

# AVALIAÇÃO DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES E A MOVIMENTOS DE MASSA NO BAIXO CURSO DA BACIA DE DRENAGEM DO RIO MURIAÉ (RJ) COM BASE NO GEOPROCESSAMENTO

**Yuri Braga da Silva**

**Sombra<sup>i</sup>**

Mestrando em Geografia  
Pontifícia Universidade Católica  
do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

**Thiago Pinto da Silva<sup>ii</sup>**

Doutor em Geologia  
Departamento de Geografia de  
Campos (UFF)

## Resumo

O presente artigo trata da suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa do baixo curso da bacia de drenagem do rio Muriaé (RJ), tendo como objetivo a avaliação da suscetibilidade com subsídio das técnicas do Geoprocessamento e parâmetro principal a declividade. A bacia do rio Muriaé abrange 8200 km<sup>2</sup>. O baixo curso possui 1500 km<sup>2</sup>. A metodologia seguiu as seguintes etapas: elaboração de mapas temáticos, mapeamento espaço temporal de uso da terra, mapeamento de hipsometria, declividade e de suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa. Os resultados sobre as inundações predominam as classes “média” e “baixa” e as áreas de menor altimetria, estão entre as mais sujeitas a tais processos, na qual se destaca o trecho do rio Muriaé em Campos dos Goytacazes. No que se refere aos movimentos de massa, a classe “moderada” é a que predomina e os locais com alta suscetibilidade ocorrem de forma pontual.

**Palavras-chave:** suscetibilidade; inundações; movimentos de massa; geoprocessamento; risco

## EVALUATION OF SUSCEPTIBILITY TO FLOODS AND MASS MOVEMENTS IN THE LOWER COURSE OF THE DRAINAGE BASIN OF THE RIVER MURIAÉ (RJ) BASED ON GEOPROCESSING

### Abstract

This article deals with the susceptibility to floods and mass movements of the low - lying river basin of the Muriaé river basin (RJ), with the objective of evaluating susceptibility with subsidy of Geoprocessing techniques and main parameter of slope. The basin of the river Muriaé covers 8200 km<sup>2</sup>. The low course has 1500 km<sup>2</sup>. The methodology followed the following steps: thematic maps, land use spatio-temporal mapping, hypsometric mapping, declivity and susceptibility to floods and mass movements. The results on floods predominate in the "medium" and "low" classes and the lower altimetry areas, are among the most subject to such processes, in which the Muriaé River stretch in Campos dos Goytacazes stands out. As regards mass movements, the "moderate" class is the one that predominates and the sites

<sup>i</sup> *Endereço institucional: Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea, Rio de Janeiro - RJ, 22451-900- Rio de Janeiro*

Endereço eletrônico: [yu-ri.geosombra@gmail.com](mailto:yuri.geosombra@gmail.com)

<sup>ii</sup> Endereço institucional: Rua José do Patrocínio, nº 71, Centro, Campos dos Goytacazes - RJ - CEP 28010-385

Endereço eletrônico: [thiagopin-tosilva@yahoo.com.br](mailto:thiagopin-tosilva@yahoo.com.br)

with high susceptibility occur in a punctual way.

**Keywords:** susceptibility; floods; mass movements; geo-processing; risks

### Introdução

A preocupação com os efeitos de eventos extremos sobre a sociedade se tornou uma pauta de grande relevância nos últimos tempos. A marca do ser humano sobre o ambiente contribuiu para a alteração da dinâmica dos sistemas naturais. A urbanização, a modernização das técnicas e das tecnologias, contribuiu para o aumento os impactos ambientais, levando a sociedade nos dias atuais, a rever suas ações, elaborando assim, medidas de conscientização e prevenção. A partir destes fatos, o sociólogo alemão Ulrich Beck (1992 *apud* HANNIGAN, 2009), expôs e abordou sobre a tese da sociedade de risco.

Os estudos sobre os riscos, de maneira geral, se iniciaram pela década de 1920, classificando-os como estudo de “*natural hazards*” (perigos naturais). “Esta tradição surge, portanto, muito antes dos apelos mundiais acerca da degradação ambiental planetária ou mesmo antes dos apelos mais recentes ao resgate da qualidade de vida urbana” (MARANDOLA JR. e HOGAN, 2004, pág. 96).

Até a década de 1970, os estudos eram feitos de forma técnica. De acordo com Marandola Jr. e Hogan (2005) entre as décadas de 1980 e 1990, pesquisadores começaram a destacar os aspectos sociais, valorizando assim, uma maior preocupação com a vulnerabilidade, como os trabalhos de Timmerman (1981), Jones (1993), Watts e Bohle (1993) e Cutter (1996).

As inundações e os movimentos de massa representam no cenário atual, uns dos processos naturais que mais geram efeitos negativos sobre a sociedade, portanto estão diretamente ligados a questão do risco. O estabelecimento dos riscos a tais fenômenos, possui diversos parâmetros e análises. Um desses parâmetros é a suscetibilidade (TOMINAGA *et al.*, 2009). Analisá-la, se torna um ponto crucial para

o esclarecimento do grau de influência de tais eventos sobre as populações (TOMINAGA *et al.*, 2009).

O presente trabalho trata da suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé, localizado no norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

A presente área de estudo sofre periodicamente com os efeitos das inundações e possui muitas áreas desmatadas e corte de estradas que auxiliam no aumento dos processos erosivos e no desencadeamento de movimentos de massa. Estudos recentes sobre esta área estão relacionados a diagnósticos ambientais e análise sobre as inundações (com base na perspectiva do planejamento e gestão), a exemplo de Prado *et al.* (2005), AGEVAP (2013), Reis e Amorim (2014) e de Ferreira *et al.* (2015).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa e seus condicionantes no baixo curso da bacia de drenagem do Rio Muriaé. A avaliação tem como subsídio o uso de técnicas do Geoprocessamento e tem como parâmetro principal a declividade.

Como objetivos específicos, o trabalho visa:

- Contribuir para o avanço das pesquisas sobre a Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul, assim como ajudar nas ações preventivas da população;
- Gerar mapas de uso da terra para avaliar a relação dos usos com os sistemas de drenagem;
- Gerar mapas de suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa.

### Área de Investigação

A Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé (figura 1) localiza-se entre os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, abrangendo as Regiões da Zona da Mata Mineira, Noroeste e Norte Fluminense. Possui cerca de 8200 km<sup>2</sup> e abrange 33 Municípios.



