



ANÁLISE DE RISCOS DE ESCORREGAMENTOS NAS ENCOSTAS EDIFICADAS DA BACIA DE DRENAGEM URBANA DO CÓRREGO DO INDEPENDÊNCIA - JUIZ DE FORA (MG)

RISK ANALYSIS OF LANDSLIDES IN URBAN HILLSIDE OF CÓRREGO DO INDEPENDÊNCIA WATERSHED - JUIZ DE FORA (MG)

Ricardo T. Zaidan

Departamento de Geociências-ICH-UFJF- Sala B-III-03
Rua José Lourenço Kelmer, s/n
Campus Universitário, Bairro São Pedro
CEP: 36036-330 - Juiz de Fora – MG
E-mail: ricardo.zaidan@ufjf.edu.br

Nelson Ferreira Fernandes

Departamento de Geografia-IG-CCMN-UFRJ
Ilha do Fundão – CEP 21941-916 – Rio de Janeiro – RJ
E-mail: nelsonff@uol.com.br

Resumo

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
09/2015
Data de Aprovação:
04/2016

Os escorregamentos são processos geomorfológicos muito frequentes na nossa natureza. São muitas as notícias a respeito dessa temática que veiculam nos meios de comunicação, principalmente quando acontecem em áreas densamente ocupadas. Com o crescimento populacional acelerado, as áreas antes susceptíveis à ocorrência desses processos, hoje, ocupadas estão se tornando áreas de risco. Neste trabalho, é apresentada uma aplicação de como se

detectar e classificar essas áreas de riscos a ocorrência de escorregamentos, através da utilização de um modelo matemático determinístico denominado SHALSTAB, numa bacia de drenagem em processo de ocupação.

Palavras-chave: Geomorfologia, Escorregamentos, Modelagem Matemática.

Abstract

The landslides are geomorphological processes frequently occurred in our nature. There are many articles about this issue which are conveyed in the media, especially when they occur in densely populated areas. Due to a meaningful population growth, areas that were susceptible to such processes, currently inhabited, are becoming areas of risk. In this study, we will present an application on how to detect and classify risk in these areas of landslides, using a deterministic mathematical model called SHALSTAB, in a watershed in the process of land use.

Keywords: Geomorphology, Landslides, Mathematical Models.

1. Introdução

Nos últimos anos, os meios de comunicação tem noticiado intensamente a ocorrência de catástrofes, principalmente as possivelmente vinculadas às alterações ambientais provocadas pelo homem. Neste contexto, no Brasil, ganham destaque os eventos ligados aos períodos chuvosos, como as enchentes e os movimentos de massas nas encostas. Isso nos leva a uma reflexão. Será que a ocorrência desses processos tem intensificado ou os meios de comunicação tem se desenvolvido de tal forma que as notícias que antes não chegavam à população estão veiculando com tal velocidade e eficiência que nos dão a impressão de que o número de catástrofes no mundo está aumentando?

O importante é a clareza de que esses processos sempre aconteceram e sempre acontecerão, a diferença é que o mal uso dos recursos naturais e a ocupação inadequada da superfície do nosso planeta, podem acelerar ou mesmo deflagrar muitos desses processos o qual vivenciamos atualmente através dos meios de comunicação. De acordo com dados da defesa civil da ONU, na última década do século passado, os movimentos de massa já chegaram a ocupar o terceiro lugar no ranking de vítimas fatais e destruição de edificações, perdendo apenas para os terremotos e inundações no mundo inteiro (FERNANDES e AMARAL, 1996).

O desenvolvimento de metodologias para a previsão de ocorrência dos movimentos de massa vêm assumindo importância crescente na literatura geomorfológica e geotécnica através de diversas formas de investigação. Grande parte das metodologias propostas visa à definição de áreas críticas, ou seja, áreas com maior susceptibilidade de ocorrência do processo (por exemplo: GUZZETTI et al., 1999; GARCIA e ZÉZERE, 2004), e outros a probabilidade de ocorrência (por exemplo: XAVIER-DA-SILVA, 2001; LEE et al., 2004). Seguindo uma abordagem diferente, outros estudos, por sua vez, buscam caracterizar o risco envolvido, englobando tanto a possibilidade de ocorrência do processo quanto aos danos decorrentes (por exemplo: AUGUSTO FILHO e WOLLE, 1996; CRUDEN, 1997; SOUZA et al., 2001; AMARAL e FURTADO, 2004). Dentre as metodologias de previsão destes eventos, tem se destacado a utilização de modelos matemáticos, principalmente os modelos determinísticos que são baseados em processos físicos naturais e que levam em consideração os fatores topográficos no processo de modelagem e previsão da susceptibilidade dessas áreas (FERNANDES et al., 2001).

Dentre os modelos matemáticos determinísticos podemos destacar o SHALSTAB, que tem sido utilizado com sucesso em diversas regiões da costa oeste dos EUA (como mencionado por MONTGOMERY, 1994; DIETRICH e MONTGOMERY, 1998), e em países como Itália, Argentina e Nova Zelândia, apresentando também resultados satisfatórios (RAFAELLI et al., 2001; CLAESSENS et al., 2005).

No Brasil, existem aplicações no Estado do Rio de Janeiro, nas proximidades do Parque Nacional da Tijuca (GUIMARÃES, 2000; FERNANDES et al., 2001; GUIMARÃES et al., 2002; FERNANDES et al., 2004) e em Minas Gerais, na determinação de susceptibilidade a

escorregamentos nas margens da rodovia Br 356 no município de Ouro Preto (REDIVO et al., 2004) e para zoneamentos na região do Quadrilátero Ferrífero (RAMOS et al., 2002).

Desta forma, objetivou-se a apresentação de uma aplicação do Modelo SHALSTAB (MONTGOMERY e DIETRICH, 1994) a fim de se estabelecer um zoneamento de riscos de escorregamentos em uma bacia de drenagem urbana parcialmente ocupada, localizada no Município de Juiz de Fora, situado na região serrana da Mantiqueira, porção correspondente à Zona da Mata do Estado de Minas Gerais.

2. Embasamento Teórico

2.1 – Movimentos De Massa: Teoria E Previsão

2.1.1 – Movimentos de Massa

Os movimentos de massa são fenômenos erosivos de larga envergadura que ocorrem na superfície do planeta, podendo ser provocados por diversos fatores (SELBY, 1993), e especialmente no Brasil, as chuvas possuem grande significância na deflagração dos mesmos (GUIDICINI e NIEBLE, 1984).

