



# ANÁLISE DE MAPAS DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO PARA O MUNICÍPIO DE UNAÍ- MG

W. A. Oliveira Jr<sup>1</sup>, A. Silveira<sup>2</sup>, F. R. Amorim<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista – Presidente Prudente, Brasil

Comissão V – Gestão Territorial e Cadastro Técnico Multifinalitário

## RESUMO

A crescente utilização do Geoprocessamento tem proporcionado um maior dinamismo e eficácia na classificação dos solos e conseqüente aperfeiçoamento dos sistemas de classificação, o que torna possível estabelecer técnicas apropriadas, as quais facilmente se adaptarão a qualquer terreno ou área, com bem como qualquer tipo de solo a ser estudado. É relatado no presente artigo informações adquiridas a partir da análise da Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa do município de Unaí- MG. As análises indicam que as áreas com classe baixa a suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa estão localizadas entre as serras e feições de hidrografia, ainda, entre apenas hidrografias para regiões com relevo plano ( $>10^\circ$ ). Para a suscetibilidade a inundações, o município possui um total possível de 9,57% das áreas possíveis de ocorrência do fenômeno, sendo a maior predominância com alto nível, 6,72%.

**Palavras-chave:** Susceptibilidade, Gravitacional, Inundação, Unaí-MG.

## ABSTRACT

The increasing use of GIS has provided a greater dynamism and effectiveness in the classification of soils and consequent improvement in the rating systems, which makes it possible to establish proper techniques, which easily adapt to any terrain or area with any type of soil to be studied. It is reported in this article information acquired from the analysis of susceptibility to gravitational Mass Movements in the town of Unaí, Minas Gerais. The analysis indicates that the areas with low class the susceptibility to gravitational mass movements are located between the mountain ranges and hydrographic features, still, among hydrography only for regions with relief plan ( $> 10$ ). For the susceptibility to floods, the municipality has a total possible of 9.57% of the possible areas of occurrence of the phenomenon, being the largest predominance with high level, 6.72%.

**Keywords:** Susceptibility, Gravitational, Flooding, Unai-MG.

## 1. INTRODUÇÃO

As cartas de suscetibilidade são documentos cartográficos elaborados em atendimento à Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Um tipo de carta de suscetibilidade é a carta de suscetibilidade a movimentos de massas e inundação. Tais cartas visam contribuir com a prevenção de desastres naturais ao orientar sobre o ordenamento territorial de municípios sujeitos a processos do meio físico como deslizamentos, corridas de massa, inundações e enxurradas (IPT, 2017).

Os movimentos gravitacionais de massa analisados para fins de mapeamento de áreas suscetíveis ao movimento de solos e rochas, são: deslizamento; rastejo; queda de rocha e corrida de massa. Os processos hidrológicos analisados para fins

de mapeamento de áreas suscetíveis são a enxurrada e a inundação.

Para os trabalhos de mapeamento, dado o objetivo de construir bases tecnológicas para o desenvolvimento de um modelo de abordagem, considera-se que a suscetibilidade pode ser inicialmente analisada por meio de fatores predisponentes intrínsecos à natureza dos terrenos (IPT, 2017). Nesse âmbito, ainda que uma área tenha sido modificada em relação a suas características, seja pela urbanização ou por outros tipos de intervenções e, dessa forma, passe a favorecer ou desfavorecer o desenvolvimento de processos do meio físico, pressupõe-se que os fatores predisponentes podem ainda estar presentes e, portanto, devem ser considerados para fins de planejamento e gestão territorial (IPT, 2017).

As zonas apontadas na carta indicam áreas de predominância quanto ao processo analisado. Não indicam a trajetória e o raio de alcance dos materiais mobilizáveis e, tampouco, a interação entre os processos. A classificação relativa (alta, média, baixa) aponta áreas onde a propensão ao processo é maior ou menor em comparação a outras. Dentro das zonas, pode haver áreas com classes distintas, mas sua identificação não é possível, devido à escala da carta. Nos terrenos, a transição entre as classes tende a se apresentar de modo mais gradual. Suscetibilidade baixa não significa que os processos não poderão ser gerados em seu domínio, pois atividades humanas podem modificar sua dinâmica. A presença de feições associadas a processos pode alterar localmente a classe indicada. O município de Unaí-MG apresenta ocorrência dos fenômenos de deslizamentos e enxurradas. Para tanto, é necessário analisar o mapa de susceptibilidade local.