## Avaliação de suscetibilidade a inundações

Yuri B. da Silva Sombra, Thiago P. da Silva

Do ponto de vista da geologia (figura 3), a presente área de investigação está localizada na porção setentrional da Faixa Ribeira, abrangendo o Terreno Oriental e vinculada aos Domínios Cambuci, Costeiro e Italva. O Domínio Cambuci possui contigüidade com o Domínio Juiz de Fora (Terreno Ocidental). Segundo Tupinambá *et al.* (2007), é composto por uma sucessão metavulcanossedimentar metamorfozizada em fácies anfibolito a granulito, invadida por diversas gerações de rochas granitóides. Já o Domínio Costeiro está em contato com os Domínios Juiz de Fora e Cambuci. Tupinambá *et al.* (2007), afirma que esta compartimentação tectônica apresenta sucessões metassedimentares em fácies anfibolito a granulito, invadidas por diversas gerações de rochas granitoides como os ortognaisses, os leucogranitos/leucocharnockitos e granitóides a chanockitóides porfiróides e granitos tardi a pós-tectônicos. O Domínio Italva está na parte superior do Terreno Oriental. Tupinambá *et al.* (2007), afirmam que este compartimento ocorre como uma *klippe* sinformal sobre o Domínio Costeiro, ocorrendo rochas do complexo Rio Negro e do grupo Italva como dioritos, gabros, tonalitos e mármore.

Os depósitos sedimentares são representados pelo grupo Barreiras, que possuem origem terciária, tendo sua formação compreendida entre o Mioceno e o Pleistoceno inferior (NUNES *et al.*, 2011) e por sedimentos flúviomarinhas quaternários (CPRM, 2001).

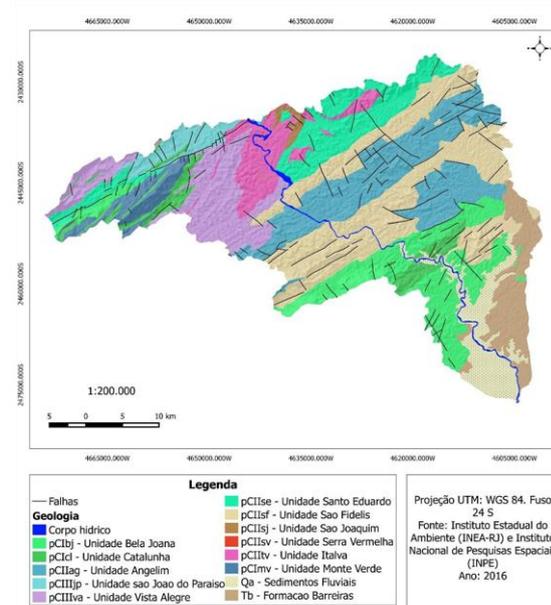


Figura 3: Mapa Geológico da área de estudo

O relevo do baixo curso do rio Muriaé (figura 4) se desenvolve pela Depressão do Norte- Noroeste Fluminense (PRADO *et al.*, 2005), conhecida também por Depressão Pomba-Muriaé e pela unidade morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas, que abrange os tabuleiros do Grupo Barreiras e planície flúvio-marinha.

A Depressão Norte- Noroeste Fluminense possui uma alternância brusca das colinas e morros com as serras alinhadas. CPRM (2000) expõe que se trata de uma extensa unidade caracterizada por colinas, morrotes e morros baixos de baixa amplitude de relevo, com vertentes convexo-côncavas de gradiente suave a médio e topos arredondados e nivelados. Os alinhamentos Serranos possuem predominantemente a direção WSW-ENE, com alta declividade. De acordo com CPRM (2000) grande parte da drenagem tributária possui também o padrão direção WSW-ENE, evidenciando o controle estrutural. Já o rio Muriaé segue pela direção NW-SE, percorrendo de maneira ortogonal o substrato.

As Bacias Sedimentares Cenozóicas, possuem origem pela tectônica pós-cretácea. Compreendem bacias sedimentares tafrogênicas, originadas entre o paleoceno e oligoceno juntamente com os sedimentos do grupo Barreiras, que abrange em sua maior parte as áreas costeiras, tendo no Estado do Rio de Janeiro seus afloramentos compreendidos pelos tabuleiros costeiros e falésias. A última unidade são as planícies flúviomarinhas e costeiras, que remontam às épocas Pleistocênica e Holocênica.

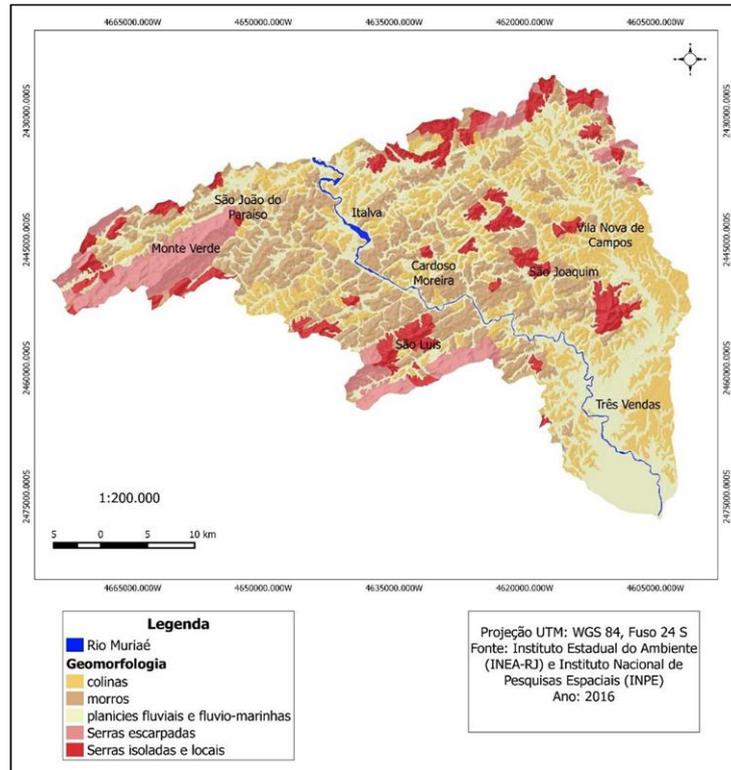


Figura 4: Mapa Geomorfológico da área de estudo.

O clima na bacia do rio Muriaé, segundo Koeppen (1948 *apud* Prado *et al*, 2005) apresenta tipologia do tipo Aw, representada pelo clima tropical chuvoso, caracterizado por possuir um verão úmido com altas taxas pluviométricas e inverno seco com baixas taxas pluviométricas. Já a temperatura, as médias altas ocorrem entre janeiro e março e as menores entre junho e agosto. De acordo com ANA (2011), na presente área de estudo a precipitação apresenta taxas entre 1000 e 1250 mm/ano.

Ao longo do tempo e espaço, a hidrografia (figura 5) sofreu intensas transformações devido a intervenções antrópicas, que foram diminuindo o espelho d'água das lagoas, a dinâmica natural dos rios e criação de canais voltados para a agropecuária. São encontrados também, brejos, nos quais são utilizados para beneficiamento de atividades agropastoris (PRADO *et. al.*, 2005).