De acordo com Guidicini e Nieble (1984), popularmente o termo deslizamento tem sido utilizado para designar qualquer evento gravitacional ou mesmo movimentos de massa ocorridos nas encostas brasileiras. Contudo, temos que nos atentar para o uso correto da nomenclatura. Sendo assim, os movimentos de massa podem ser definidos pelo movimento gravitacional e descendente, para fora da encosta, do material desagregado sem a ajuda da água corrente como um agente de transporte (CROZIER, 1986; FERNANDES et al., 2001; FERNANDES et al., 2004; VIEIRA e FERNANDES, 2004; ARAUJO et al., 2005).

Dentre as classificações de movimentos de massa existentes, uma das mais utilizadas internacionalmente até os dias de hoje, é a produzida por Varnes (1978), e no Brasil, destaca-se o esquema proposto por Guidicini e Nieble (1984).

Neste contexto, Amaral e Feijó (AMARAL, 1997; AMARAL e FEIJÓ, 2004) mostraram que os escorregamentos rasos de solo, geralmente sob forma de movimentos translacionais, foram os mais importantes para a cidade do Rio de Janeiro nas últimas décadas, chegando a mais de 80% das ocorrências. Além disso, outros estudos nos levam a crer que tal comportamento não se limita ao Rio de Janeiro, sendo característico de todo o escarpamento da Serra do Mar (WOLLE e CARVALHO, 1989; LACERDA, 1997) 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. Apesar das ocorrências estarem muitas vezes ligadas à presença humana, os movimentos de massa da região assemelham-se com os escorregamentos do tipo translacional, sendo em alguns casos, seguidos de corridas, quando o material chega a atingir a calha do curso de água local.

2.1.2 – Metodologias de Previsão

Uma das maneiras de se prever os movimentos de massa é através da utilização dos modelos que podem representar, simular, prever a susceptibilidade e até mesmo o risco desses processos sob a população.

O uso de modelos sempre foi muito difundido no campo das Geociências, porém, tornou-se mais explícito a partir da década de 60 com o lançamento das obras “An Introduction to Statistical Models in Geology” (KRUMBEIN e GRAYBILL, 1965) e a coletânea de ensaios “Models in Geography” (CHORLEY e HAGGETT, 1967) (ambos mencionados por CHRISTOFOLLETI, 1999), traduzida para o português em três obras: Modelos Integrados em Geografia, Modelos Sócio-Econômicos em Geografia e Modelos Físicos e de Informação em Geografia, ganhando um grande avanço através da teoria probabilística e da adoção 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 (CHRISTOFOLLETI, 1999).

2.1.3 – SHALSTAB: modelagem de susceptibilidade a escorregamentos translacionais rasos em encostas

O SHALSTAB é um modelo matemático determinístico distribuído que trabalha sobre uma estrutura matricial, podendo ser transiente ou não, ou seja, possibilita a adoção de valores diferenciados para suas variáveis ao longo da estrutura matricial, observando-se a não existência de qualquer tipo de aleatoriedade destes valores. Seu desenvolvimento se deu no início da década de 90 por William Dietrich, na Universidade da Califórnia em Berkeley (DIETRICH et al., 1992; DIETRICH, 1993; MONTGOMERY e DIETRICH, 1994), recebendo finalmente esta nomenclatura quando lançada uma versão mais amigável para ser utilizada em ambiente Windows através de uma extensão do software Arcview, a partir da versão 3 (DIETRICH e MONTGOMERY, 1998).

O SHALSTAB é utilizado para prever áreas susceptíveis à ocorrência de escorregamentos translacionais rasos onde esteja bem definido um plano de transição com forte diminuição do processo de infiltração, como transição solo rocha ou descontinuidade hídrica entre horizontes do solo. Não é indicado para aplicações em áreas de solos espessos, áreas com baixa declividade, afloramentos de rochas, e áreas escarpadas (GUIMARÃES, 2000), o que não indica que não apresente acerto nessas áreas também, o que poderá ser verificado em seu módulo de validação embutido no próprio programa (ZANDAN e FERNANDES, 2009).

O modelo SHALSTAB é construído através da combinação dos modelos de estabilidade de encosta, baseado na teoria de Fator de Segurança (FS) (MORGENSTERN e SANGREY, 1978), e do modelo hidrológico, que define um padrão de saturação na topografia baseado na relação entre a área drenada (a), o seu fechamento ou exultório, através do comprimento do contorno ao longo de sua curva de nível (b) e o ângulo da encosta do terreno (θ), desenvolvido a partir da junção dos modelos criados por BEVEN e KIRKBY (1979) e O'Loughlin (1986)(Figura 1).