Objetiva-se, de forma geral neste artigo: identificar variáveis de análise utilizadas no mapeamento e seus resultados; identificar as características das variáveis definidas para classes de susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa, ainda, analisá-la quanto a sua distribuição espacial no mapa; identificar características e distribuição espacial; caracterizar o fenômeno e distribuição espacial das feições/processos correlatos/corridas de massa e enxurradas; por fim, identificar informações trazidas pela nota explicativa.

### 1.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E ESPECIFICAÇÃO DOS DADOS

A área de estudo pertence ao município de Unaí-MG. De acordo com o IBGE (2017), o município de Unaí possui: 79,9 % arborização de vias públicas; 79% de esgotamento sanitário adequado (2010); 27,8 % de urbanização de vias públicas (2010); 8.448,082 km<sup>2</sup> em área da unidade territorial (2015); população estimada em 2016 de 3.448 pessoas e população no último censo (2010) de 77.565 pessoas.



Figura 1. Mapa Localização do Município de Unaí-MG. Fonte: CPRM, 2014.

A base cartográfica digital utilizada pela CRTM para projeto e produção da carta foi obtida a partir dos arquivos vetoriais disponibilizados pelo IBGE (2013), na escala 1:250.000, ajustada às imagens do satélite RapidEye com resolução espacial de 5,0m e ano de imageamento 2008. Esta base foi editada e atualizada pela Divisão de Cartografia da CPRM (DICART).

### 2. VARIÁVEIS DE ANÁLISE UTILIZADAS NO MAPEAMENTO: MAPAS TEMÁTICOS

Variáveis de análise foram utilizadas para compor o mapa de susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações de Unaí, tais como para compor os mapas de: hipsometria (altitude em metros); declividade (porcentagem); relevo (padrões de relevo presentes na área); precipitações médias anuais e mensais (isoietas- unidade de medida em milímetros). A escolha desses mapas para inclusão na carta síntese visa auxiliar a leitura combinada com a interpretação relacionada aos zoneamentos de susceptibilidades a movimentos gravitacionais de massa e a inundações

As delimitações de cada região contam com utilização de Modelos Digitais de Superfície- MDS ou Modelo Digital do Terreno- MDT, sobre os quais são gerados os modelos sombreados do relevo e o mapa de declividade, bem como os dados vetoriais de altimetria e hidrografia e as ortofotos de alta resolução

O mapa de hipsometria de Unaí-MG (Figura 2), mostra altitudes do local variando entre 500 e 1000 metros. Existe um predomínio de entre 500-600 metros de altitude na região sul, assim como 800-1000 nas regiões nordeste e sudoeste.

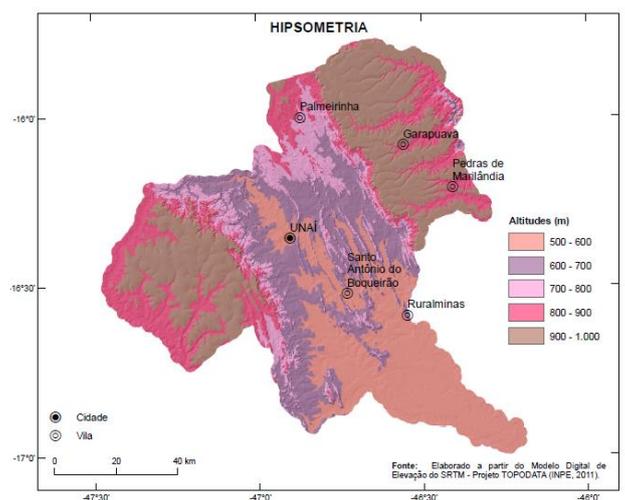


Figura 2. Mapa de Hipsometria de Unaí-MG. Fonte: CPRM, 2014.

O mapa de declividade de Unaí-MG (Figura 3) está dividido em nove classes, ele varia de 0 a 45 % para a inclinação das vertentes. No entanto, percebe-se no mapa a inclinação variando de 0 a 17 %. As áreas com maior declividade também são as áreas apontadas

com maior nível a suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (marrom escuro no mapa de movimentos gravitacionais e cinza escuro no mapa de declividade).