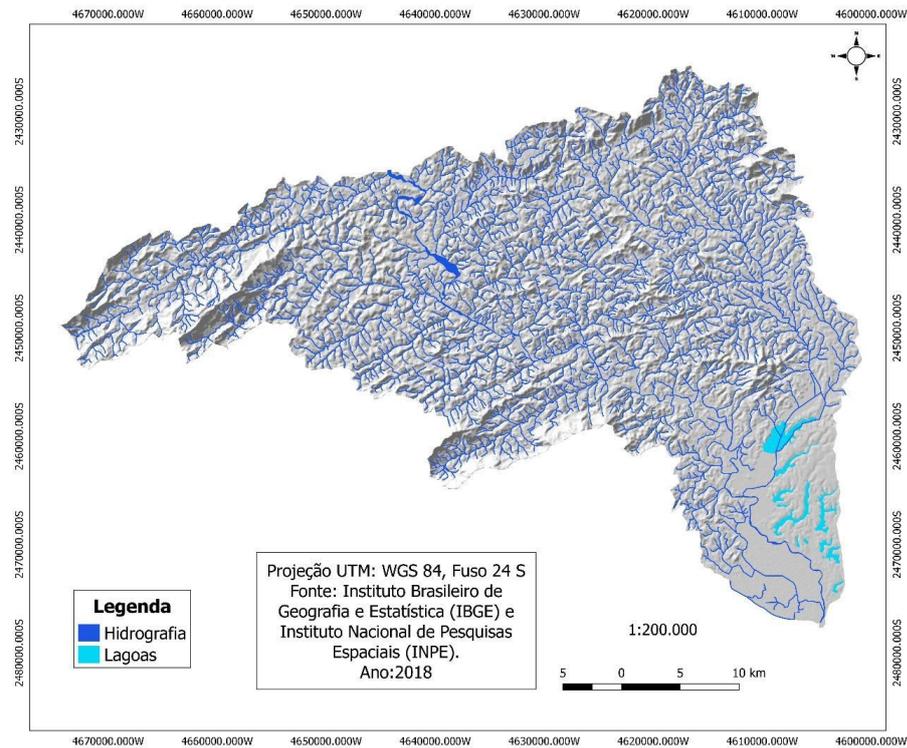


Figura 5: Mapa Hidrográfica da área de estudo.

No que concerne aos aspectos pedológicos, são encontrados na planície flúviomarinha, Neossolos flúvicos, Cambissolos e Gleissolos (PRADO *et al.* 2005). Nos Tabuleiros e nas Colinas, estão presentes os Argissolos amarelos, apresentando forte acidez e baixa fertilidade. Já nas áreas vinculadas a Depressão do Norte-Noroeste Fluminense, são encontrados de forma predominante os Argissolos, com coloração vermelha, amarela e vermelha-amarela com fertilidade média e “apresentam deficiência hídrica prolongada e o relevo movimentado constituindo em fatores limitantes às atividades agrícolas” (PRADO *et al.*, 2005, pág. 34). Nas planícies fluviais ocorrem Gleissolos eutróficos, Planossolos eutróficos e especificamente em algumas áreas do Município de Italva, há a presença de Neossolos flúvicos salinos (PRADO *et al.* 2005).

A cobertura florestal original é a Mata Atlântica. A maior parte da vegetação original foi retirada, para fins de pastagens e agricultura. Prado *et al.* (2005) declara que as pastagens são predominantemente voltadas para a pecuária de leite e corte. Já a agricultura é voltada para a produção canvieira e pequenos produtores agrícolas. A destruição de boa parte da vegetação original pela substituição da agro-

pecuária foi “responsável pela consolidação da ocupação de seu território” (AGE-VAP, 2013, pág. 220).

Ocorrem registros de episódios de desastres relacionados à inundações que datam do início do século 20. Um exemplo é a localidade de Três Vendas, pertencente ao Município de Campos dos Goytacazes, que foi bastante afetada em janeiro de 2012 (figura 6). Este evento de alta magnitude ocasionou o rompimento da BR 356, justamente em uma parte que a rodovia está assentada sobre diques.



Figura 6: Rompimento da BR 356 em janeiro de 2012, próximo a Localidade de Três Vendas. Fonte: Skyscrapercity. Disponível em: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1676024>>

### Enfoque Conceitual

A suscetibilidade é a predisposição para que um determinado fenômeno ocorra. Segundo Cunha e Ramos (2013) significa uma:

Incidência espacial de um processo perigoso. Representa a propensão para uma área ser afetada por um processo perigoso, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência de processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência. (pág.23).

Reckziegel (2012), ressalta que análise da suscetibilidade busca avaliar a característica inerente do meio.

A vulnerabilidade, o perigo e o desastre estão conectados ao entendimento sobre o risco e a suscetibilidade. Almeida (2011) afirma que o risco pode ser tomado como categoria de análise associada às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais e humanos, atrelados não só a processos naturais, mas também a processos oriundos das atividades humanas. Sobre a vulnerabilidade, Nossa (2012) afirma que envolve um conjunto de fatores que podem diminuir ou aumentar os riscos no qual o ser humano está exposto nas diversas situações da sua vida. O perigo, que em muitas ocasiões é confundido com o conceito de risco, é o fenômeno/evento causador do dano, que sempre ocorre na interface sociedade-natureza (DE PAULA E MARANDOLA JR., 2011). Pode ser de origem natural ou antrópica. De acordo com Melo *et al.* (2008) a idéia de perigo ambiental inclui perigos naturais agravados pela ação do ser humano, perigos antrópicos agravados pela natureza, perigos antrópicos que afetam a natureza, dentre outros. Já o desastre é um evento que impacta a sociedade, surgido de um padrão específico de interação entre um evento natural e uma organização social (MATTEDI e BUTZKE, 2001, pág. 15). A partir do momento em que os riscos se tornam concretos tem-se os desastres, os quais são situações ou contextos de perdas e danos de diversos tipos, ocasionados pelo impacto de uma ameaça sobre determinadas condições de vulnerabilidade (ARRÁJIO, 2012, pág. 677).

Inundação é o processo caracterizado pelo extravasamento do volume d'água fluvial, provocado pelo aumento da vazão. Para Kobiyama *et al.* (2006), a inundação, que é popularmente tratada como enchente,

é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. Estas áreas planas próximas aos rios sobre as quais as águas extravasam são chamadas de planícies de inundação. Quando não ocorre o transbordamento, apesar de o rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação. (Pág. 45).

O desmatamento, a pouca ocorrência de mata ciliar e os maus usos da terra contribuem para reduzir o estoque de água nos mananciais, aumento da produção

de sedimentos, erosão das margens e assoreamento nos leitos. Com isso, há um desequilíbrio entre as taxas de interceptação e infiltração.