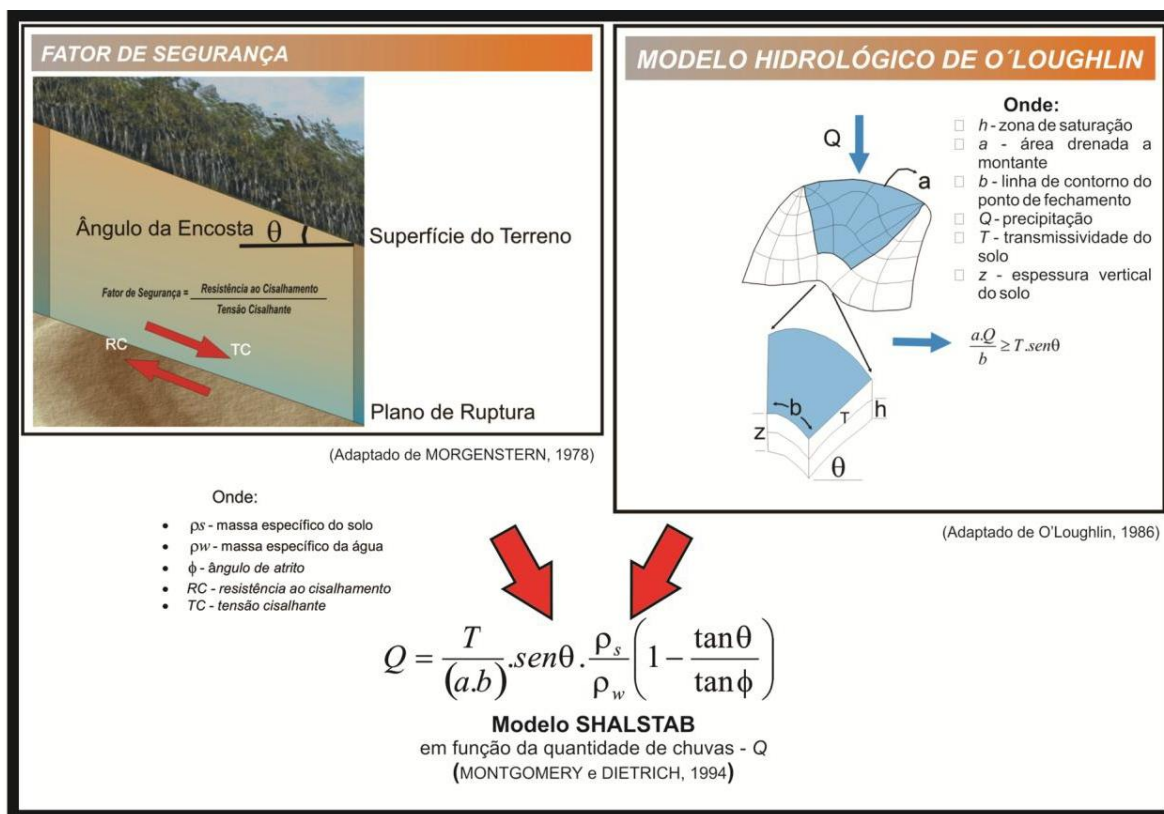


FIGURA 1: Demonstrativo do Modelo SHALSTAB a partir dos modelos de estabilidade e hidrológico.

3 – Materiais e Métodos

A escolha do município de Juiz de Fora se deu pelo fato de haver a existência de áreas de ocupação críticas com o registro de ocorrências de movimentos de massa caracterizados como escorregamentos translacionais rasos. Desta forma, focou-se na bacia do Córrego Independência, sub-bacia do Rio Paraibuna, pertencente à bacia do rio Paraíba do Sul. Sua localização se dá no perímetro urbano do Município de Juiz de Fora, pertencente à Região da Zona da Mata de Minas Gerais, Região Sudeste do Brasil, localizada a aproximadamente 200Km da cidade do Rio de Janeiro e a 300Km da cidade de Belo Horizonte, através da rodovia Br 040.

3.1 – Da Caracterização do Mapa de Uso e Ocupação da Bacia do Córrego Independência

O primeiro procedimento constou da criação de uma base cartográfica digital contendo os mapas de altimetria, a cobertura aerofotográfica e o arruamento da bacia hidrográfica do Córrego Independência.

O mapa de altimetria foi criado a partir da edição das curvas de nível e a drenagem contidos na restituição aerofotogramétrica de 1983, folhas R093A, R094A, R098A, R099A, R100A, R106A, R107A, R108A, R115A, R116A, R117A, R118A, R125A, cedidas pela prefeitura municipal em meio digital já vetorizadas (EMBRAFOTO, 1983). A cobertura aerofotográfica foi cedida pela prefeitura municipal através de um mosaico georreferenciado com a cobertura da área da Bacia

do Córrego Independência com resolução de 40cm o pixel (CESAMA/PMJF, 2000). O mapa de arruamento foi cedido pela prefeitura municipal em meio digital já vetorizadas (PMJF, 1999;2004).

O segundo procedimento foi o processamento de alguns dos mapas contidos na base cartográfica para a geração do mapa de uso e ocupação, o modelo digital de elevação, a carta de declividades e os ambientes geomorfológicos da área da bacia.

O mapa de uso e ocupação foi criado a partir da foteointerpretação da cobertura fotográfica e criação de três classes nominais distintas de uso e ocupação: as áreas de “Mata Urbana”, as “Pastagens ou Loteamento não Edificados” e as “Áreas de Uso e Ocupação Urbana”. Foram especificadas apenas três classes devido ao fato de ser necessário para o nosso trabalho apenas a distinção de área urbanizada e não urbanizada, não sendo necessária a distinção de tipos diferenciados de área urbana.

O modelo digital de elevação e a carta de declividades foram geradas com resolução de pixel 1 metro, obedecendo os critérios de precisão cartográfica de 1:2.000, através do módulo de análise espacial do software ArcGis.

O mapa de ambientes geomorfológicos foi gerado a partir da análise das curvas de nível, da drenagem e do modelo de elevação sendo feita uma classificação nominal das áreas de topo, encostas e fundos de vales.

3.2 – Da Previsão de Áreas Susceptíveis a Escorregamentos na Bacia do Córrego Independência

Para a previsão de áreas susceptíveis a escorregamentos foram realizadas as etapas de geração do modelo de susceptibilidade, sua validação e a criação do zoneamento de susceptibilidade a escorregamentos (ZANDAN e FERNANDES, 2009).

Para a geração do modelo de susceptibilidade gerou-se um MDE – modelo digital de elevação raster – utilizando-se das curvas de nível e da drenagem através do módulo de análise espacial do Arcgis - Topo to Raster, ambos aplicados ao Modelo SHALSTAB (ZANDAN e FERNANDES, 2009).

Após a geração do modelo, os resultados obtidos nas porções de topos e de vales, foram anulados por não serem considerados de interesse, pois o processo de escorregamento não é típico de topos arredondados ou fundo de vales. Desta forma, todas as análises a seguir foram realizadas dentro apenas dos ambientes de encostas da área da Bacia do Córrego Independência.

Para a validação do modelo de susceptibilidades foram mapeadas as cicatrizes de possíveis escorregamentos pretéritos através da análise do mapa com a cobertura aerofotográfica da bacia e investigação e conferência em campo, e através da interpretação do mapa de susceptibilidade, foi constatado se realmente apareceram células com classificação de instabilidade dentro da área das cicatrizes, o que resultou num nível considerável de acertos.

Para a classificação de susceptibilidade a escorregamentos foram analisadas e agrupadas as classes ordinais obtidas através do modelo SHALSTAB da seguinte forma: a união das classes Incondicionalmente Estável Saturado e não Saturado originou a classe “Áreas Estáveis”. A união das classes Instável Saturado e não Saturado originou a classe “Áreas de Média Instabilidade”; e a união das classes Incondicionalmente Instável Saturado e não Saturado originou a classe “Áreas Instáveis”.