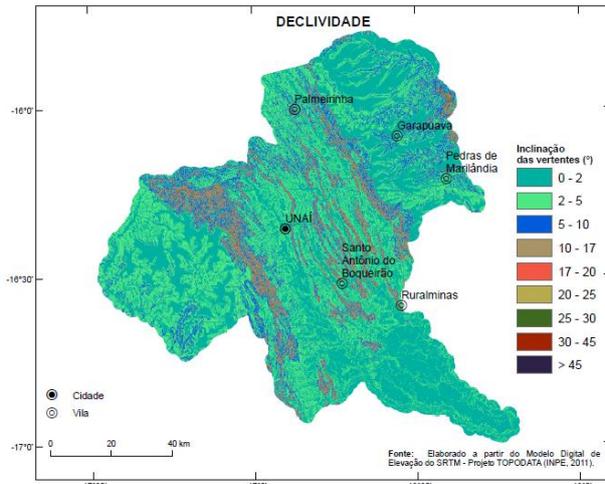


Figura 3. Mapa de Declividade de Unaí-MG. Fonte: CPRM, 2014.

Segundo a EMBRAPA (1999), a “classificação de solos no Brasil tem sido matéria de interesse essencialmente motivado pela necessidade decorrente de levantamentos pedológicos, os quais por natureza, constituem gêneros de trabalho indutor de classificação de solos”.

A identificação dos padrões de relevo é executada por meio de fotointerpretação, considerando basicamente as informações de declividades e amplitudes e de ortofotos (IPT, 2013). São identificados na legenda do mapa de Unaí-MG (Figura 4) quatorze padrões de relevo, os principais identificados são os platôs e chapadas, tabuleiros, planícies e planaltos aluviais, por fim, superfícies aplanadas.

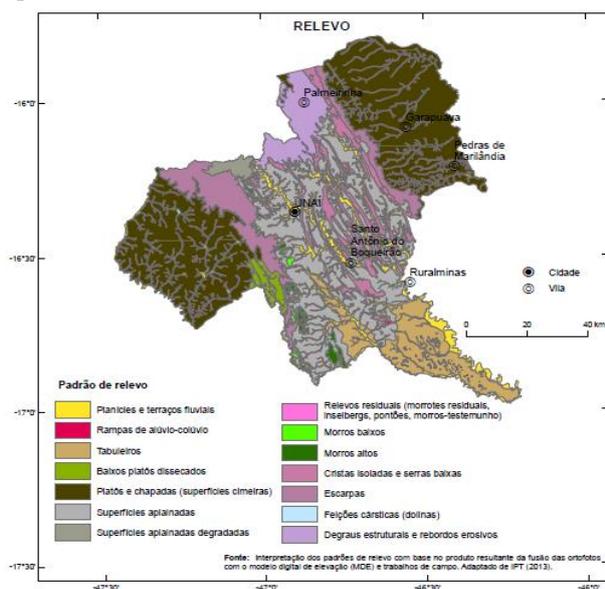


Figura 4. Mapa de Relevo de Unaí-MG. Fonte: CPRM, 2014.

## 2.1 DADOS DE CHUVA

Os dados referentes ao regime de chuvas são tratados e apresentados por meio de isoietas, hietogramas e equações de chuvas (dadas pelas relações denominadas IDF - Intensidade-Duração-Frequência). Os dados de chuva têm como fonte o projeto Atlas Pluviométrico da CPRM (Pinto *et al.* 2011).

Para o município de Unaí, as precipitações anuais e mensais foram plotadas em um mapa (Figura 5), as isoietas registram médias anuais de 1977 a 2006. Ainda, cinco classes de precipitação representadas pela cor azul no mapa mostram a variação entre 1300 e superior a 1600mm.

