (2007) com a localização de cicatrizes coletadas em campo.

Através do mapa de risco a escorregamento da BHCT do ano de 2007, podemos identificar e caracterizar as seguintes classes representativas dos níveis de risco:

- **MUITO ALTO:** esta classe está presente em 36,55% da área total da BHCT, o que corresponde a 1,66 Km², ou seja, mais de um quarto da bacia apresentou o maior grau de risco entre os 5 níveis elencados. Se comparado ao mapa de risco de 1968 houve pequeno aumento dessa classe de risco, porém se levarmos em conta que já em 1968 o percentual da mesma era elevado, o quadro atual fica ainda mais alarmante, principalmente se adicionarmos ao mapa de 2007 as 34 cicatrizes de escorregamentos identificadas nessas áreas, de um total de 36 mapeadas em toda a BHCT.

Tanto esta classe de risco quanto as 34 cicatrizes mapeadas estão distribuídas por toda a BHCT, em especial nas áreas de do terço médio e superior das vertentes, contudo concentrada especialmente na porção norte (bairro Parque Guarani, Bandeirantes), porção leste (bairro Quintas da Avenida) e em menor número localizadas na porção nordeste (bairro Vivendas da Serra) e oeste (bairro Eldorado).

Comparando com o mapa de uso, ocupação e cobertura vegetal de 2007, pode-se identificar a presença em maior parte de áreas edificadas e gramíneas, além de pequenos fragmentos de solo exposto nessas áreas o que valida a classe risco muito alta, por serem fatores predisponentes para tal processo.

Os setores de risco muito alto tiveram como característica a alta densidade demográfica; a topografia acidentada, da textura do solo mais susceptível ao escorregamento; e os fatores ambientais mais vulneráveis.

Além disso, as evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamentos, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Desta forma, estas áreas caracterizam-se por obter as condições mais críticas ao risco. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e/ou prolongadas

As áreas de riscos no bairro Bandeirantes são caracterizadas por habitações na média encosta e no topo da mesma. Nos trabalhos de campo foram identificadas que algumas habitações continuam sendo implantadas ao longo da encosta íngreme,

de forma desordenada e sem infraestrutura.

Já no bairro Quintas da Avenida foram identificadas habitações já construídas e muitas em construção também ao longo de toda encosta, porém com um padrão diferenciado, característico de população de classe média, além da presença de vias pavimentadas com paralelepípedo ou asfalto com atendimento de transporte coletivo.

- **ALTO:** esta classe está presente em 38,87% da área total da BHCT, o que corresponde a 1,87 Km², ou seja, quase metade da bacia apresentou o segundo maior grau de risco entre os 5 níveis elencados. Se comparado ao mapa de risco de 1968 houve avanço dessa classe de risco, tanto em percentual, quanto em km², porém em termos de identificação de cicatrizes de escorregamentos nessas áreas, o quadro atual aponta para apenas 1 cicatriz em área de alto risco, o que pode ser ponderado se formos levar em consideração que as áreas apontadas como de alto risco estão situadas em três áreas específicas: setores altamente urbanizados da BHCT, área de floresta combinada com altas declividades, o que acarreta certa dificuldade de acesso e identificação por imagens aerofotogramétricas e grande propriedade particular na qual não foi liberado o acesso do grupo de pesquisa.

De modo geral esta classe de risco está distribuída por quase toda a BHCT, com exceção das áreas de planície aluvial na porção central da bacia e na porção sul que compreende o bairro Santa Terezinha.

Comparando com o mapa de uso, ocupação e cobertura vegetal de 2007, pode-se identificar a presença em maior parte de áreas edificadas, gramíneas e capoeiras nessas áreas o que valida a classe risco alta, por serem fatores predisponentes para tal processo.

Os setores de risco alto tiveram como característica a alta densidade demográfica e a topografia acidentada. Além disso, observa-se a presença significativa de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc). Processos de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e/ou prolongadas

Os setores que obtiveram pontos de risco alto apresentam como características comuns a existência de ocupações na base, e em todos os setores da encosta de forma subdimensionada e bem adensada.

- **MÉDIO:** esta classe está presente em apenas 19,27% da área total da BHCT, o que corresponde a 1 Km², sendo desta forma, pouco significativa e consubstancial no que se refere o estudo do risco a escorregamento na BHCT.

Com relação a sua distribuição, está presente de forma concentrada na porção noroeste (ao longo das linhas de drenagem mais estranguladas do bairro Bom Clima), na porção sudoeste (ao longo da vertente formado por um paredão rochoso e pacotes de solo do tipo neossolo litólico no bairro Eldorado) e na porção sul-sudeste (ao longo da subida da Garganta do Dilermando, também formada por paredões rochosos e neossolos litólico).

Comparando com o mapa de uso, ocupação e cobertura vegetal de 2007, pode-se identificar a presença em maior parte de gramíneas, capoeira e áreas edificadas nesses setores.