3.3 – Do Zoneamento de Risco Atual nas Encostas da Bacia do Córrego Independência

O zoneamento de risco atual (CERRI e AMARAL, 2004) foi criado a partir da análise conjunta do mapa de uso e ocupação da terra e do mapa de classificação da susceptibilidade a escorregamentos na Bacia do Córrego Independência. Para isso foi utilizada a classe Área de Uso e Ocupação Urbana onde foi realizado o recorte de sua área de interseção com a classe encostas do mapa de ambientes geomorfológicos e com a classificação de susceptibilidade a escorregamentos estabelecendo assim as áreas de risco atual. Ressalta-se que tal integração de dados foi realizado no ambiente ArcGis. As classes geradas foram a partir da mesma classificação do mapa classificatório de susceptibilidade, sendo que a classe Área Estável originou a classe Áreas de Baixo Risco, a classe Área de Média Instabilidade originou a classe Áreas de Médio Risco e a classe Áreas Instáveis originou a classe Áreas de Auto Risco.

4 – Resultados

4.1 – Uso e Ocupação e a Bacia do Córrego Independência

A Bacia do Córrego Independência caracteriza-se como uma bacia essencialmente urbana e parte da sua área localiza-se na área classificada como centro comercial do município. Constata-se através da análise da cobertura aerofotográfica, que a maior parte de sua superfície já se encontra sob uso e ocupação essencialmente urbano, e sua paisagem demonstra total distinção entre o urbano e o não urbano, através das poucas áreas que ainda possuem cobertura verde (Figura 2).



FIGURA 2: Cobertura aerofotográfica da área da Bacia do Córrego Independência onde contrastam-se o ambiente urbano do não urbano, como as pastagens e matas.

Levando em consideração o interesse principal do nosso estudo, a detecção de áreas de riscos de escorregamentos, ou seja, aqui identificadas por nós também como áreas críticas, definimos três classes distintas de uso e ocupação: as áreas de “Mata Urbana”, as “Pastagens ou Loteamento não Edificados” e as “Áreas de Uso e Ocupação Urbana”. Tais classes estão representadas através do Mapa de “Uso e Ocupação da Bacia do Córrego Independência” (Figura 3) e do Gráfico 1 com seus percentuais de ocorrência.

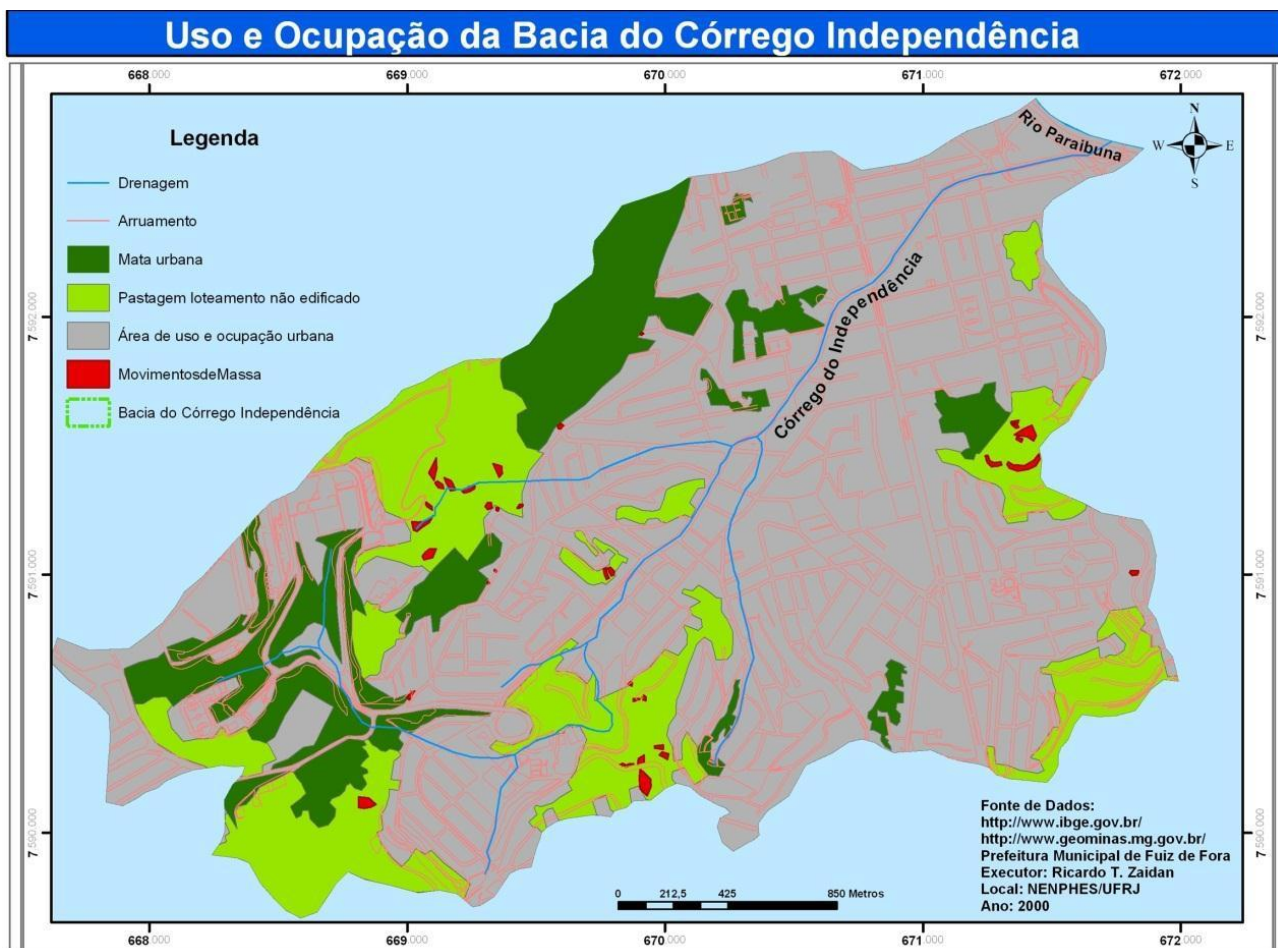


FIGURA 3: Mapa representativo das classes de uso e ocupação da terra na área da Bacia do Córrego Independência.

Uso e Ocupação

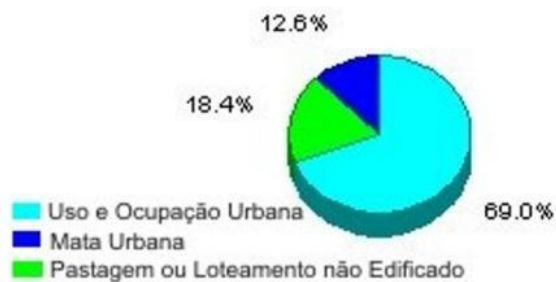


GRÁFICO 1: Gráfico com o percentual (%) de área das classes de uso e ocupação mapeados na Bacia do Córrego Independência (Figura 3).

