

Escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brasil: uma abordagem preliminar, segundo indicadores geomorfológicos e socioeconômicos

Landslides in Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brazil: a preliminary approach, according to geomorphological and socioeconomic indicators

Caio Mario Leal Ferraz

UFVJM

<https://orcid.org/0000-0001-6083-9543>

caio.ferraz@ufvjm.edu.br

Roberto Célio Valadão

UFMG

<https://orcid.org/0000-0003-3449-7628>

valadao@ufmg.br

Cristiane Valéria de Oliveira

UFMG

<https://orcid.org/0000-0002-9615-8915>

crisval_oliveira@yahoo.com.br

Maria Giovana Parizzi

UFMG

<https://orcid.org/0000-0001-5616-9540>

mgparizzi18@gmail.com

Resumo

Escorregamentos são fenômenos frequentemente associados à configuração geomorfológica de vertentes de elevada declividade, sob climas úmidos, cuja deflagração pode estar vinculada a alterações promovidas pela produção do espaço urbano. Este trabalho avalia os condicionantes à ocorrência de escorregamentos segundo indicadores geomorfológicos e socioeconômicos inerentes a Teófilo Otoni, Minas Gerais. Para tanto foram empregados parâmetros topográficos, em especial a identificação de reentrâncias do relevo, a investigação das classes de declividade do terreno, além da morfologia dos solos. Estes fatores naturais tiveram suas espacialidades associadas a dados demográficos, que incluem densidade habitacional, renda e indicadores sanitários, o que permitiu compreender como e porque ocorreram os escorregamentos na área investigada, bem como determinar o grau de exposição das populações ao fenômeno. Observou-se que a maior parte das reentrâncias que apresentam mais elevada suscetibilidade à ocorrência de escorregamentos se localiza nas proximidades dos limites da área urbana, não apenas em função das características do sítio de ocupação, mas também em decorrência da segregação

socioespacial que caracteriza a produção do fenômeno urbano em Teófilo Otoni. Este modelo de ocupação urbana desconsidera as características geomorfológicas do sítio de ocupação e perpetua na área investigada uma já histórica construção do risco, no tempo e no espaço.

Palavras-chave: Movimentos Gravitacionais de Massa; Planejamento Urbano; Geomorfologia Aplicada.

Abstract

Landslides are phenomena often associated with geomorphological configuration of slopes, under humid climates, whose onset may be linked to changes promoted by the production of urban space. This work evaluates the conditions for the occurrence of landslides according to geomorphological and socioeconomic indicators inherent to Teófilo Otoni, Minas Gerais. For this purpose, topographic parameters were used, in particular the identification of hollows, the investigation of declivity classes, in addition to soil morphology. These natural factors had their spatiality associated with demographic data, which include housing density, income and health indicators, which made it possible to understand how and why landslides occurred in the area, as well as to determine the degree of exposure of populations to the phenomenon. It was observed that most of the hollows that present the highest susceptibility to the occurrence of landslides are located near the limits of the urban area, not only due to the characteristics of the occupation site, but also due to the socio-spatial segregation that characterizes the production of the urban phenomenon in Teófilo Otoni. This urban occupation model disregards the geomorphological characteristics of the occupation site and perpetuates in the area an already historical construction of risk, in time and space.

Keywords: Landslides; Urban Planning; Applied Geomorphology.

1. Introdução

A concentração demográfica em meio urbano, notadamente em países subdesenvolvidos, resultou em modificações ambientais cujas consequências afetam seus residentes, a exemplo dos escorregamentos que se tornaram cada vez mais comuns e recorrentes onde, por vezes, assumem proporções catastróficas, em parte, reflexo da ocupação indiscriminada e desacompanhada de planejamento adequado (TOMINAGA, 2007; TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). No caso brasileiro, apenas entre 1988 e 2008 os escorregamentos resultaram em 1.861 óbitos (BRASIL, 2009), além de danos causados em propriedades privadas e equipamentos públicos. Este cenário impulsionou esforços para melhor compreensão das intrincadas interações dinâmicas entre os sistemas envolvidos na deflagração de escorregamentos (BENEDET, 2015), especialmente em meio urbano.