Cabe ressaltar que os condicionantes, predisponentes e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Observa-se a presença de algumas evidências de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipientes. Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento.

- **BAIXO:** esta classe está presente em 5,30% da área total da BHCT, o que corresponde a apenas 0,23 Km². Se comparado ao mapa de risco de 1968 houve avanço substancial dessa classe de risco, tanto em percentual, quanto em km², sendo em 2007 três vezes maior a área da classe de risco baixa do que em 1968. Inclusive com a identificação de uma cicatriz de escorregamento nesse setor, mais precisamente entre os bairros Bandeirantes, Vivendas da Serra e Parque Guarani, fato que está relacionado a presença de uma densa Floresta Estacional Semidecidual, conseqüentemente ausência de área edificada, anulando ou minimizando desta forma o fator declividade que nesta área apresenta-se acima de 30%.

Esta classe está distribuída por quase toda planície aluvial do córrego Tapera e canais de drenagem afluentes do córrego, com destaque para os bairros de Santa Terezinha, parte baixa do bairro Bandeirantes e Parque Guarani o que valida a classe risco baixo, por serem áreas sem características específicas para tal processo.

Comparando com o mapa de uso, ocupação e cobertura vegetal de 1968, pode-se identificar a presença em maior parte de áreas edificadas (altamente concentrada)

e de floresta estacional semidecidual nessas áreas.

Com relação aos condicionantes e o nível de intervenção no setor, estes são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Não se observam evidências de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens.

Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e/ou prolongadas.

- **MUITO BAIXO:** esta classe está presente em 0,01% da área total da BHCT, o que corresponde a apenas 0,04 Km².

Os pequenos fragmentos da classe de risco muito baixo identificados nos mapas estão presentes em área de planície aluvial do córrego Tapera e canais de drenagem afluentes do córrego, pontualmente em parte dos bairros Bom Clima (em especial na área que circunda o lago da fazenda), parte alta do bairro Bandeirantes (nas áreas planas de floresta estacional semidecidual), parte baixa do bairro Bandeirantes (em áreas de cultivo) e Quinta da Avenida (nas áreas planas de floresta estacional semidecidual).

Desta forma, os setores identificados como de risco baixo apresentam fatores topográficos, da textura do solo e ausência de lineamentos com valores reduzidos ao risco de escorregamento, mesmo destacando-se a alta densidade demográfica destes setores.

Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e/ou prolongadas.

6.3.3 - Análise comparativa do risco a escorregamento entre os anos de 1968 e 2007

Em uma análise comparativa e evolutiva das classes alta e muito alta para o risco a escorregamento entre os anos de 1968 e 2007 na BHCT, percebe-se um aumento significativo para ambas as classes, tanto em percentual, quanto em área e um aumento dos vetores de crescimento desses riscos para determinadas porções da área de estudo.

No caso da classe de risco alta, observa-se um aumento de aproximadamente 2,5 % entre os anos supracitados, sendo que no ano de 1968 36,29% da área total da BHCT apresentava classe de risco alta, correspondendo a 1,6 km², já no ano de 2007

esta mesma classe passou a ocupar 38,87 da BCHT, correspondendo a 1,87 km².

Entre os maiores vetores de crescimento da classe de risco alta temos as porções norte-nordeste e as porções leste-sudeste da BHCT.

Na figura 48 observa-se um dos pontos mais críticos da bacia quando relacionamos com a classe alta de risco, esta corresponde ao bairro Vivendas da Serra, bairro de ocupação recente (início do século XXI), porém com aumento significativo de áreas edificadas que extrapolaram o bairro vizinho bandeirantes, de ocupação mais antiga (datado na década de 1960/70).

Observa-se no bairro Vivendas da Serra, de ocupação predominante classe média, que as especulações imobiliárias não se atem as questões de legislação de parcelamento do solo urbano, pois correlacionando a ocupação do bairro com a legislação de parcelamento do solo urbano percebe-se uma incongruência de uso, pois grande parte do bairro estão em áreas não passíveis de ocupação segundo a legislação vigente, ou seja, estão ocupando áreas acima de 30% de declividade.