4.2 – Zoneamento de Risco Atual nas Encostas da Bacia do Córrego Independência

O Zoneamento de Risco Atual foi gerado a partir da utilização do Zoneamento de Susceptibilidade a Escorregamentos nas encostas da Bacia do Córrego Independência recortando-se a classe de uso e ocupação da terra

“Área de Uso e Ocupação Urbana” apenas nas áreas das encostas da bacia. A partir das classes de instabilidade transcreveu-se as classes de risco somente mudando a nomenclatura e seguindo a mesma proporcionalidade de instabilidade para o risco (Figura 4). Sendo assim, são três as classes de risco: a classe de áreas de baixo risco, perfazendo 39,2% da área, a classe de médio risco, perfazendo 39,3% e a classe de alto risco, com 21,5% (Gráfico 2).

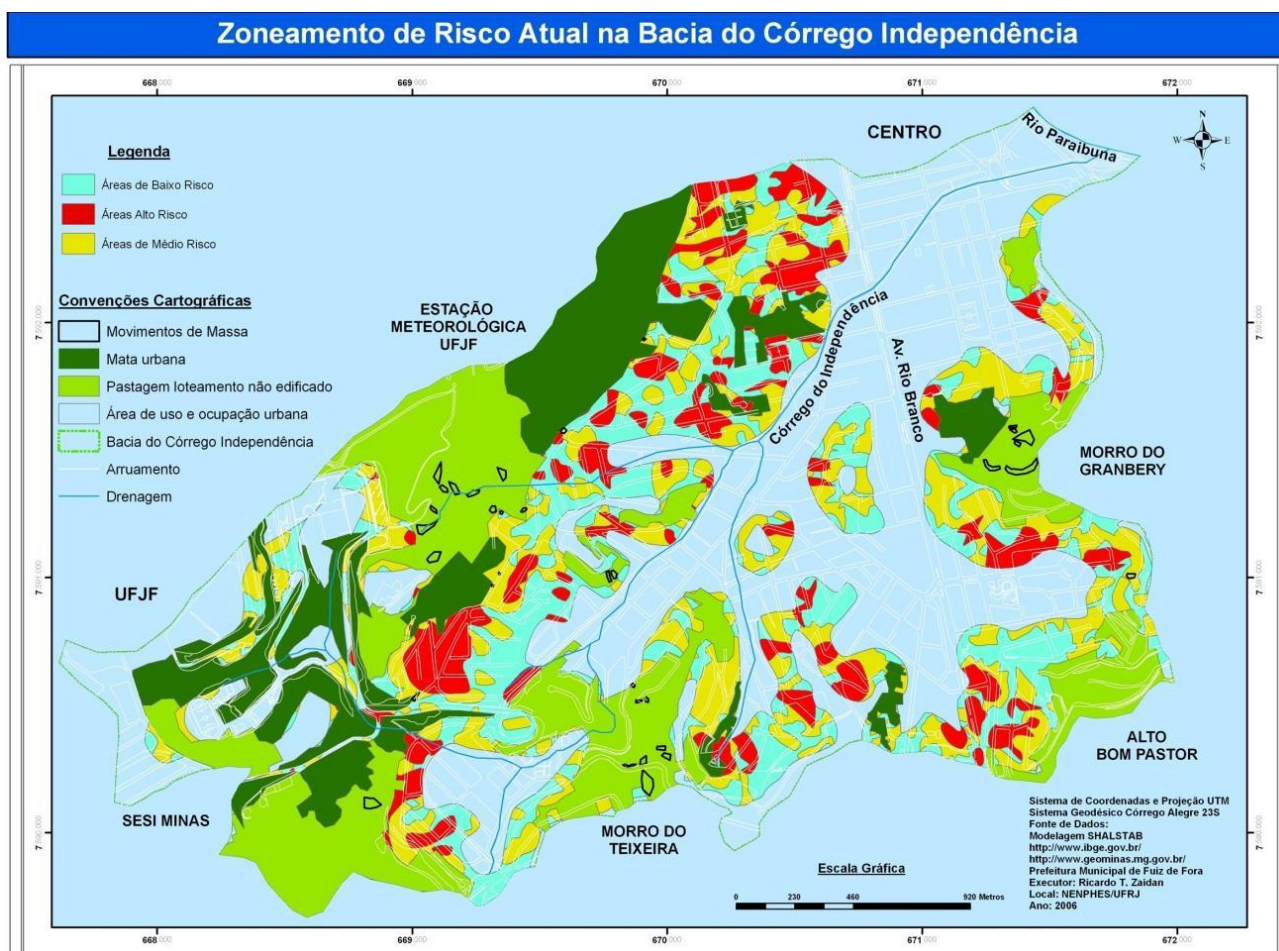


FIGURA 4: Representação do Mapa de Risco Atual nas Encostas da Bacia do Córrego Independência.

Zonas de Risco Atual

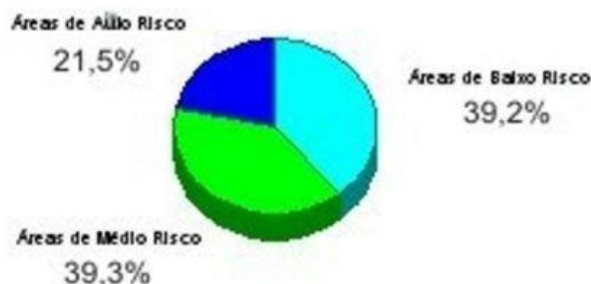


GRÁFICO 2: Percentual de ocorrência das classes do Zoneamento de Risco Atual nas Encostas da Bacia do Córrego Independência.

Através da análise do mapa de zoneamento de risco atual foram identificadas cinco áreas de risco com características próprias: a área do Morro do Granbery, se estendendo para a porção sul no Bairro Bom Pastor, o Morro do Teixeira e sua vertente para o Bairro Santa Cecília, as encostas do Bairro Cascatinha, a área da UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora, e a encosta da estação meteorológica da UFJF (Figura 4).

O Morro do Granbery até o Bairro Bom Pastor em si não se caracteriza como uma área de alto risco, pois não é totalmente habitado. Num geral são de baixo e médio risco, somente algumas de suas vertentes como a nordeste e a oeste do Morro do Granbery e o alto do Bom Pastor, porção sudeste do mapa, apresentam alto risco. Encontra-se instalado na vertente nordeste um loteamento de classe média alta, onde as edificações aparentemente possuem padrão técnico necessário para as características da área e na vertente oeste encontra-se o Hospital Santa Casa de Misericórdia, construído na área mais plana, ocupando a área de risco parte do estacionamento e galpões de uso diverso. No alto Bom Pastor encontram-se também casas de padrão classe media alta, porém em alguns locais existem edificações de mais de dois pavimentos, mas aparentam seguir normas técnicas adequadas para as edificações típicas do tipo de morfologia daquelas encostas (Figura 5).