Escorregamentos são reconhecidos na literatura geomorfológica como movimentos coletivos de solo, rochas ou ambos, no sentido da declividade da encosta, sob influência direta da gravidade (SELBY, 1993), em geral associados a elevados volumes de chuva, quando são geradas condições propícias para a diminuição da resistência do solo, tornando a água percolante um dos principais agentes deflagradores destes movimentos. Ainda para Tominaga; Santoro; Amaral (2009), juntamente a estes fatores condicionantes dos escorregamentos se deve incluir a ação humana, uma vez que cortes de taludes em vertentes, depósitos de lixo, desmatamento, aterros e modificações da drenagem, entre outras alterações, criam novas relações com os fatores condicionantes naturais dos escorregamentos. Fernandes e Amaral (2000) afirmam que escorregamentos planares ou translacionais são os mais frequentes, caracterizando-se por formar superfícies de ruptura planar, comumente entre as profundidades de 50 centímetros a 5 metros, associadas a solos heterogêneos e rochas dotadas de descontinuidades mecânicas e hidrológicas.

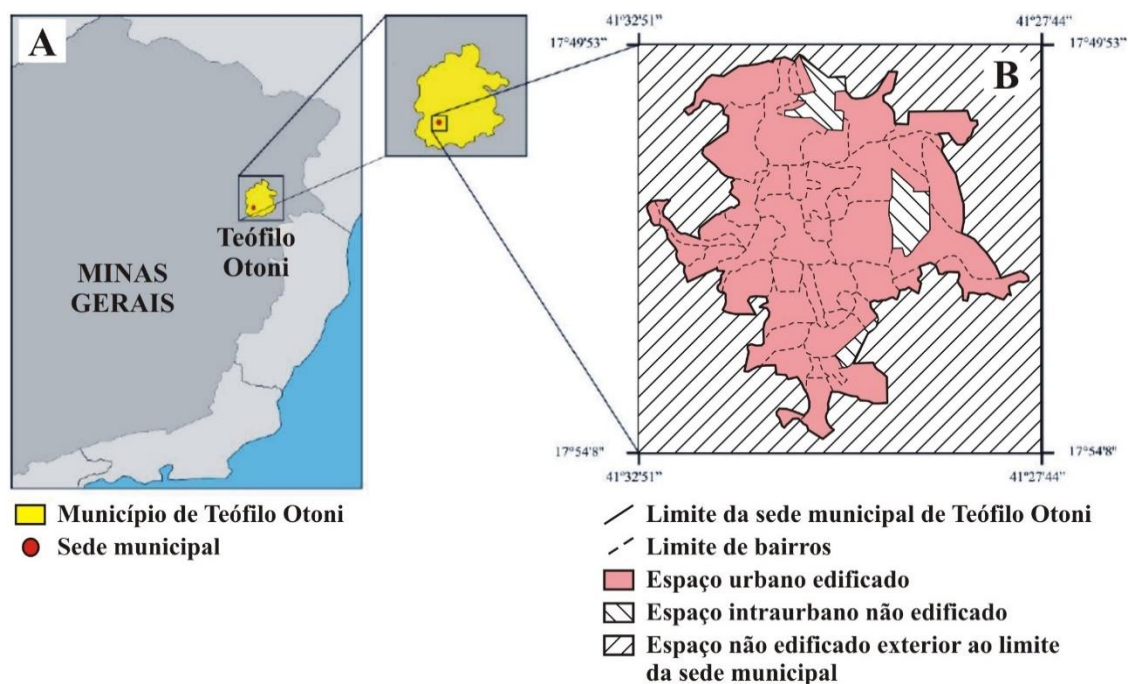
É nesse cenário que se insere este trabalho, o qual avalia o contexto de Teófilo Otoni, nordeste de Minas Gerais, onde cicatrizes de escorregamentos podem ser verificadas em produtos de sensoriamento remoto e em campo. Tais feições são relacionadas aos movimentos ocorridos no ano de 2002, ainda que inexistam histórico sistematizado ou informações de qualquer natureza que contribuam para a elaboração de um inventário dos escorregamentos na cidade. Nesse contexto, objetivou-se com esta pesquisa identificar os fatores condicionantes dos escorregamentos ocorridos nas áreas adjacentes à mancha urbana de Teófilo Otoni, Minas Gerais, como subsídio para mapeamento do risco de escorregamentos na cidade. Acredita-se que estes esforços possam auxiliar o efetivo reconhecimento da vulnerabilidade e suscetibilidade ao fenômeno na área investigada, além de contribuir para o ordenamento territorial futuro no município, ao orientar tomadas de decisão e elaboração de políticas públicas voltadas para seu espaço urbano.