Em relação aos movimentos de massa, Bigarella (2003 *apud* RECKZIEGEL, 2012) afirma que se constituem no deslocamento de material (solo e rocha) vertente abaixo sob influência da gravidade, desencadeado pela interferência direta de outros agentes independentes. Os fatores que contribuem para a ocorrência desses processos estão relacionados a declividade, estrutura geológica, índice pluviométrico, retirada da vegetação e solos rasos. De acordo com Ministério das cidades/IPT (2007) são classificados em quatro grupos: rastejos (*creep*), escorregamentos ou deslizamentos (*slides*), quedas (*falls*) e corridas (*flows*).

### Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa foi estruturada em quatro etapas: mapeamento temático, mapeamento espaço-temporal de uso da terra, análise hipsométrica e de declividades e geração e análise de produtos cartográficos de suscetibilidade a inundações e movimentos de massa.

A elaboração de mapas temáticos fora baseada nos produtos do projeto “O Estado do Ambiente”, realizado no ano de 2011 pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro. A criação destes mapas foi de suma importância para conseguir avaliar de forma geral a estruturação físico-geográfica da bacia.

Já no mapeamento de uso da terra foi realizado um estudo envolvendo um período de 20 anos, compreendendo os anos de 1995, 2005 e 2015. Foram utilizados para os anos de 1995 e 2005, imagens *landsat 5* (sensor TM). Já para o ano de 2015 foi utilizado imagem do satélite *Landsat 8* (sensor OLI). Foram estabelecidas quatro classes de mapeamento: drenagem, área urbana, vegetação rasteira (pastagens e culturas) e vegetação arbórea (mata primária, secundária e ciliar). O software utilizado foi o SPRING 5.2.7.

Para a geração dos mapas de hipsometria e declividades foi adquirido imagem *Shuttle Radar Topography Mission* do banco de dados geomorfométricos do Brasil (Projeto TOPODATA) disponibilizadas gratuitamente na *internet* e coordenado pelo INPE. A hipsometria apresenta diferença significativa, ocorrendo variação

de 0 a 1029 metros. Este tipo de análise é importante para o reconhecimento de áreas mais elevadas, sujeitas a ocorrência de movimentos de massa e a áreas deprimidas, expostas a ocorrência de inundações. Foram estabelecidas oito classes sendo elas: 0-10 m, 10-50 m, 50-100 m, 100-300m, 300-500 m, 500-700 m, 700-900 m e acima de 900 m. A declividade (tabela I) foi gerada a partir da classificação de INCRA (2012) com base em Lepsch (1983).

Tabela I: Declividades (INCRA 2012 com base em LEPSCH 1983).

| Classes de relevo      | Declividade |                       |
|------------------------|-------------|-----------------------|
|                        | %           | Graus                 |
| Plano                  | 0-2         | 0° a 1°8'45"          |
| Suave Ondulado         | 2-5         | 1°8'45" a 2°51'45"    |
| Ondulado               | 5-10        | 2°51'45" a 5°42'38"   |
| Moderadamente Ondulado | 10-15       | 5°42'38" a 8°31'51"   |
| Forte Ondulado         | 15-45       | 8°31'51" a 24°13'40"  |
| Montanhoso             | 45-70       | 24°13'40" a 34°59'31" |
| Escarpado              | >70         | >34°59'31"            |

Por fim, na avaliação da suscetibilidade, utilizou-se a declividade como parâmetro principal. Para as inundações foram utilizados (Tabela II) as classes definidas por Temporim *et al.* (2013).

Tabela II: Relação entre declividade e processos de inundação e movimentos de massa. Adaptado de Tretin e Robaina (2005) e Prina e Tretin (2014).

| <b>Classes</b>  | <b>Declividade</b> |
|---|--------------------|
| Muito alta  | 0-2%               |
| Alta  | 2-5%               |
| Média   | 5-10%              |
| Baixa   | 10-15%             |
| Muito baixa (neste trabalho é classificada como suscetibilidade desconsiderada) | Acima de 15%       |

Para os movimentos de massa, foram estabelecidas classes (Tabela III) baseado em Moreno (2012):

Tabela III: Classes de Suscetibilidade a movimentos de massa. Adaptado de Moreno (2012).

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 0 a 8% de declive   | Suscetibilidade baixa           |
| 8 a 20% de declive  | Suscetibilidade Moderada        |
| 20 a 45% de declive   | Suscetibilidade Moderada a Alta |
| >45% de declive   | Alta suscetibilidade            |
| Escorregamentos pretéritos (não foi utilizada neste trabalho) | Muito alta suscetibilidade      |

### **Resultados E Discussões**

Os resultados de uso da terra para o ano de 1995 (figura 7a), indicam maior quantidade de classe arbórea (tabela IV), porém já com a predominância da classe rasteira (Tabela 4).

Tabela IV: Porcentagens dos usos no ano de 1995

| <b>Classes</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
|----------------|------------------------------|------------------------|
| Drenagem       | 10.73                        | 0,71                   |
| Área Urbana    | 2.5                          | 0,16                   |
| Rasteiro       | 1145.30                      | 75,72                  |
| Arbóreo        | 353.81                       | 23,40                  |

Já no ano de 2005 (figura 7b) houve aumento da vegetação rasteira (tabela V). Na imagem classificada aparecem algumas porções de acúmulo de água nas margens fluviais, devido a imagem está relacionada a um período chuvoso em que ocorreu inundação (Tabela 4).

Tabela V: Porcentagens dos usos no ano de 2005

| <b>Classes</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
|----------------|------------------------------|------------------------|
| Drenagem       | 17                           | 1,12                   |
| Área Urbana    | 3.87                         | 0,25                   |
| Rasteiro       | 1241.81                      | 82,11                  |
| Arbóreo        | 249.65                       | 16,5                   |

No ano de 2015 (figura 7c) há também o aumento da classe rasteiro (tabela VI) e o reaparecimento de extintas lagoas. Tais corpos hídricos voltaram à paisagem na inundação do ano de 2008, e até hoje permanecem “vivas”, pois as águas das lagoas não foram retiradas para a indústria e agropecuária.