FIGURA 5: Áreas de ocupação inadequada onde se instalaram loteamentos de classe média no alto do bairro Granbery (fotografia A) e Bom Pastor (Fotografia B).

O Morro do Teixeira e Santa Cecília já se caracterizam por edificações de padrão econômico menos elevado. A vertente oeste, do bairro Teixeira, possui na sua maioria médio risco e as edificações seguem um padrão de classe média média com nível técnico aparentemente adequado para edificação na área em questão. A vertente leste, ou seja, voltada para o bairro Santa Cecília já possui edificações de padrão econômico menos elevado, tipo classe média baixa a pobre, aparentando, em alguns casos, não seguir a exigência técnica adequada para o tipo de morfologia das encostas das áreas construídas (Figura 6).

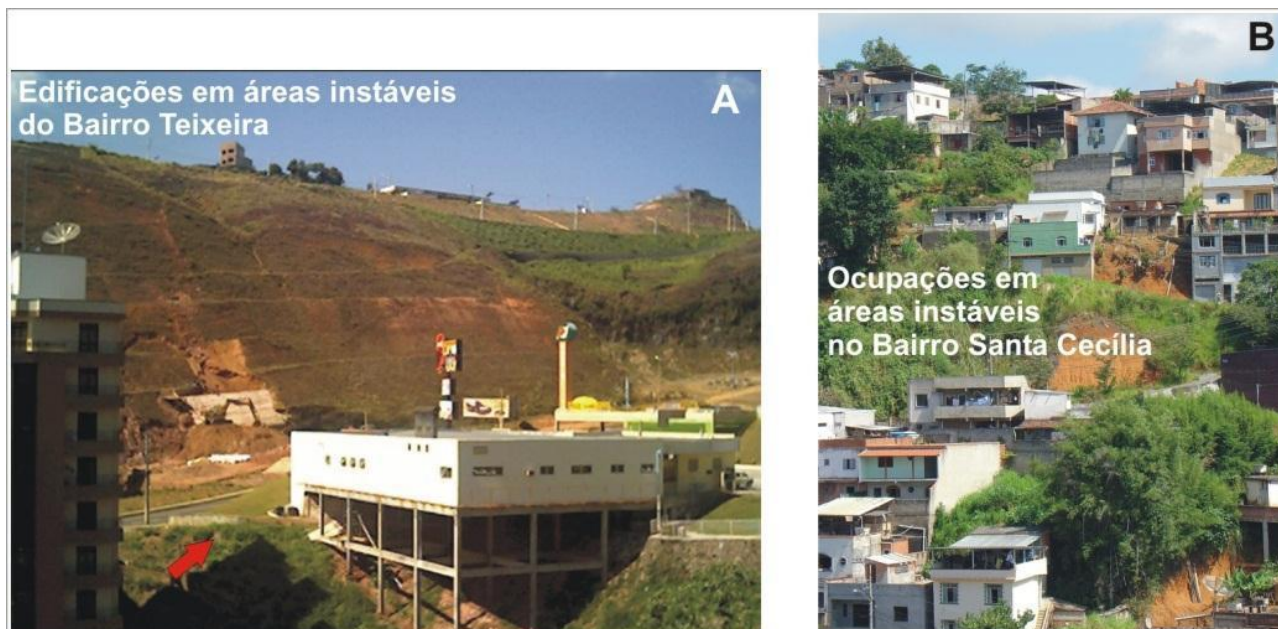


FIGURA 6: Representação das áreas de risco do Bairro Teixeiras com suas edificações de classe média (Fotografia A) e do Bairro Santa Cecília com edificações mais pobres (Fotografia B).

As encostas do bairro Cascatinha apresentaram na vertente do lado oeste mais de 35% de áreas de alto risco. Estas áreas caracterizam-se por ocupações residenciais de nível médio alto

aparentando cumprir as exigências técnicas adequadas para a construção em tal tipo de encosta. Demais áreas caracterizam-se através de áreas de baixo a médio risco (Figura 7).



FIGURA 7: Representação da encosta oeste do bairro Cascatinha (Fotografia A) com um detalhe de uma área onde houve um escorregamento recente (Fotografia B).

A área da UFJF corresponde a uma parte da porção alta da cidade. É composta por uma parte do divisor de águas das bacias do Córrego Independência e do Córrego do São Pedro conferindo uma morfologia bem plana. Possui dois outros ambientes bem distintos do anterior, onde encontram-se duas grandes nascentes, dentre elas a nascente do Córrego do Independência. Tais áreas possuem morfologia bastante íngreme, porém coberta de vegetação arbórea, o que anula a presença do risco, devido a falta de ocupação humana. Estas características, aliadas a esparsa área ocupada explica a classificação de baixo a médio risco nas encostas da área (Figura 8).