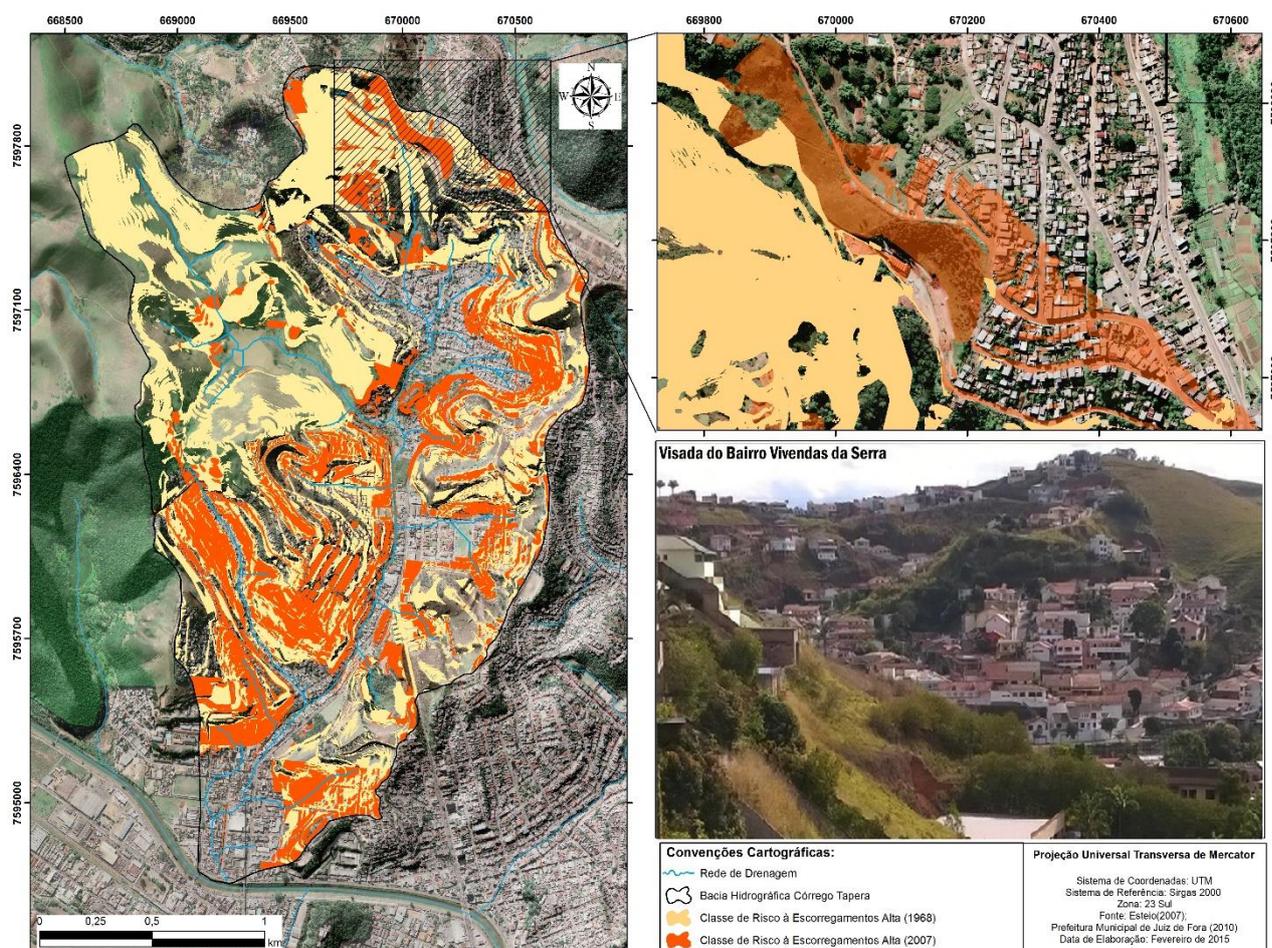


Figura 48: Área com classe alta para risco a escorregamento, com foto do bairro Vivendas da Serra evidenciando a presença desta classe de risco na BCHT.

Já a figura 49 representa a porção leste-sudeste da bacia, com alto índice da classe de risco alta. Em destaque o bairro Quintas da Avenida, que apresenta uma ocupação datada da década de 1980 e nos últimos oito anos vem tendo um crescimento horizontal significativo, mantendo suas características de edificações de alto padrão, sendo o público alvo a classe média-alta e alta.

Devido ao crescimento recente do bairro, antes restrito aos arredores da igreja e praça, o mapeamento de uso e ocupação da terra de 2007 mostra grande parte do atual bairro sendo ocupado por gramíneas e pequenas porções de floresta estacional semidecidual, logo não aparecendo no mapeamento de áreas passíveis a ocupação (segundo a legislação) como área edificada.

Porém, consultando o mapa de declividade da BCHT e observando a imagem contida na figura 49, chega-se a conclusão que esse vetor de expansão de áreas edificadas está também em discordância com a legislação de parcelamento do solo vigente.



Figura 49: Área com classe alta para risco a escorregamento, com foto do bairro Quintas da Avenida evidenciando a presença desta classe de risco na BCHT.

No caso da classe de risco muito alta, observa-se um aumento de aproximadamente 17 % entre os anos citados, sendo que no ano de 1968 19,20% da área total da BHCT apresentava classe de risco muito alta, correspondendo a 0,94km², já no ano de 2007 esta mesma classe passou a ocupar 36,55% da BHCT, correspondendo a 1,66km².

Entre os maiores vetores de crescimento da classe de risco muito alta temos as porções norte-noroeste e a porção oeste da BHCT.