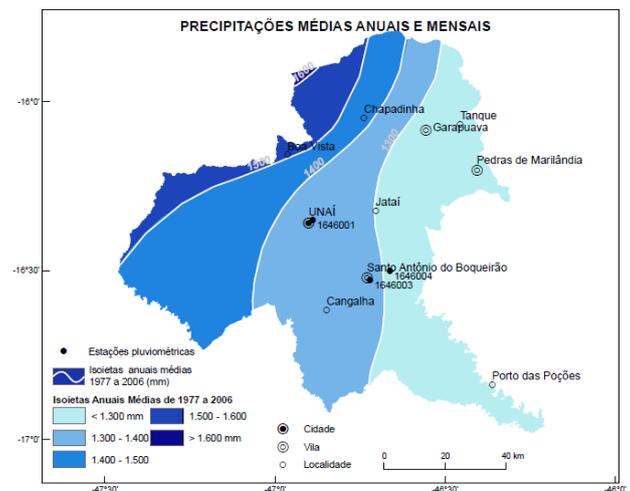


Figura 5. Mapa de Precipitações de Unaí-MG. Fonte: CPRM, 2014.

## 3. CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

O termo suscetibilidade representa a predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013). A suscetibilidade de um determinado terreno pode ser representada por meio de cartas ou mapas, um exemplo é o mapa de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação.

O objetivo desta carta é cartografar áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundação. As áreas recebem classificação quanto aos seus níveis: alto; médio e baixo. Os municípios brasileiros priorizados pelo Governo Federal estão relacionados, principalmente, com antecedentes de movimentos de massa e inundações em seus territórios. A utilização da carta pressupõe consulta prévia ao documento técnico que a acompanha, denominado Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, 1:25.000 - Nota Técnica Explicativa (atualizado em 22/04/2015). A CPRM disponibiliza para o projeto e uso de mapas de suscetibilidade:

Cartas de Suscetibilidade contendo as áreas suscetíveis e encartes dos temas, tais como hipsometria, declividade, padrões de relevo, dados hidrológicos e, ocasionalmente, litologias (formato PDF).

Banco de dados em SIG (formatos *shapefile* e *raster*). As informações sobre o conteúdo e as especificações do SIG podem ser consultadas através do Glossário de Abreviações dos Dados Vetoriais e Matriciais.

Banco de dados geográfico do projeto.

As informações geradas para a elaboração de carta estão em conformidade temática com as escalas 1:50.000 (AC, AM, AP, PA, RO e RR) e 1:25.000 (demais estados), podendo a carta eventualmente ser apresentada em escalas menores. Portanto, existe material disponível com abrangência de todo o território nacional.

Os quadros-legendas são elaborados para cada grupo de processos abordados, tendo em conta as peculiaridades envolvidas. De acordo com cada classe de suscetibilidade mapeada, incluem-se: registro fotográfico de um local correspondente, procurando-se ilustrar, na paisagem, os fatores predisponentes envolvidos, as características predominantes do meio físico e os indicadores da incidência espacial, em relação ao território municipal e às áreas urbanizadas, expressos em área (km<sup>2</sup> e %).

O quadro -legenda a - suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (Figura 6) traz classificação de baixa, média e alta para área de estudo. A variação cor marrom representa a susceptibilidade na área mapeada. No geral, as áreas de alto risco no mapa acompanham linearmente feições de hidrografia pelas serras (indicadas por toponímias no mapa). Ainda, estão localizadas na região central do município. Essas áreas apresentam amplitudes superior a 40 m e declividades superiores a 13° para Unaí-MG.

As áreas com risco médio a movimentos gravitacionais apresentam amplitudes superiores a 20 m e declividade acima de 10°. Essas áreas estão localizadas nas regiões nordeste e sudeste do município. As áreas com classe baixa estão localizadas entre as serras e feições de hidrografia, bem como entre apenas hidrografias para regiões com relevo mais plano (>10°).