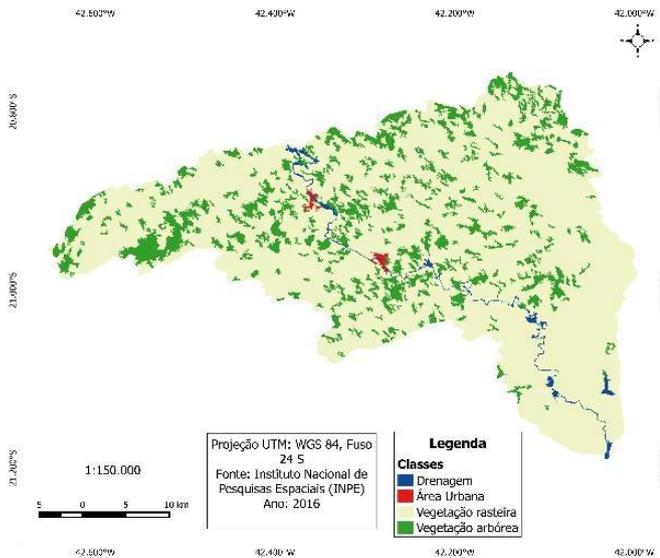
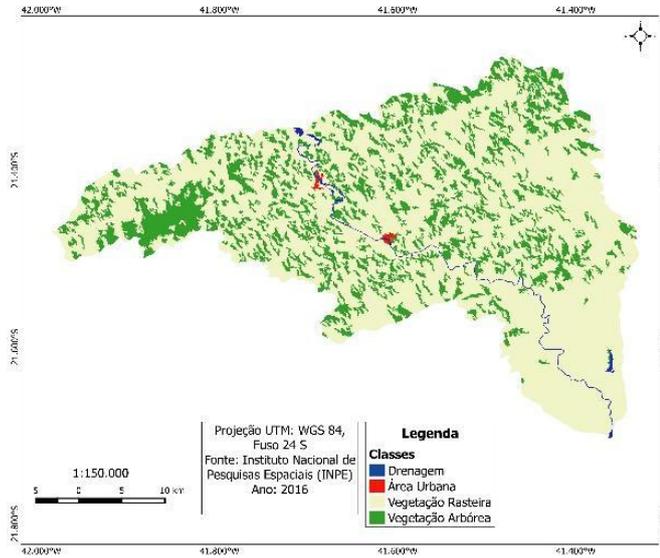
Tabela VI: Áreas Porcentagens dos usos no ano de 2015

| <b>Classes</b> | <b>Área (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
|----------------|------------------------------|------------------------|
| Drenagem       | 13.20                        | 0,87                   |
| Área Urbana    | 3.08                         | 0,20                   |
| Rasteiro       | 1303.36                      | 86,18                  |

# Avaliação de suscetibilidade a inundações

Yuri B. da Silva Sombra, Thiago P. da Silva

|         |        |       |
|---------|--------|-------|
| Arbóreo | 192,70 | 12,74 |
|---------|--------|-------|



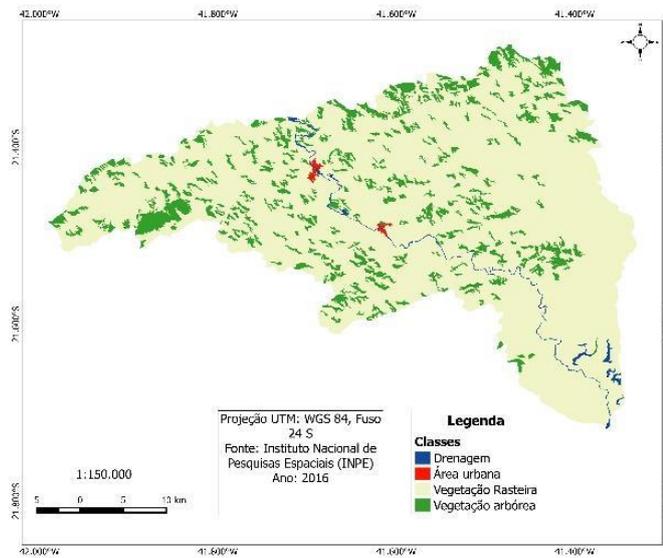


Figura 7: a) Mapas de uso da terra do ano de 1995 (a); 2005 (b); e, 2015 (c).

O mapa de hipsometria (figura 8) se mostrou importante para a compreensão da diversidade geomorfológica e altimétrica, assim como, para a compreensão da sua relação com a ocorrência de inundações e movimentos de massa. O local que possui a maior altitude é a Serra de Monte Verde (Município de Cambuci), localizada no noroeste da área de estudo, seguido pelas Serras da Bandeira (entre Cardoso Moreira e São Fidélis) na parte sudoeste e Santo Eduardo (Campos dos Goytacazes) e o maciço de Morro do Coco (Campos dos Goytacazes), nordeste da área de investigação. Os três últimos locais mencionados chegam até a classe de 700-900 m (tabela VII). Tais compartimentos estão vinculados aos “relevos de serras escarpadas” e “serras isoladas ou locais”. As áreas de menor altimetria estão vinculadas as planícies aluviais e flúviomarinhas, colinas e morrotes, portanto com maior tendência a ocorrência de inundações em detrimento dos movimentos de massa. A classe “100-300 m” é a que predomina. Geomorfologicamente se traduz na ocorrência de morros. Portanto a hipsometria da área de estudo está relacionada a um relevo com predomínio de dissecação, com altas elevações pontuais.