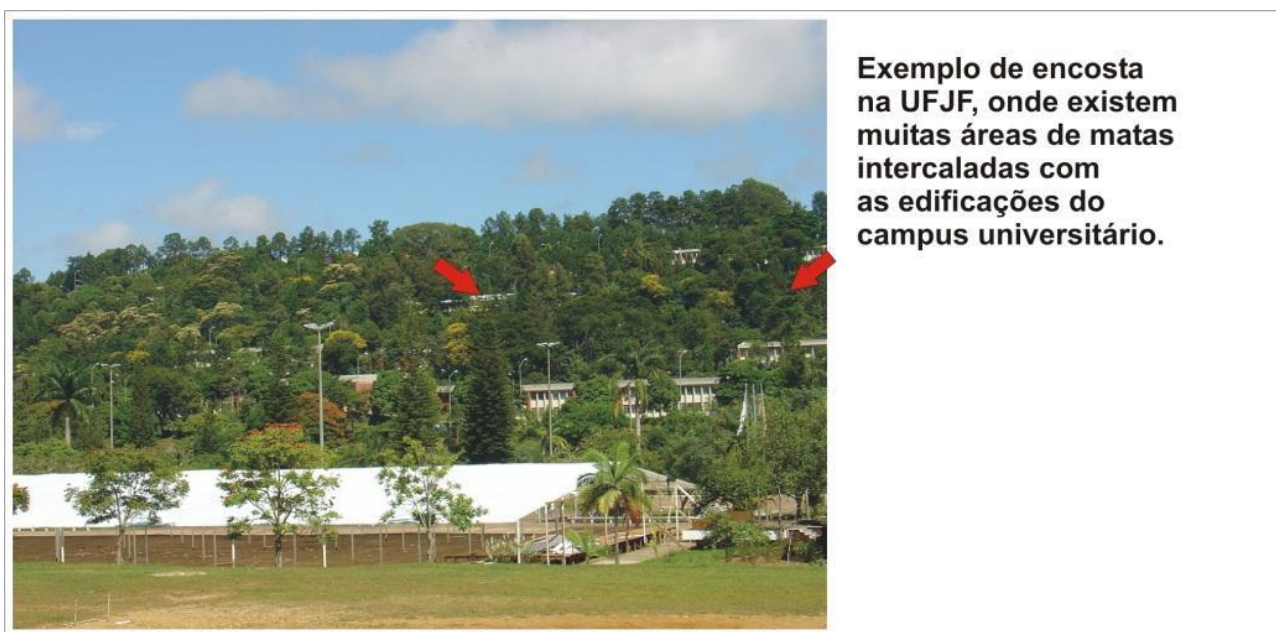


FIGURA 8: Representação de uma das encostas da UFJF onde as setas demonstram exemplos de áreas edificadas e áreas de matas.

O quinto ambiente que se distingue dos demais é composto pela porção ocupada da encosta que vai da porção norte, passa pela noroeste e chega na porção oeste do mapa. Situa-se a jusante da Estação Meteorológica e do campus da UFJF e pode-se afirmar que é a que apresenta o maior número de áreas de alto risco. Dentro desta mesma encosta distinguem-se dois ambientes. O primeiro localiza-se no extremo norte do mapa, onde aparecem com mais frequência áreas com classificação de alto risco. Esta é caracterizada por edificações de nível econômico mais elevado com lotes maiores e edificações que aparentemente seguem padrões técnicos para a morfologia específica do local. Apesar de apresentar alto risco, não se tem registro de nenhum escorregamento nos últimos anos. O segundo ambiente localiza-se no outro extremo desta encosta, aparecendo um menor número de áreas de alto risco. As edificações locais são de baixo nível econômico, típicas de classe econômica pobre aparentemente demonstrando na maioria dos casos falta de adoção de critérios técnicos para construção naquele tipo de morfologia de encosta. Apesar de apresentar um menor número de áreas de alto risco, registra-se a ocorrência de alguns pequenos escorregamentos nos últimos anos (Figura 9).



FIGURA 9: Representação das áreas de risco da encosta que corta o mapa de risco de norte a sudoeste da bacia.

5 – Conclusão

A área que se configurou com menor risco foi o Morro do Granbery até o Bairro Bom Pastor, que em si não se caracteriza como uma área de alto risco, pois não são totalmente ocupadas.

O Morro do Teixeira, principalmente a vertente voltada para o bairro Santa Cecília, apresentou consideráveis áreas de alto risco, daí a necessidades de cuidados com a deflagração de escorregamentos, principalmente os que possam ser causados pela ação antrópica.

As encostas do bairro Cascatinha apresentaram poucas áreas de alto risco, mesmo assim a encosta oeste deve ter a devida atenção pelos órgãos responsáveis, pois, caso seja ocupada se transformará em uma possível área de risco.

A área da UFJF foi considerada de baixo a médio risco, devido a existência de muitas áreas sem ocupação, pois, as áreas susceptíveis estão classificadas como matas e não entram no zoneamento de risco.

A área ocupada da encosta que vai da porção norte, passa pela noroeste e chega na porção oeste do mapa, a jusante da Estação Meteorológica e do campus da UFJF é a que se pode afirmar que é a de maior número de áreas de alto risco. Tal encosta merece total atenção das autoridades competentes, pois sofre sistemática pressão de urbanização que, caso venha a se concretizar resultará em um conjunto de áreas de alto risco.

7 – Referências Bibliográficas

AMARAL, C. **Landslides Disasters Management in Rio de Janeiro**. 2nd Pan- American Symposium on Landslides (II PSL) / 2a Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas (2a COBRAE), ABMS, ABGE e ISSMGE. Rio de Janeiro, Brazil: 1997. p.209-212.

AMARAL, C. e FEIJÓ, R. L. Aspectos Ambientais dos Escorregamentos em Áreas Urbanas. In: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (Ed.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.193-224.

AMARAL, C. e FURTADO, A. Large-scale quantitative landslide risk mapping at Favela da Formiga, Rio de Janeiro. In: LACERDA, W. A.; EHRLICH, M.; FONTOURA, S. A. B. e SAYÃO, A. S. F. (Ed.). **Landslides: Evaluation and stabilization**. London: Taylor & Francis Group, 2004. p.293-296.

ARAUJO, G. H. D. S.; ALMEIDA, J. R. D. e GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

AUGUSTO FILHO, O. e WOLLE, C. M. Cartas de Risco de Escorregamentos: Uma Proposta Metodológica e sua Aplicação no Município de IlhaBela, SP. **Solos e Rochas**. 19: 45-62 p. 1996.

BEVEN, K. J. e KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Bulletin of Hydrological Sciences**, v.24, n.1, p.43-69, 1979.

CERRI, L. E. D. S. e AMARAL, C. P. D. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. D. S. e BRITO, S. N. A. D. (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE, 2004. p.301-310.

CESAMA/PMJF. Levantamento Aerofotográfico do Perímetro Urbano de Juiz de Fora. 1ªed. Juiz de Fora: Foton Aerolevantamentos, 2000. (Resolução 40cm)

CHORLEY, R. J. e HAGGETT, P., Eds. **Models in Geography**. London: Methuen, 1967. p.

CHRISTOFOLLETI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236 p.

CLAESSENS, L.; HEUVELINK, G. B. M.; SCHOORL, J. M. e VELDKAMP, A. DEM resolution effects on shallow landslide hazard and soil redistribution modelling. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.30, p.461-477, 2005.

CROZIER, M. J. **Landslides; Causes, Consequences, and Environment**. London: Croom Helm, 1986. 252 p.

CRUDEN, D. M. Estimating the risks from landslides using historical data. In: CRUDEN, D. M. e FELL, R. (Ed.). **Landslide Risk Assessment**. Rotterdam: Balkema, 1997. p.177-184.