QUADRO-LEGENDA A - SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA		Área		Área urbanizada/edificada		
Classe	Fotos Ilustrativas	Características predominantes	km <sup>2</sup>	% <sup>(*)</sup>	km <sup>2</sup>	% <sup>(**)</sup>
Alta		<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: predominante nas encostas, serras baixas, relevos residuais e montes altos, ocorrendo também em degraus estruturais e montes baixos;</li> <li>Forma das encostas: côncavas, convexas e retilíneas;</li> <li>Amplitudes: &gt; 40 m;</li> <li>Declividades: &gt; 13°;</li> <li>Litologia: arenito, feldspato, siltito, argilito, calcário, calcário, dolomito e metapelito;</li> <li>Composição de fragmentos/estruturas: alta;</li> <li>Solos: profundos e evoluídos em determinadas regiões e rasos e pouco evoluídos em outras;</li> <li>Processos: deslizamento, queda de rocha, erosão e rastejo;</li> </ul>	569,44	6,7	0,01	0,0
Média		<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: ocorre em encostas, serras baixas, superfícies cónicas, talões planos dissecados, degraus estruturais e relevos erosivos, montes altos, montes baixos e serras residuais;</li> <li>Forma das encostas: côncavas, convexas e retilíneas;</li> <li>Amplitudes: &gt; 20 m;</li> <li>Declividades: &gt; 10°;</li> <li>Litologia: siltito, quartzo, arenito, siltito, argilito, calcário, dolomito, margo, silteito e metapelito;</li> <li>Composição de fragmentos/estruturas: média;</li> <li>Solos: evoluídos e profundos;</li> <li>Processos: deslizamento, queda de rocha, erosão e rastejo;</li> </ul>	596,12	7,1	0,32	1,0
Baixa		<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: planícies e terraços fluviais, superfícies cónicas, rampas de alúvio-cólicas, talões planos dissecados, superfícies apaxadas, superfícies apaxadas degradadas, tabuleiros, dolinas, montes baixos, degraus estruturais e relevos erosivos;</li> <li>Forma das encostas: retilíneas, convexas e côncavas suavizadas e topos amplos e planos;</li> <li>Amplitudes: &lt; 40 m;</li> <li>Declividades: &lt; 12°;</li> <li>Litologia: siltito, quartzo, arenito, feldspato, siltito, argilito, calcário, dolomito, margo, silteito, metapelito e sedimentos inconsolidados;</li> <li>Composição de fragmentos/estruturas: baixa;</li> <li>Solos: aluviais e moderadamente evoluídos a evoluídos;</li> <li>Processos: solapamento de margem e rastejo;</li> </ul>	7290,85	86,2	31,26	99,0

Figura 6. quadro -legenda a - suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa em Unaí-MG. Fonte: CPRM, 2014.

O quadro -legenda b – para suscetibilidade a inundações (Figura 7), representa por meio da cor azul a variação nas classes alta, média e baixa. As áreas representadas por essa características acompanham os leitos da hidrografia local e permitem identificar o grau de escoamento superficial local. Para tanto, áreas com nível alto são planícies de amplitudes e declividades muito baixas; áreas com nível médio são planícies e terraços fluviais baixos e com amplitudes e declividades baixas; por fim, a classe baixa apresenta relevo com planícies e platôs com baixa declividade. Vale reconsiderar que o município não apresenta altas declividades, no entanto, as áreas de baixo nível (de susceptibilidade a inundações podem inundar acima de 5m em relação à borda do leito e de alto nível chegar a 3m acima do leito. A maior predominância é de áreas com alto nível (6,72% da área total do município).

QUADRO-LEGENDA B - SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES			Área		Área urbanizada/edificada	
Classe	Fotos Ilustrativas	Características predominantes	km <sup>2</sup>	% <sup>(*)</sup>	km <sup>2</sup>	% <sup>(**)</sup>
Alta		<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: planícies com amplitudes e declividades muito baixas;</li> <li>Solos: hidromórficos, úmidos, em terrenos situados ao longo de curso d'água, lagoas e dolinas;</li> <li>Altura de inundação: até 3 m em relação à borda da calha do leito regular de curso d'água;</li> <li>Processos: inundação, enchente e assoreamento;</li> </ul>	567,52	6,72	1,98	6,02
Média		<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: planícies e terraços fluviais baixos, com amplitudes e declividades baixas;</li> <li>Solos: hidromórficos e não hidromórficos, em terrenos argilo-arenosos e com níveis d'água subterrâneo raso a pouco profundo;</li> <li>Altura de inundação: entre 3 e 5 m em relação à borda da calha do leito regular de curso d'água;</li> <li>Processos: inundação e assoreamento;</li> </ul>	171,90	2,03	0,48	1,47
Baixa		<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: planícies e platôs com baixa declividade;</li> <li>Solos: não hidromórficos, em terrenos predominantemente arenó-argilosos, com níveis d'água subterrâneo pouco profundo;</li> <li>Altura de inundação: acima de 5 m em relação à borda da calha do leito regular de curso d'água;</li> <li>Processos: inundação;</li> </ul>	69,61	0,82	0,27	0,82

(\*) Percentagem em relação à área do município; (\*\*) Percentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

Figura 7. Quadro -legenda b – para suscetibilidade a inundações de Unaí-MG. Fonte: CPRM, 2014.