## Avaliação de suscetibilidade a inundações

Yuri B. da Silva Sombra, Thiago P. da Silva

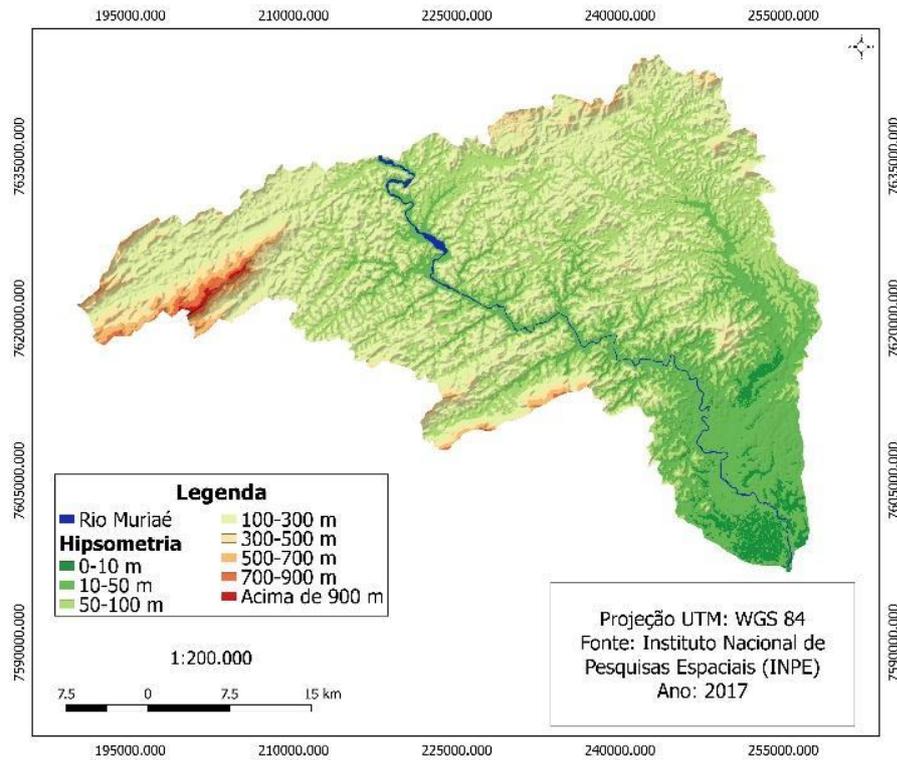


Figura 8: Mapa hipsométrico

Tabela VII: Áreas e porcentagens das classes de Hipsometria

| Classe         | Área km <sup>2</sup> | Porcentagem (%) |
|----------------|----------------------|-----------------|
| 0-10 m         | 38,11                | 2,51            |
| 10-50 m        | 303,06               | 20              |
| 50-100 m       | 438,19               | 29              |
| 100-300 m      | 613,15               | 40,5            |
| 300-500 m      | 76,77                | 5               |
| 500-700 m      | 31,5                 | 2               |
| 700-900 m      | 11                   | 0,72            |
| Acima de 900 m | 2,15                 | 0,14            |

O mapa de declividades (figura 9) apontou para a ocorrência de áreas com declividades acentuada (tabela VIII), com destaque à classe forte ondulado, com 52,35% e as localidades de Serra de Monte Verde (noroeste), Serras da onça (sudes-

## Avaliação de suscetibilidade a inundações

Yuri B. da Silva Sombra, Thiago P. da Silva

te), Bandeira (sudoeste) e Santo Eduardo (nordeste), maciço de Morro do Coco (nordeste) e o Distrito de São João do Paraíso, a noroeste (Município de Cambuci). As áreas com declividades menos acentuadas estão vinculadas as baixadas e tabuleiros da formação barreiras, devido às características planas e suavizadas. A classe de menor abrangência é a plano, com 5,32%.

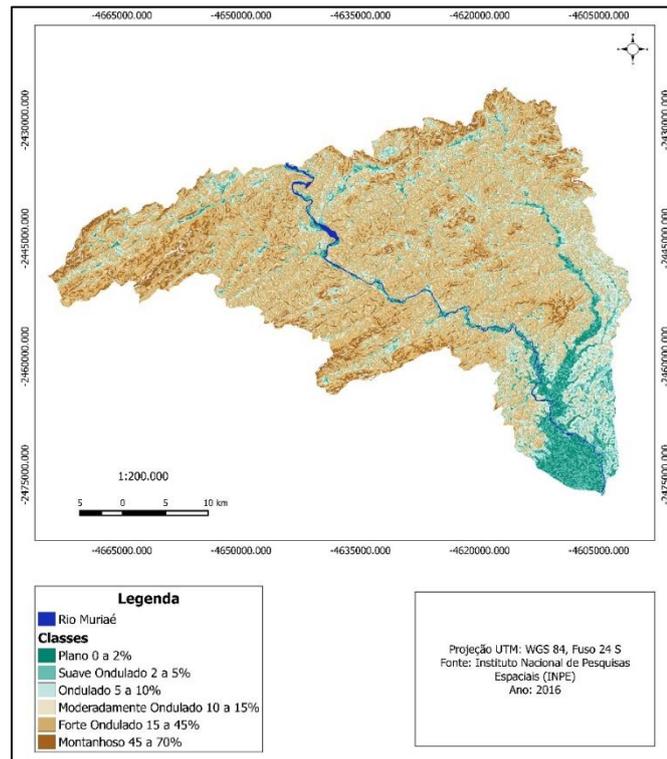


Figura 9: Mapa de declividades

Tabela VIII: Áreas e porcentagens das classes de declividades

| Classes                | Área (Km <sup>2</sup> ) | Porcentagem (%) |
|------------------------|-------------------------|-----------------|
| Plano                  | 79.35                   | 5,32            |
| Suave Ondulado         | 145.33                  | 9,74            |
| Ondulado               | 186.74                  | 12,52           |
| Moderadamente Ondulado | 186.25                  | 12,49           |
| Forte Ondulado         | 780.58                  | 52,35           |
| Montanhoso             | 112.55                  | 7,54            |

Na suscetibilidade a inundações (figura 10), os resultados apontam maior as planícies aluviais e fluviomarinhas, como áreas de maior ocorrência, em especial, no rio Muriaé em Campos dos Goytacazes e planície do ribeirão da onça, estando vinculadas as classes muito alta e alta. As classes predominantes (tabela IX) são média e baixa, com 12,42% e 12,39%. Já a de menor ocorrência são as classes muito alta e alta. Ainda assim, as inundações são os eventos extremos mais recorrentes. A classe suscetibilidade desconsiderada representa áreas com declividade acima de 15%, estando em áreas mais suscetíveis a movimentos de massa.

Tabela IX: Áreas e porcentagens das classes de suscetibilidade a inundações

| <b>Classes</b>                 | <b>Área (Km<sup>2</sup>)</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Muito Alta                     | 79.35                        | 5,28                   |
| Alta                           | 145.33                       | 9,67                   |
| Média                          | 186.74                       | 12,42                  |
| Baixa                          | 186.25                       | 12,39                  |
| Suscetibilidade desconsiderada | 905                          | 60,22                  |