Na figura 50 observa-se um dos pontos mais críticos da bacia quando relacionamos com a classe muito alta de risco, esta corresponde aos bairros Vista Alegre e Eldorado, bairros de ocupação antiga (datado da década de 1960/70), com expressiva densidade populacional relacionado a proximidade do centro da cidade de Juiz de Fora e também do centro comercial mais forte da BHCT que é o bairro Santa Terezinha.

Cabe ressaltar que os bairros da porção oeste da BHCT estão estrangulados, sem evidências de vetores de crescimento de suas áreas edificadas devido a presença da Mata do Krambeck (a oeste), o rio Paraibuna (a sul), o córrego tapera e a avenida Paracatu (a leste) e uma fazenda (a norte)

Observa-se nos bairros Vista Alegre e Eldorado, uma ocupação predominante de classe baixa, convergindo com áreas de alta a altíssima declividade, logo em discordância com a legislação de parcelamento do solo urbano, gerando assim um risco de classe muito alta

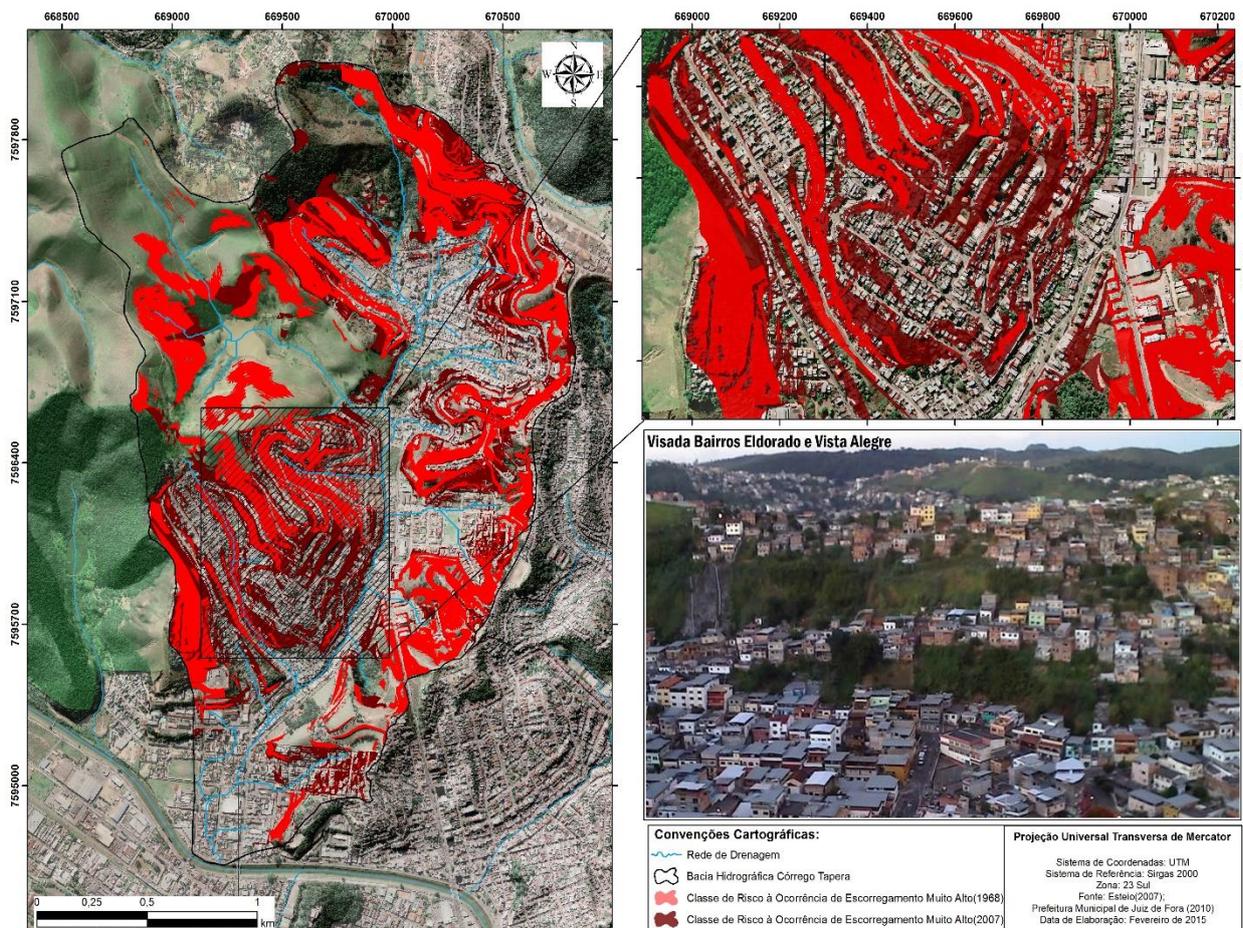


Figura 50: Área com classe muito alta para risco a escorregamento, com foto entre os bairros Vista Alegre e Eldorado evidenciando a presença desta classe de risco na BCHT.