2. Área de estudo

A área investigada inclui em sua porção central a cidade de Teófilo Otoni localizada a 450 km de Belo Horizonte (Figura 1 – A), cuja população em 2010 contava com 134.745 habitantes (IBGE, 2014) e sua estimativa em 2016 foi de 141.505 habitantes (IBGE, 2016). O perímetro da mancha urbana de Teófilo Otoni abarca área de 19,620 km², ao passo que a área total aqui investigada é de 64,173km². Além da mancha urbana, foram acrescentadas à área de estudo parcela do espaço não edificado adjacente à cidade, uma

vez que nele se concentram expressivas cicatrizes de escorregamento e sua configuração geomorfológica ainda se mantém pouco alterada por intervenções urbanas (Figura 1 – B).

Figura 1. Localização de Teófilo Otoni no estado de Minas Gerais



Em A, e área total investigada neste trabalho, em B. A área investigada contém espaços intraurbanos edificados e não edificados que integram a cidade de Teófilo Otoni, como também se estende para além dos limites da sede municipal. **Fonte:** elaboração própria.

O arcabouço litoestrutural da área investigada é composto por rochas proterozoicas de variado grau metamórfico e granitoides, truncadas por lineamentos brasileiros principais NE-SW e secundários NW-SE (FERRAZ, 2006). As unidades litológicas predominantes, Formação Tumiritinga e Tonalito São Vitor, constituem-se, respectivamente, de biotita gnaiss cinza, fino ou, ocasionalmente, médio, com bandamento submilimétrico a poucos milímetros e biotita-tonalito, hornblenda-biotita tonalito e, subordinadamente, biotita granodiorito normalmente foliadas (PAES, 2001). No tocante aos solos, destacam-se Latossolos e Argissolos (SANTOS *et al.*, 1987; FERRAZ, 2006; ALMEIDA, 2016), os primeiros nos níveis de cumeada, os últimos em feições de declividade variada (FERRAZ *et al.*, 2017).

O clima na região de Teófilo Otoni é tropical úmido (MARTINS, 2010), com temperaturas médias superiores aos 18°C (REBOITA *et al.*, 2015) e índice pluviométrico

médio anual de 1009mm (FERRAZ; ANDRADE; COSTA, 2016a). A estação chuvosa se estende de outubro a março, quando ocorre cerca de 80% da precipitação total anual.

A configuração geomorfológica é, segundo Ferraz; Valadão; Henriques (2016b) de um planalto dissecado por rede hidrográfica marcadamente controlada pelo arcabouço litoestrutural, em que se distinguem três unidades de relevo principais: (i) predomínio de morfologias moderadamente planas e alongadas na porção central da área investigada, onde ocorrem as menores altitudes e se concentra a maior parte do tecido urbano de Teófilo Otoni; (ii) relevo com maior grau de dissecação fluvial nos quadrantes nordeste e noroeste, que corresponde a patamar topográfico intermediário; (iii) relevo com as maiores amplitudes topográficas e vertentes de mais elevada declividade, a sudoeste e sudeste.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Levantamento e organização de dados sobre a área investigada

Um dos mais importantes desafios vivenciados ao longo da elaboração deste trabalho diz respeito ao levantamento de informações e dados que subsidiem o reconhecimento das características geomorfológicas, hidrológicas e socioeconômicas da área investigada, em virtude de relativa carência de trabalhos que têm como objeto Teófilo Otoni. Os dados necessários para a compreensão do regime pluviométrico vigente na cidade foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, acrescidos daqueles obtidos junto às estações climatológicas de Teófilo Otoni (ANA, 2015). Esses dados tratam do volume de precipitação total mensal para os anos de 1961 a 2015.