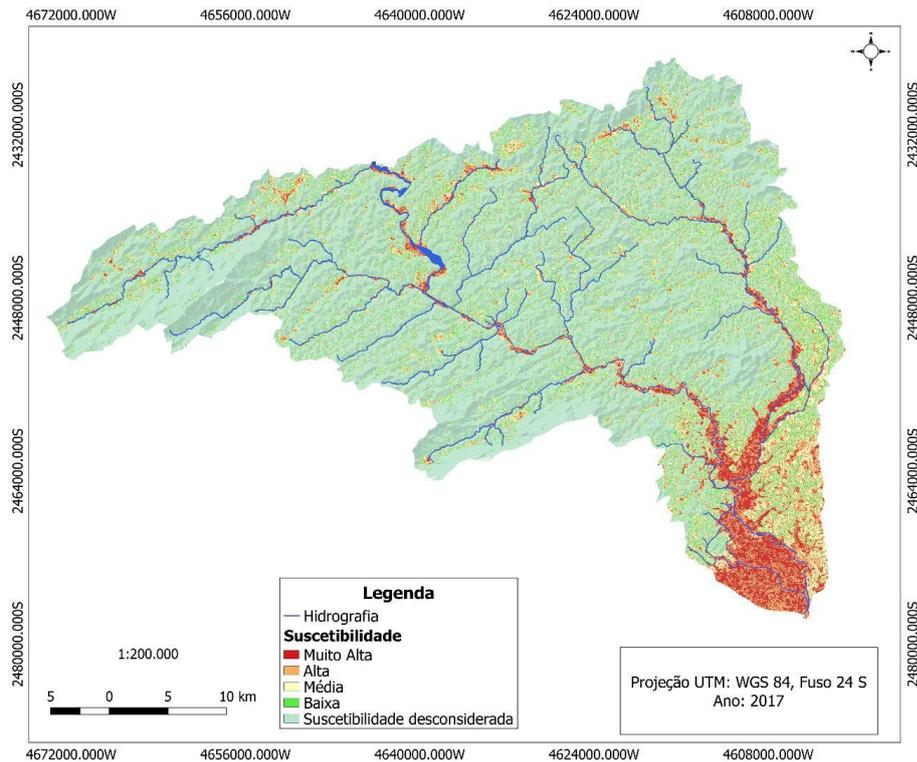


Figura 10: Mapa de suscetibilidade a inundações

A suscetibilidade a movimentos de massa (figura 11) aponta maior tendência para a ocorrência da classe “moderada”, representando 40% (tabela X). Esta classe está vinculada geralmente a ocorrência de colinas, com declives entre 8 a 20%, com destaque a localidade de Vila Nova de Campos e o Município de Cardoso Moreira. Os locais com alta suscetibilidade são onde predominam declives acentuados, acima de 45% e muita das vezes, com altitudes acima de 300 m. Os pontos de destaque estão a nordeste, na Serra de Santo Eduardo e Maciço do Morro do coco, a noroeste, na Serra de Monte Verde, a sudoeste na Serra da Bandeira e a sudoeste na Serra da Onça. A classe “moderada a alta” possui a segunda maior porcentagem, com áreas de relevo forte ondulado e relacionado a classe hipsométrica de “100-300 m”, como nas localidades de Italva e Cardoso Moreira. Já a classe “baixa” está relacionada aos locais de deposição e inundação, sendo, portanto, áreas de baixadas. Mas também, há relação com áreas que predominam erosão, como nas transições entre a planícies e colinas.

Tabela X: Áreas das classes de suscetibilidade a movimentos de massa.

| Classes         | Área (km <sup>2</sup> ) | Porcentagem (%) |
|-----------------|-------------------------|-----------------|
| Alta            | 336.53                  | 22,39           |
| Moderada a Alta | 441                     | 29,34           |
| Moderada        | 600.76                  | 40              |
| Alta            | 124.35                  | 8,27            |

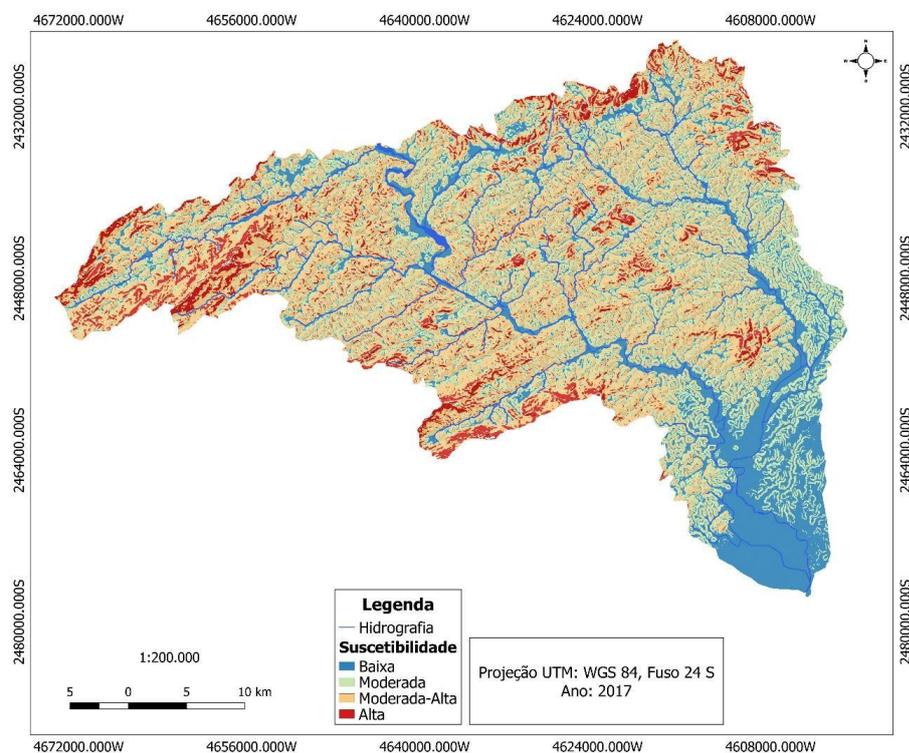


Figura 11: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa

Por ser uma área de baixo curso e apresentar baixas amplitudes altimétricas, o processo de inundação é mais recorrente e é o que mais impacta a população, como é possível confirmar no estudo de Reis e Amorim (2014) e Ferreira *et al.* (2015). Porém a suscetibilidade a movimentos de massa, também se mostrou como um processo que precisa de maior atenção, em especial nas áreas mais elevadas citadas neste trabalho, que de acordo com Prado *et al.* (2005), possuem solos rasos, fator que contribuem na ocorrência destes movimentos, assim como as altas declividades destas áreas.

A presente área de estudo é marcada por ciclos de estiagens e de alta pluviosidade, sobretudo no verão, na qual atuam como catalisadores do risco. De acordo com os mapas de uso da terra, há um aumento da vegetação rasteira, na qual contribui em maiores taxas de erosão e assoreamento onde os caminhos de fluxo d'água dão espaço aos sedimentos, potencializando a ocorrência de inundações. As áreas de alta elevação, que são propícias aos movimentos de massa, precisam ser preservadas, em especial, realizando o reflorestamento dos topos para que possa preservar as nascentes, pois estas ações contribuem para o aumento das taxas de interceptação, infiltração e alimentação dos fluxos subsuperficiais e subterrâneos.

### Considerações Finais

O presente trabalho objetivou estabelecer um panorama sobre a suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa no baixo curso da bacia de drenagem do rio Muriaé. Os métodos utilizados contribuíram para a compreensão destes fenômenos, porém também se faz necessário investigar os mecanismos da suscetibilidade a inundações e movimentos de massa utilizando mais parâmetros, através do cruzamento de dados. Os mapas de uso da terra ajudaram a estabelecer uma relação a tais fenômenos, apontando também o aumento da degradação ambiental. Já a análise hipsométrica e das declividades auxiliaram a pesquisa de maneira concisa.