Outro vetor de crescimento da classe muito alta de risco a escorregamento na BHCT é a porção norte-noroeste, com destaque para o maior bairro dessa porção, o bairro Bandeirantes. Com uma ocupação antiga na área de estudo (datado da década de 1960/70) e combinando uma população residente entre classe média, média-baixa e baixa, o bairro Bandeirantes tem em sua área espacial pontos de baixo risco a escorregamento, em área de planície nos arredores da igreja e praça e pontos de risco da classe muito alta, principalmente no contato com o bairro Parque Guarani.

Observa-se na figura 51 áreas de risco muito alta, em incongruência de uso com a legislação de parcelamento do solo urbano e os vetores de crescimento de áreas edificadas (já com cortes no terreno) justamente para as áreas não passíveis de ocupação (maiores de 30% de declividade).

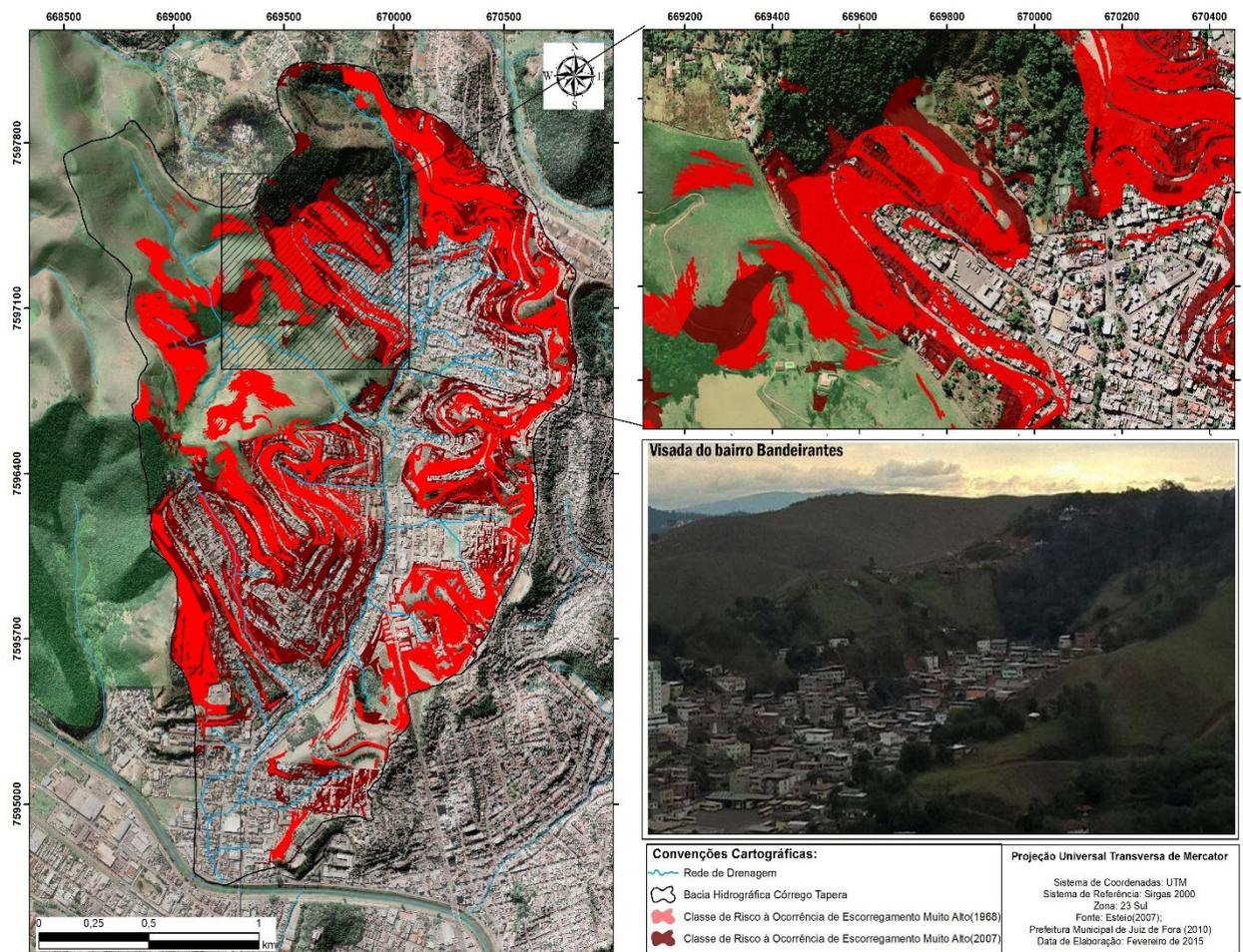


Figura 51: Área com classe muito alta para risco a escorregamento, com foto do bairro Bandeirantes evidenciando a presença desta classe de risco na BCHT.