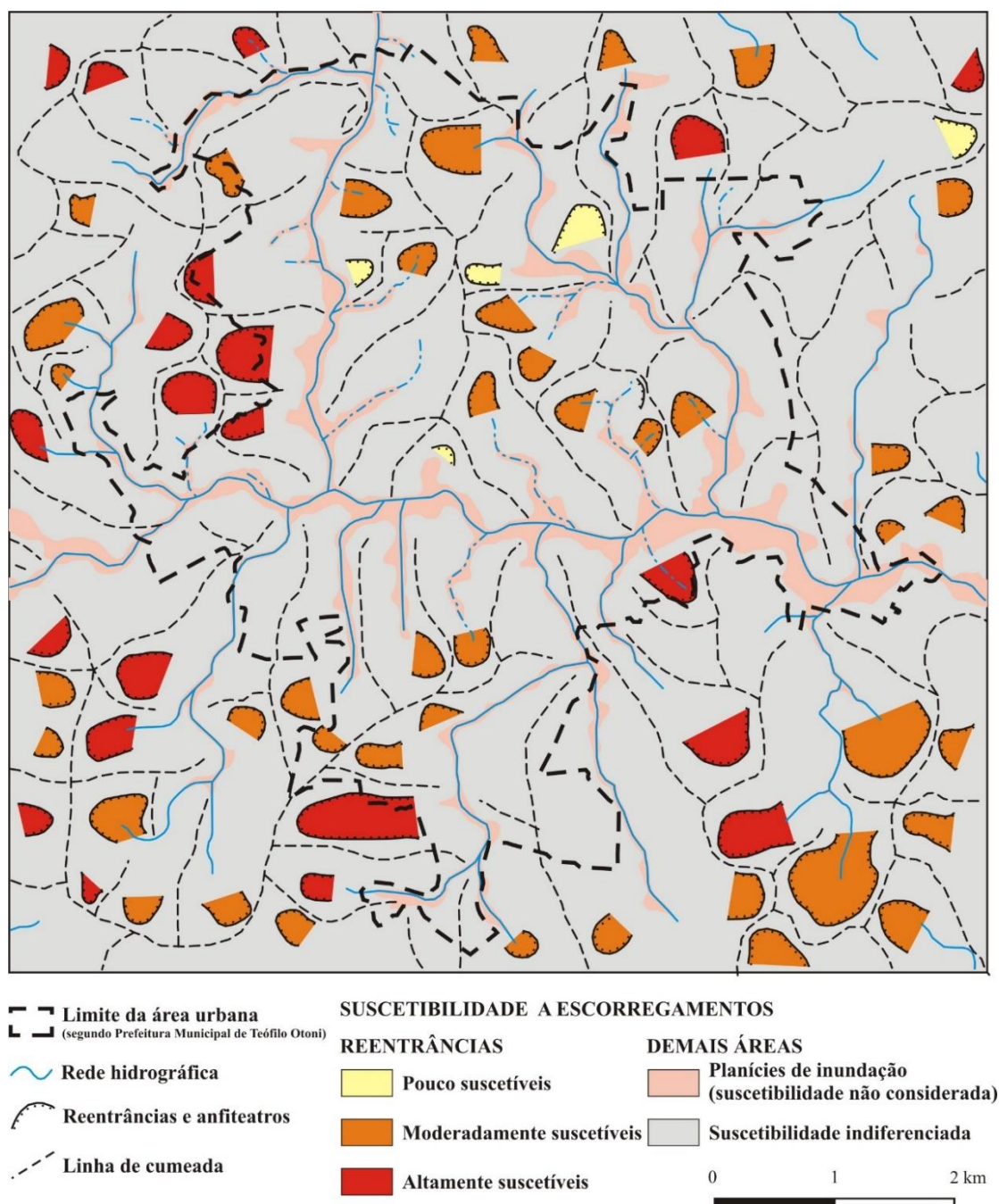
Levantamentos cartográficos objetivaram estabelecer o reconhecimento dos condicionantes litológicos, geomorfológicos e pedológicos da área investigada, buscando-se escalas de maior detalhamento. Concomitantemente a esse reconhecimento, a organização espacial da mancha urbana da cidade foi avaliada segundo sua perspectiva de evolução histórica, etapa essencial na compreensão da relação inerente a configuração geomorfológica dos espaços urbanos e extra-urbanos.