Os mapas de suscetibilidade apontam que o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Muriaé (RJ) apresenta áreas sujeitas tanto a inundações como a movimentos de massa. Nas áreas mais altas e de forte inclinação ocorre a maior suscetibilidade a movimentos de massa, em locais relacionados ao embasamento Pré-cambriano, que exerce controle estrutural sobre os alinhamentos serranos, estando em maiores proporções nas porções noroeste, nordeste, sudoeste e sudeste da bacia. Nas áreas com as menores cotas altimétricas (inferiores a 50 m) e menos declivosas (inferiores a 10 %), formadas por depósitos sedimentares quaternários, correspondem as planícies flúviomarinhas e fluviais, sendo as mais propensas a ocorrência de inundações.

As questões sobre o risco precisam estar presentes no cotidiano popular, na qual se possa valorizar a percepção de quem convive com os riscos. É importante

analisar o referencial histórico, pois a cultura e a memória social são fundamentais nas análises dos riscos ambientais. A suscetibilidade é apenas uma parte da avaliação do risco, porém apresenta informações que fornecem base para estudos específicos.

### **Referências Bibliográficas**

AGÊNCIA DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL- AGEVAP. Avaliação Ambiental Integrada das Bacias dos rios Muriaé, Pomba, Piabanha, Paraibuna e Preto, afluentes do rio Paraíba do Sul. Nova Lima, 2013.

AGÊNCIA DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL- AGEVAP; FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE PROJETOS, PESQUISAS E ESTUDOS TECNOLÓGICOS – COPPETEC. Caderno de Ações da Bacia do Rio Muriaé. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/Caderno%206%20-%20Muriae.pdf>>. Acesso em 30/12/2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul, R31 – Papel dos Afluentes nas Cheias e Pontos Críticos para o SIEMEC. Engecorps - Brasília: ANA, SUM/SPR, 2011. 51p.

ALMEIDA, L. Q. de. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na geografia. **Mercator (Fortaleza. Online)**, v. 10, p. 83-99, 2011.

ARAÚJO JR, A. C. R. Gestão de riscos naturais na Amazônia: ranços e avanços. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, V.1, N.4, p.676 – 686, 2012.

CÂMARA, G. et al. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. INPE. São José dos Campos. 2001.

COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS (CPRM); UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ). Geologia e recursos minerais da folha Itaperuna. Belo Horizonte, 2012.

COMPANHIA BRASILEIRA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. In: **Projeto Rio de Janeiro**. Brasília, CPRM, 2000.

---

\_\_\_\_\_. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro. In: Projeto Rio de Janeiro. Brasília, CPRM, 2ª ed., 2001.**

CUTTER, S.L. **Vulnerability to environmental hazards. Progress in Human Geography**, v.20, n.4, p. 529-539, dec., 1996.

DE PAULA, L.T. e MARANDOLA JR, E. Memória e experiência no estudo da vulnerabilidade do lugar. In: 12 Encuentro de Geógrafos de América Latina, 2009, **Montevideo. Anales**. Montevideo: Gega, 2009.

FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE PROJETOS, PESQUISAS E ESTUDOS TECNOLÓGICOS – COPPETEC. **Análise e Qualificação Sócio-Ambiental do Estado do Rio de Janeiro** (escala 1:100.000): subsídios ao ZEE -Zoneamento Ecológico Econômico. Rio de Janeiro, 2008.

HANNIGAN, John. **Sociologia Ambiental**. Petrópolis: Vozes, 2009. 270 p.

JONES, D. **Environmental hazards in the 1990s: problems, paradigms and prospects. Geography**, v.78, n.2, p. 161-165, 1993.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.DE O; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F;MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF,F.M. **Prevenção de desastres naturais-Conceitos básicos**; Ed. Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, PR, pp109, 2006.

MARANDOLA JR. e HOGAN, D.J. **O risco em perspectiva: tendências e abordagens**. Geosul, Florianópolis, v. 19, n. 38, p 25-58, jul./dez. 2004.

---

\_\_\_\_\_. Vulnerabilidade e perigos naturais nos estudos de população e ambiente. In: HOGAN, Daniel J. (Org.) **Dinâmica populacional e mudança ambiental**. Campinas: Nepo, 2007. p. 73-86.

MATTEDI, A. e BUTZKE, I. **A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres**. Ambiente e Sociedade (Campinas), Campinas, v. IV, n.9, p. 93-114, 2001.

MELO, J.A.B. et al. Abordagem teórico-conceitual sobre riscos e perigos e sua manifestação no semiárido brasileiro através da desertificação. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v.2, n.2, p. 164-176, 2008.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

MORENO, D. A. **Mapeamento de Suscetibilidade a movimentos de massa. Projeto Parques e Fauna: Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Municipal da Ponta do Araçá.** Florianópolis, 2012.

NOSSA, L.C. **População e áreas de risco: o caso das inundações na área central de São José do Rio Preto-SP.** Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geografia). UNESP/Rio Claro, 2012.

NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; VILAS BOAS, G. S. Grupo Barreiras: Características, Gênese e Evidências de Neotectonismo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Embrapa Solos. Online)**, v. 194, p. 1-31, 2011.

PRADO, R.B. et al. **Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do Rio Muriaé.** Rio de Janeiro: Embrapa, 2005.

RECKZIEGEL, E.W. **Identificação e Mapeamento das áreas com perigo de movimento de massa no Município de Porto Alegre, RS.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Porto Alegre – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

REIS, C.H; AMORIM, R.R. Uso de sensores remotos com diferentes resoluções espectrais para a caracterização do uso e ocupação das terras de áreas com risco à inundação dos municípios de Itava e Cardoso Moreira, Rio de Janeiro, Brasil. Congresso Internacional de Riscos, 3, 2014, Guimarães, Braga, Portugal, 5 a 7 de novembro de 2014. Anais...Guimarães, Braga: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, 2014.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria Estadual do Ambiente. **O Estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: SEA; INEA, 2011, 160 p.

SKYSCRAPERCITY. Campos dos Goytacazes. Disponível em: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1676024>> Acesso em 15/03/2016.

TEMPORIM, F.A; ALVARENGA, C.A.T; FORTES, P.T.F.O. **Estudo de manchas de inundação utilizando imagem SRTM nas proximidades da área urbanizada da**

**sede do município de Alegre-ES.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. Anais... Foz do Iguaçu, PR: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013.

TIMMERMAN, P. Vulnerability, resilience and the collapse of society. Toronto: Institute for Environmental Studies, University of Toronto, 1981 [Environmental Monograph n.1].

TOMINAGA, L.K; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

TUPINAMBÁ, M. et al. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. **Geonomos**, V. 15, P. 67-79, 2007.

WATTS, M.J. e BOHLE, H.G. **The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine.** **Progress in Human Geography**, London, v.17, n.1, 1993.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geomorfologia, Análise Ambiental e Geoprocessamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 48-58, 2000.

Recebido em 14 fev. 2018

Aceito em 9 mar. 2018.