DIETRICH, W. E. e MONTGOMERY, D. R. **SHALSTAB: A Digital Terrain Model for Mapping Shallow Landslide Potential**. National Council for Air and Stream Improvement. February 1, 1998, p.26. 1998

- DIETRICH, W. E.; WILSON, C. T.; MONTGOMERY, D. R.; MCKEAN, J. e BAUER, R. Erosion thresholds and land surface morphology. **Geology**, v.20, p.675-679, 1992.
- DIETRICH, W. E., WILSON, C. J., MONTGOMERY, D. R., AND MCKEAN, J. Analysis of Erosion Thresholds, Channel Networks, and Landscape Morphology using a Digital terrain Model. **The Journal of Geology**, v.101, n.2, p.259-278, 1993.
- EMBRAFOTO. Restituição Aerofotogramétrica do Município de Juiz de Fora. Juiz de Fora: PMJF/IPPLAN, 1983. (1:2000)
- FERNANDES, N. F. e AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Ed.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro 1996. p.123-194.
- FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, F. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R. e GREENBERG, H. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.2, n.1, p.51-71, 2001.
- FERNANDES, N. F.; GUIMARAES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R. e GREENBERG, H. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. **CATENA**, v.55, n.2, p.163-181, 2004. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VCG-49CT5TM-2/2/0af136c4f538365e2f60a10b95d9971f>
- GARCIA, R. A. C. e ZÉZERE, J. L. Abadia Basin - Torres Vedras, Portugal - a case study of landslide susceptibility assessment and validation. In: LACERDA, W. A.; EHRlich, M.; FONTOURA, S. A. B. e SAYÃO, A. S. F. (Ed.). **Landslides: Evaluation and stabilization**. London: Taylor & Francis Group, 2004. p.137-142.
- GUIDICINI, G. e NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2ªed. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.
- GUIMARÃES, R. F. **A modelagem matemática na avaliação de áreas de risco a deslizamentos: o exemplo das bacias dos rios Quitite e Papagaio (RJ)**. Depto de Geologia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2000 (Doutorado).
- GUIMARÃES, R. F.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. M.; FERNANDES, N. F.; GOMES, R. A. T. e JÚNIOR, O. A. D. C. Parameterization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: application to Rio de Janeiro. **Engineering Geology**, v.2137, p.1-10, 2002.
- GUZZETTI, F.; CARRARA, A.; CARDINALI, M. e REICHENBACH, P. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. **Geomorphology**, v.31, n.1-4, p.181-216, 1999. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V93-3YSY1BF-T/2/1696b4d9c17d6ae12bc7a0017d654a02>
- KRUMBEIN, W. C. e GRAYBILL, F. A. **An Introduction to Statistical Models in Geology**. New York: McGraw Hill, 1965.
- LACERDA, W. A. Stability of Natural Slopes Along the Tropical Coast of Brazil. In: ALMEIDA, M. (Ed.). **Proceeding of the Internacional Symposium on Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics**. Brookfield, 1997. p.17-39.
- LEE, S.; CHOI, J. e RYU, J.-H. Probabilistic landslide hazard mapping using GIS and remote sensing data at Boun, Korea. In: LACERDA, W. A.; EHRlich, M.; FONTOURA, S. A. B. e SAYÃO, A. S. F. (Ed.). **Landslides: Evaluation and stabilization**. London: Taylor & Francis Group, 2004. p.85-90.
- MONTGOMERY, D. R. Road Surface Drainage, Channel Initiation, and Slope Stability. **Water Resources Research**, v.30, n.6, p.1925-1932, 1994.
- MONTGOMERY, D. R. e DIETRICH, W. E. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. **Water Resources Research**, v.30, n.4, p.1153-1171, 1994.
- MORGENSTERN, N. R. e SANGREY, D. A. Methods of Stability Analysis. In: SCHUSTER, R. L. e KRIZEK, R. J. (Ed.). **Landslides: Analysis and Controls**. Washington D.C.: NAS-NRC, 1978. p.155-171.
- O'LOUGHLIN, E. M. Prediction of Surface Saturation Zones in Natural Catchments by Topographic Analysis. **Water Resources Research**. 22: 794-804 p. 1986.
- PMJF. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: PMJF, v.2. 1999. 285 p.

- _____. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Prefeitura Municipal de Juiz de Fora - FUNALFA Edições, 2004. 394 p.
- RAFAELLI, S. G.; MONTGOMERY, D. R. e GREENBERG, H. M. A comparison of thematic mapping of erosional intensity to GIS-driven process models in an Andean drainage basin. **Jornal of Hydrology**, v.244, p.33-42, 2001.
- RAMOS, V. M.; GUIMARÃES, R. F.; REDIVO, A. L.; GOMES, R. A. T.; FERNANDES, N. F. e CARVALHO FILHO, O. A. Aplicação do modelo shalstab, em ambiente arcview para o mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos rasos na região do Quadrilátero Ferrífero - MG. **Espaço e Geografia**, v.5, n.1, p.49-57, 2002.
- REDIVO, A. L.; RAMOS, V. M.; GUIMARÃES, R. F.; JÚNIOR, O. A. D. C. e GOMES, R. A. T. Determinação de áreas susceptíveis a escorregamentos na Br 256 no município de Ouro Preto - MG. **Ciência e Natura - UFSM**, p.31-46, 2004.
- SELBY, M. J. **Hillslope Materials and Processes**. 2ªed. New York: Oxford University Press, 1993. 451 p.
- SOUZA, C. B. D.; NUNES, A. L. L. S. e LACERDA, W. A. **Mapeamento de Áreas de Risco para Ocupação Urbana através de SIG**. Conferência brasileira sobre estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: III COBRAE, 2001. p.261-269.
- VARNES, D. J. Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, R. L. e KRIZEK, R. J. (Ed.). **Landslides. Analysis and Control**. Washington: National Academy of Science, v.Transportation Research Board Special Report, 1978. p.11-33.
- VIEIRA, B. C. e FERNANDES, N. F. Landslides in Rio de Janeiro: The Role Played by Variations in Soil Hydraulic Conductivity. **Hydrological Processes**, v.18, p.791-805, 2004.
- WOLLE, C. M. e CARVALHO, C. S. Deslizamentos em encostas na Serra do Mar - Brasil. **Solos e Rochas**, v.12, p.27-36, 1989.
- XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: sn, 2001. 228 p.
- ZANDAN, R. T. e FERNANDES, N. F. Zoneamento de Susceptibilidade a Escorregamentos em Encostas Aplicado à Bacia de Drenagem Urbana do Córrego do Independência - Juiz de Fora (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n.1, p.57-76, 2009.