3.2. Interpretação de mapas e de produtos de sensores remotos e elaboração de cartografia específica

A base cartográfica utilizada para a composição dos mapas de risco a escorregamentos de Teófilo Otoni foi elaborada por Ferraz *et al.* (2018), a qual contempla modelos digitais

de elevação hidrograficamente condicionados (MDEHC) e análises multicritérios. Os autores, a partir de informações oriundas de trabalhos de campo, geoprocessamento e dados obtidos por meio de consulta bibliográfica, elaboraram também análise multicriterial que resultou na base cartográfica utilizada para elaboração de mapa de suscetibilidade a escorregamentos, o qual subsidiou o mapeamento do risco (Figura 2). Porções das vertentes modeladas em reentrâncias cuja declividade é superior a 20° foram consideradas altamente suscetíveis aos escorregamentos, entre 10° e 20° moderadamente suscetíveis, e inferior a 10° pouco suscetíveis. Uma vez elaborado este mapa, segundo aplicação desses critérios, ele foi aprimorado a partir de informações detalhadas de campo e de minuciosa análise de imagens orbitais disponibilizadas pelo *Google Earth Pro*, por Ferraz *et al.* (2018) (Figura 2).

Figura 2. Mapa de suscetibilidade a escorregamentos das reentrâncias da área investigada.



Fonte: elaboração própria.

A vulnerabilidade frente a escorregamentos das populações de Teófilo Otoni foi obtida tendo como base a cartografia elaborada por Batella (2013), a qual se constitui dos mapas de (i) densidade habitacional, (ii) domicílios sem banheiro, (iii) domicílios com abastecimento de água da rede geral e (iv) chefes de família com renda inferior a dois

salários mínimos, todos elaborados com base no Censo de 2010 (IBGE, 2010). O primeiro esforço consistiu na compilação entre os mapas de domicílio sem banheiro e com abastecimento de água da rede geral, o que resultou no mapa de indicadores sanitários, o qual foi interpretado em conjunto com os demais indicadores levantados pelo autor.

Em etapa seguinte, agregou-se ao mapa de indicadores sanitários a organização espacial das variáveis densidade habitacional e renda, com vistas à elaboração de mapa da vulnerabilidade das populações a escorregamentos em Teófilo Otoni, segundo critérios apresentados no Quadro 1. Essas informações foram adicionadas ao mapa de suscetibilidades a escorregamentos (FERRAZ *et al.*, 2018), no intuito de gerar o mapa de risco a escorregamentos para a cidade de Teófilo Otoni e adjacências, de acordo com os cruzamentos apresentados no Quadro 2.

Quadro 1. Critérios para mapeamento da vulnerabilidade a escorregamentos das populações de Teófilo Otoni.

DENSIDADE HABITACIONAL (habitantes por domicílio)	INDICADORES SANITÁRIOS	RENDA* (%)	VULNERABILIDADE
Acima de 3,44	Ruim	Entre 15,8 e 20,4	ALTA
Acima de 3,44	Mediano	Acima de 20,4	
Entre 3,25 e 3,44	Ruim	Acima de 20,4	
Acima de 3,44	Mediano	Entre 15,8 e 20,4	MÉDIA
Entre 3,25 e 3,44	Ruim	Entre 15,8 e 20,4	
Entre 3,25 e 3,44	Mediano	Entre 15,8 e 20,4	
Entre 3,25 e 3,44	Mediano	Acima de 20,4	
Entre 3,25 e 3,44	Bom	Abaixo de 15,8	BAIXA
Abaixo de 3,25	Mediano	Abaixo de 15,8	
Entre 3,25 e 3,44	Bom	Entre 15,8 e 20,4	
Entre 3,25 e 3,44	Bom	Abaixo de 15,8	

* Chefes de família com renda inferior a dois salários mínimos

Fonte: elaboração própria.