Para as bacias de drenagem suscetíveis a corridas de massa e enxurradas, a legenda (Figura 8) da carta aponta a incidência de bacias de drenagem com alta suscetibilidade a corridas de massa e enxurradas; e bacias de drenagem com alta suscetibilidade apenas a enxurradas.

Corridas de massa e Enxurradas	
	Bacia de drenagem com alta suscetibilidade à geração de enxurradas, que podem atingir trechos planos e distantes situados a jusante, induzindo, ainda, solapamento de talude marginal (incidência: 92,93 km <sup>2</sup> , que corresponde a 1,10% da área do município; e 0,00 km <sup>2</sup> , que corresponde a 0,00% da área urbanizada/edificada do município)
	Bacia de drenagem com alta suscetibilidade à geração de corridas de massa e enxurradas, que podem atingir trechos planos e distantes situados a jusante, induzindo, ainda, solapamento de talude marginal (incidência: 912,43 km <sup>2</sup> , que corresponde a 10,80% da área do município; e 0,33 km <sup>2</sup> , que corresponde a 1,00% da área urbanizada/edificada do município)

Figura 8. Legenda e descrição para bacias de drenagem suscetíveis a corridas de massa e enxurradas. Fonte: CPRM, 2014.

As bacias de drenagem com alta suscetibilidade a corridas de massa e enxurradas estão localizadas entre a parte mais ao norte do Rio Cana Brava e a Serra Geral do Rio Preto, bem como nas Serras Barrinha, Baruzeiro e São Pio. As áreas com rios de apenas enxurradas estão localizadas nas áreas

com alto risco de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa (marrom escuro). Observa-se ainda, os locais de enxurradas como sendo dispostos nas nascentes da bacia.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho consistiu na realização análise de um mapa (Figura 9) de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação de UNAI-MG. Os resultados são apresentados por meio da conceituação e estudo de caso de da carta fornecida pela CPRM, uma vez que a mesma foi desenvolvida para ser utilizada na tomada de decisões da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, com vistas à prevenção de desastres naturais.

A carta tem caráter informativo e é elaborada para uso exclusivo em atividades de planejamento e gestão do território, apontando-se áreas quanto ao desenvolvimento de processos do meio físico que podem ocasionar desastres naturais. As informações geradas para a elaboração da carta estão em conformidade com a escala 1:25.000, podendo eventualmente ser apresentada em escalas menores. Para o estudo de caso, o mapa é apresentado na escala 1:250.000, estando assim, em conformidade.

Na carta, não é indicada a trajetória e o raio de alcance dos fenômenos mapeados. Dentro das zonas mapeadas, pode haver áreas com classes distintas, mas sua identificação não é possível devido à escala da carta, o quanto menor a escala, menor o grau de detalhamento da superfície.

Estudos mais detalhados em nível local são necessários para fomentar os dados gerados. Nas áreas urbanizadas/edificadas, o grau de influência da ocupação existente reflete na alteração das classes indicadas. A incidência de suscetibilidade alta em áreas urbanizadas pressupõe condições com potencial de risco maior e requer estudos específicos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. Brasil em síntese. Disponível online: <http://www.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/mg/unai/panorama>. Acesso em maio, 2017.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas- IPT. Nota Técnica Explicativa CPRM IPT. Publicação 3016, 1 ed., 2017. Disponível online: [http://www.ipt.br/noticias\\_interna.php?id\\_noticia=834](http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=834). Acesso: Maio, 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco. Disponível em: [http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/m anuais/Mapeamento/mapeamento-grafica.pdf](http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/m%20anuais/Mapeamento/mapeamento-grafica.pdf). Acesso: Maio, 2017.

PINTO, E. J. de A. et al. (Coord.). Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1:5.000.000. (Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade; Sistema de Informação Geográfica - SIG - versão 2.0).

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA, 1999.