7 – CONCLUSÃO

As ocupações na Bacia Hidrográfica do Córrego Tapera datam de meados do século passado, tendo gerado entre os anos de 1980 e 1990 um crescimento expressivo de aproximadamente 18 mil habitantes, chegando aos atuais 25 mil habitantes, implicando em ocupações desordenadas e negligentes nas encostas, uma vez que as áreas de difícil acesso e sem infraestrutura básica dos morros e morrotes foram recebendo a população excedente das áreas centrais da cidade, ou melhor, a classe menos favorecida deslocada para as áreas tidas como periféricas. Além desta explicação, é importante salientar que este fenômeno se dá devido à necessidade criada pela população de ocupar áreas periféricas e próximas a região central e comercial da cidade, onde existe a maior parte dos empregos.

Apresenta situações ambientais caracterizadas por condicionantes bióticos, físicos e antrópicos, singulares à realidade dos cenários pretérito e atual do município. O rápido crescimento demográfico e os condicionantes econômicos e sociais levaram à urbanização destas áreas que são de topografia menos favorável, resultando num quadro de instabilidade ambiental, potencializando a ocorrência de escorregamentos nas encostas mais íngremes.

Nessa conjuntura a análise multitemporal desenvolvida através das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para os anos de 1968 e 2007 demonstraram ser eficazes, uma vez que foi possível identificar as alterações desenvolvidas nas classes de uso e ocupação da terra e observar que o processo acelerado de expansão das áreas edificadas direcionou-se, em sua grande maioria, para áreas não favoráveis a ocupação na BHCT.

No que tange ao uso e ocupação da BHCT, esta caracteriza-se essencialmente residencial e comercial sem uso industrial e é a responsável pela forte pressão de ocupação e começa a avançar sobre as demais classes de uso como as áreas de floresta estacional semidecidual.

As encostas com declividades superiores a 30% (não passíveis a ocupações) com ocupações estão distribuídas por toda a bacia, com exceção ao bairro Santa Terezinha. Há, em diversos locais, taludes subverticais, resultantes de cortes para a implantação de vias de acesso.

O relevo da BHCT destaca-se por três conjuntos morfológicos distintos: os morros, morrotes e a planície. As ocupações nas áreas de encosta de forma

desordenada com a realização de cortes e de aterros para a implantação das edificações; a ausência de cobertura vegetal; a deficiência e inexistência de sistemas de drenagem que disciplinem o escoamento das águas superficiais; e a falta de pavimentação são desencadeadores dos processos erosivos, que por sua vez comprometem a estabilidade da encosta potencializando a ocorrência de escorregamento.

A implantação de registros em formato digital pelo Corpo de Bombeiros e Defesa Civil seria uma medida importante para cruzamento de informações e rapidez na disponibilidade dos dados, sendo necessária a inclusão das informações das condições ambientais (clima, morfologia, solos, litologia). As intervenções realizadas, muitas vezes, ocorrem de forma pontual e em caráter de emergência, não sendo percebidas ações de cunho preventivo. Neste contexto, foram identificadas 36 cicatrizes de escorregamentos.

Estes pontos foram estabelecidos por meio de visita de campo e avaliação de características estruturais e dos condicionantes ao risco, tais como: cicatrizes de escorregamento, cortes no terreno, presença de feições erosivas, entre outros.

Dentre as 36 cicatrizes identificadas, 34 apresentavam grau de risco muito alto, 1 como alto e 1 como baixo, considerando a metodologia de Análise Ambiental, a validação realizada apresentou um bom grau de confiança em relação à situação real, verificada em campo, destacando-se que situações de risco diferenciadas podem ocorrer dentro do setor.

A metodologia utilizada foi validada pelo trabalho de campo e identificação de cicatrizes de escorregamentos, podendo subsidiar tomadas de decisão dos órgãos competentes para criação de ações de gerenciamento de risco, de forma a amenizar os problemas atuais.

Destaca-se que esta foi uma primeira aproximação do modelo utilizado sendo possível o seu melhoramento por meio de atualizações de dados e/ou inserção de novos atributos. Vale ressaltar que os graus de risco adotados tanto para as informações pontuais como a das áreas zoneadas reflete o risco atual, pois, à medida que as mudanças se processam, alteram os fatores de risco, tendo um caráter dinâmico requerendo atualizações dos dados, como condição necessária à utilização em anos consecutivos.

Cabe destacar, a importância do uso do geoprocessamento e da metodologia de Análise Ambiental que permitiu equacionar o processo para tomada de decisão a

partir da Base de Dados Georreferenciada e trabalhos de campo, contribuindo para tornar disponível um material como apoio à administração municipal no desenvolvimento de ações que venham a contribuir para o equacionamento dos processos escorregamentos existentes na bacia. Além de ter sido uma ferramenta (geoprocessamento) eficaz e precisa na geração de dados relativos as avaliações ambientais.