Quadro 2 – Cruzamento de informações utilizado na obtenção do mapeamento de risco a escorregamentos em Teófilo Otoni (MG). Não foi observada convergência entre os critérios altamente suscetíveis e baixa vulnerabilidade.

SUSCETIBILIDADE	VULNERABILIDADE	RISCO A ESCORREGAMENTOS
Altamente suscetíveis	Alta	Alto
Altamente suscetíveis	Alta	
Moderadamente suscetíveis	Alta	
Moderadamente suscetíveis	Média	Moderado
Moderadamente suscetíveis	Baixa	Baixo
Pouco suscetíveis	Baixa	

Fonte: elaboração própria.

Para a composição final do mapeamento de risco a escorregamentos, foram adicionados *layers* que representam os eixos de crescimento urbano de Teófilo Otoni vigentes nas últimas duas décadas obtidos por Ferraz *et al.* (2017), cujo objetivo foi estabelecer (i) as tendências da expansão urbana e (ii) a proximidade com reentrâncias nas vertentes, cuja suscetibilidade ao fenômeno já havia sido determinada. Foram utilizadas as reentrâncias localizadas nos espaços intraurbanos e as que guardavam proximidade com os eixos de crescimento da mancha urbana obtidos em etapas anteriores, sendo as demais excluídas do mapa.

3.3. Os levantamentos em campo

As atividades efetuadas durante a execução de trabalhos de campo junto às reentrâncias do terreno objetivaram (i) avaliar parâmetros físicos dos solos, (ii) identificar possíveis discontinuidades hidráulicas e potenciais superfícies de ruptura no interior desses solos e (iii) reconhecer cicatrizes de escorregamento, identificando seus traços morfológicos fundamentais.

As reentrâncias avaliadas foram definidas por terem sido palco da ocorrência de escorregamentos ou por se comportarem como áreas similares àquelas em que esses fenômenos se processaram. A definição dessas áreas ocorreu a partir da interpretação de imagens obtidas no *Google Earth Pro* e por meio de jornadas exploratórias preparatórias para os trabalhos de campo. Uma vez nas áreas previamente selecionadas, maior ênfase se deu à avaliação das características morfológicas das coberturas superficiais presentes nessas reentrâncias, com destaque para a ocorrência de condicionantes diagnósticos de suscetibilidade a escorregamentos, a exemplo de estrutura, textura, presença de materiais grossos e calhaus, espessura dos horizontes ou camadas, cor, porosidade e existência de

descontinuidades hidráulicas. Na maior parte dos casos essas coberturas foram avaliadas em taludes situados nas superfícies somitais e em rampas localizadas no interior das reentrâncias.

Quanto aos solos, a espessura de seus horizontes, estrutura, textura e cor, foram avaliadas segundo parâmetros propostos por Santos; Vieira; Silva (2017). Após identificados os horizontes ou camadas, mediu-se a espessura de cada um deles a partir do zero (0) da trena na superfície do perfil, utilizando medição em centímetros. No caso de se verificar transições irregulares entre horizontes e camadas se considerou aquela predominante. Para a textura, procedeu-se à estimativa por meio de sensações táteis. A estrutura dos solos e coberturas superficiais foi obtida pela avaliação visual das unidades estruturais com vista desarmada, a partir de amostras retiradas dos perfis obtidos junto aos taludes encontrados nas reentrâncias. A porosidade foi avaliada com vista desarmada e por meio de lupa de aumento de 10x. A determinação da cor do solo em campo seguiu critérios definidos por Santos; Vieira; Silva (2017), sendo as avaliações de cor baseadas na Carta de Cores Munsell para Solos (MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, 2013).

As potenciais superfícies de ruptura e as eventuais descontinuidades hidráulicas foram identificadas por meio da comparação das características dos horizontes ou camadas.

Ainda em campo, foram observados materiais que ocupam o piso das reentrâncias, bem como afloramentos rochosos presentes em seus terços inferiores e eixos de drenagem.

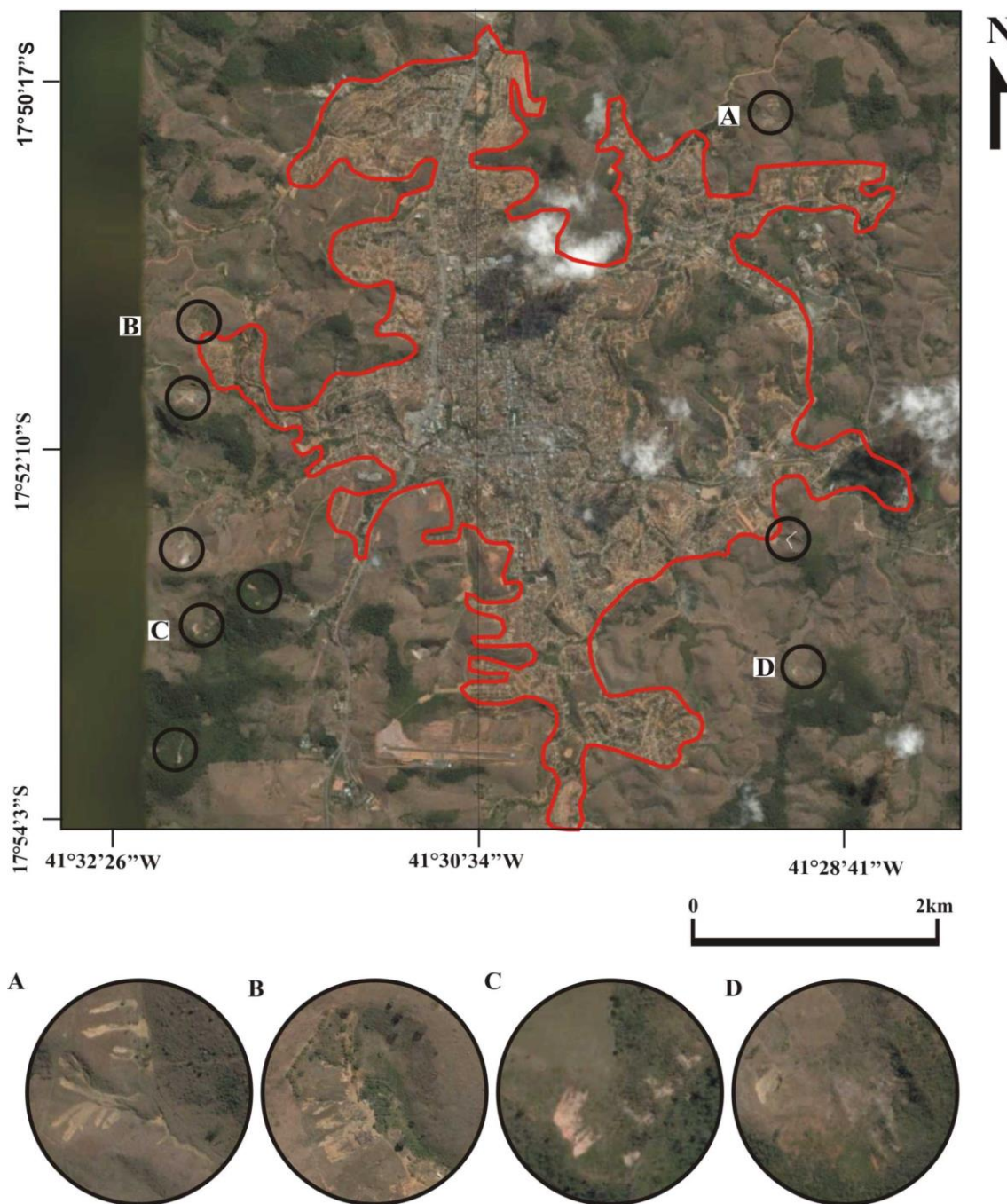
4. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