As Avaliações Ambientais (direta e complexa) com o uso da ferramenta do geoprocessamento mostraram a realidade ambiental da BHCT, traduzida pela magnitude das áreas com e sem potencialidades ambientais para a ocorrência de escorregamentos, mapeada e identificada pela área de ocorrência no Cartograma de Risco a Escorregamento.

A metodologia adotada neste trabalho mostrou-se bastante eficiente, pois fez uso de toda informação já disponível na área, agregando novos dados e, principalmente, sistematizando o conhecimento existente. Partindo da premissa de que as encostas não ocupadas e preservadas se apresentam estáveis, as ocorrências de escorregamentos BHCT e o aumento do grau de risco, via de regra, estão associados a interferências impostas pela ocupação subnormal, a exemplo de cortes abruptos, ausência de drenagem pluvial, deposição de lixo, retirada da cobertura vegetal natural, sobrecargas, infiltrações, dentre outros.

Desta maneira as encostas com ocupações subnormais que muitas vezes não são objeto de ocupação planejada, devem ser alvo de investimentos em medidas estruturais e não-estruturais por parte do poder público para garantir a segurança dos moradores.

A manutenção e novas obras de infraestrutura deve ser realizada constantemente pelos órgãos competentes. Nas vistorias em áreas de morros, não é difícil encontrar escadarias danificadas, canaletas de drenagem com vegetação obstruindo o caminho das águas e vazamentos dos tubos da rede de abastecimento de água.

Um trabalho de sensibilização da população, sobre as ações que contribuem para os escorregamentos, é uma medida não-estrutural interessante e de baixo custo que pode trazer resultados satisfatórios para os moradores da área de estudo através da adoção de programas de educação ambiental. O estudo compartmentado por bacias hidrográficas é de grande importância para subsidiar a prefeitura com a indicação de locais que podem ser ocupados por assentamentos urbanos com segurança do ponto de vista ambiental.

8 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995). NBR 6502 – **Rochas e solos. Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT. 18 p.

ARAÚJO, C. C. **Aplicação de geoprocessamento na análise de favorabilidade para mineralizações de chumbo, zinco e cobre nas folhas Cerro Azul e Apiai, Vale do Paraíba (SP e PR)**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, USP, 1999.

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica**. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PMRJ/SMO/GEORIO, 1992.

AUGUSTO FILHO, O e WOLLE, C. M. Cartas de risco a escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha Bela – SP. **Revista Solos e Rochas**, São Paulo: ABGE, V. 19, Nº 1, 1996, p. 45-62.

BRASIL. Lei nº 6766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em: . Acesso em: 04 abr. 2015.

BREDARIOL, C. S. **Conflito ambiental e negeociação para uma política local de meio ambiente**. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 2001 (Tese de Doutorado).

BRUSEKE, F. J. **A Questão ecológica na economia neoclássica e na economia de transformação de matéria e valor**. In: Desenvolvimento sustentável: um novo caminho. Belém, NUMA-UFPA, 1992.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES, G.C.; MEDEIROS, C.MB. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. 197p.

CERRI, L.E.S. e AMARAL, C.P. **Riscos Geológicos**. In: OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S.N.A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1998.

CROZIER, M. Mass-movement hazards and risks. **Geomorphology**. 2013, p. 249–258. Acessado em 02 de junho de 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa produção de informação**; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 306p, 2006.

EM DAT. **Produce a list of disasters and associated losses**. Disponível em <http://emdat.net/disasters/list.php>. Acesso em 23 de junho de 2007.

FERNANDES, N. F. **Modelagem Matemática em Geomorfologia: Potencialidades e Limitações**. Sociedade e Natureza, v.15, 1996.

FERNANDES, N.F. & AMARAL, C.P. **Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica**. In: **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Páginas 123-186. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2003.

FERNANDES, N. F. GUIMARÃES, R. F. GOMES, R. A. T. VIEIRA, B. C. MONTGOMERY, D. R. GREENBERG, R. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, V. 2, Nº 1, 2001, p. 51-71.

GEERTSEMA, M. POJAR, J.J. Influence of landslides on biophysical diversity — A perspective from British Columbia. **Geomorphology**. Nº.89, 2007, p. 55–69. Acessado em 02 de junho de 2014.

GOLDEMBERG E, J; BARBOSA, L. M. **A legislação ambiental no Brasil e em São Paulo**. Revista Eco, 2004.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. J. T, GONÇALVES, L. F. H, LOPES, P. B. M. Evolução histórico-geográfica da ocupação desordenada e movimentos de massa no município de Petrópolis, nas últimas décadas. **Revista Brasileira de Geomorfologia – V.8, nº 1, 2007, p. 35-43.**

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2º ed. São Paulo. Editora Edgard Blucher Ltda, 1984.

<http://www.earthsci.org/geopro/massmov/massmov.html>. Acesso em 10/03/2008.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia** / Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009. 182p.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**/ Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2012. 275p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Curso de capacitação, mapeamento e gerenciamento de risco. Brasília DF: 2006.

JUIZ DE FORA. Lei nº 6908, de 31 de maio de 1986. **Dispõe sobre o parcelamento do solo no Município de Juiz de Fora**. Tribuna de Minas. Acesso em: 08 abr. 2015.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MARINO, T.B. **Metodologia para tomadas de decisão no âmbito de riscos sócio-ambientais em áreas urbanas: desmorações e enchentes em assentamentos precários na bacia do córrego cabucu de baixo - SP**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

MEDEIROS, J.S. **Banco de dados geográficos e redes neurais artificiais: Tecnologias de apoio à gestão do território**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia, 1999. 207 p. (Tese de Doutorado)

MOREIRA, C. V. R. & PIRES NETO, A. G. **Clima e Relevo**. In: OLIVEIRA, A. M. S. & BRITO, S. N. A. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1998, p.68-86.

PARK, S. J.; BURT, T.P. **Identification and Characterization of pedogeomorphological process on a hillslope**. Soil Science Society American Journal, v. 66, p. 1897-1910, 2002.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Plano Diretor de Desenvolvimento de Juiz de Fora - Diagnóstico**. Juiz de Fora, 2004.

ROCHA, G. C. **Riscos Ambientais: Análise e Mapeamento em Minas Gerais**. Juiz de Fora. UFJF. 2006.

ROCHA, G. C. (ORG.). **Gestão ambiental em municípios: riscos e impactos ambientais**. Curso de especialização em Gestão Ambiental em Municípios. Apostila. UFJF. 2002.

RODRIGUES, M. Introdução ao Geoprocessamento. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990.

SANTOS, J. M. dos. **Análise Geoambiental a partir da Estruturação e Integração de Dados no Contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari, Salvador-Ba**. Dissertação (Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente). Salvador: Universidade Federal da Bahia – UFBA, 2004.

VARNES, D. J. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. **United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization**. Paris, 1984. Disponível em: <http://www.bib.ub.edu/fileadmin/fdocs/landslidehazard.pdf>. Acessado em 23 de maio de 2014.

XAVIER-DA-SILVA, J. Matriz de objetivos conflitantes: uma participação da população nos Planos Diretores Municipais. In: MACIEL, T.B. **O ambiente inteiro: a contribuição crítica da Universidade à questão ambiental**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1992. p. 123-134.

XAVIER-DA-SILVA, J. & CARVALHO-FILHO, L.M. Sistema de Informação Geográfica: uma proposta metodológica. In: **Análise Ambiental: Estratégias e ações**. Rio Claro: CEAD - UNESP, 1993, p.329-346.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento e Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p.393-414.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Curso de Especialização em Geoprocessamento – CEGEOP, UFRJ/CCMN/IGEO/Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, 1999.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2001. 228p.

XAVIER DA SILVA, J. Inclusão Geográfica no Planejamento: do Dado à Informação. **Anais do VIII Encontro Gaúcho de Agrimensura e Cartografia**. Santa Maria, RS, 2007.

XAVIER-DA-SILVA, J; et al. **Índice de Geodiversidade: aplicação de SGI em estudo de biodiversidade**. In: Garay, I. (Eds.). Assesment, monitoring and indicators for biological diversity: methods for a perspective of tropical ecosystems. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2001.

XAVIER DA SILVA, J; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e Meio Ambiente**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2011.

WP/WLI (International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory). A suggested method for describing the causes of a landslide. **Bulletin International Association of Engineering Geology**, N° 50, 1994, p. 71-74. Acessado em: 23 de maio de 2014.

ZAIDAN, R. T. **Risco de Escorregamento em Uma Bacia de Drenagem Urbana no Município de Juiz de Fora**. Rio de Janeiro: UFRJ/ CMNN/IGEO/PPgg. 2006 (tese de doutorado).

ZAIDAN, R. T. **Zoneamento de Áreas com Necessidade de Proteção Ambiental no Parque Estadual do Ibitipoca — MG**. Seropédica, Rio de Janeiro: UFFRJ. 2002. (dissertação de mestrado).

ZAIDAN, R. T.; XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental: Aplicações**. 2a Edição. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2007. 363 p.

ZÊZERE, J. L. FERREIRA, A. B. RODRIGUES, M. L. The role of conditioning and triggering factors in the occurrence of landslides: a case study in the area north of Lisbon _Portugal. **Geomorphology**. N° 30, 1999, p. 133–146. Acessado em 23 de maio de 2014.

ZÊZERE, J. L.; RODRIGUES, M. L.; REIS, E.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, S.; VIEIRA, G.e FERREIRA, A. B. **Spatial and temporal data management for the probabilistic landslide hazard assessment considering landslide typology**. London: Taylor & Francis Group, 2004. Acessado em 02 de junho de 2014.