4.1. Evidências de escorregamentos na área investigada: localização e tipologia

A despeito das características climáticas e geomorfológicas da área investigada, notadamente a precipitação concentrada e a declividade do relevo, o acervo que permitiria estabelecer um histórico e identificar áreas de ocorrência de escorregamentos em Teófilo Otoni se revela inconsistente e pouco sistematizado. Diante da escassez dessas informações, as imagens históricas de satélite disponibilizadas pelo *Google Earth Pro* se revelaram fundamentais à análise espaço-temporal das ocorrências de escorregamentos na área investigada, a partir de 2002. Na série histórica destas imagens (2002 – 2019), destaca-se a imagem de agosto de 2002 por conter contundente coleção de cicatrizes de

escorregamentos, as quais se evidenciam tanto pela sua abrangência espacial unitária quanto pelo seu grande número de ocorrências (Figura 3).

Figura 3. Imagens orbitais obtidas no Google Earth Pro, de agosto de 2002, de Teófilo Otoni (MG) e áreas não edificadas adjacentes.



As áreas indicadas por círculos são aquelas em que melhor se identificam evidências de movimentação de materiais das vertentes, com destaque para setores a nordeste da cidade (A), noroeste (B), sudoeste (C) e sudeste (D). A linha vermelha tracejada na imagem corresponde ao limite da área urbana. **Fonte:** elaboração própria.

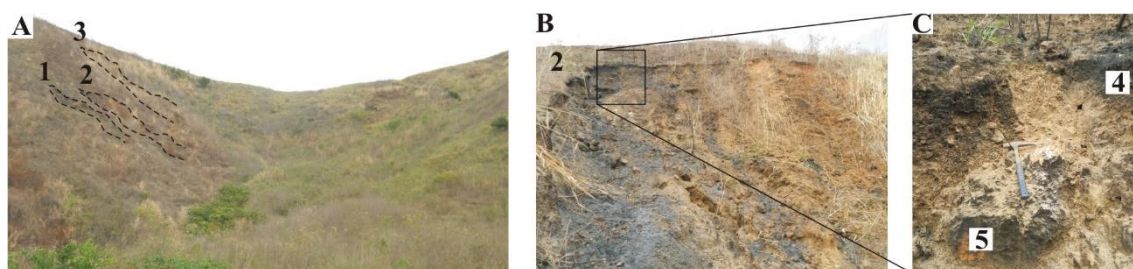
Em fevereiro de 2002 ocorreu em Teófilo Otoni evento de 246mm de precipitação pluviométrica acumulada em período inferior a 10 horas (ANA, 2015), o que resultou em desabamentos e colapsos de pontes e residências amplamente retratados pela mídia local naquele tempo. A julgar pelo histórico pluviométrico da área investigada, este evento pode ser considerado elemento deflagrador dos escorregamentos ocorridos em 2002, visto que episódio de precipitação de semelhante intensidade teria ocorrido somente em 1981. Parece inviável atribuir tais cicatrizes a tão longínqua precipitação, ainda que escorregamentos também possam ser correlacionáveis à chuva acumulada ao longo de períodos de maior duração (ARAKI, 2007; SOUZA; AZEVEDO; ARAÚJO, 2012; MOLINA; CARDOSO; NOGUEIRA, 2015). Além destas cicatrizes, observáveis na Figura 3, não houve recorrência de escorregamentos, a julgar (i) pela ausência de feições semelhantes nas imagens posteriores a esta (i) e pela dificuldade de identificação dessas cicatrizes em campo.

Os escorregamentos são caracterizados pelo movimento gravitacional de material terrígeno descendente e para fora da encosta (CROZIER, 1986) e por exibirem planos de ruptura bem definidos. Como explicitado por Fernandes e Amaral (2000), escorregamentos planares rasos configuram feições mais longas do que largas, com planos de ruptura não mais profundos do que 5 metros. Essas tipificações são compatíveis com as cicatrizes de escorregamentos avaliadas em campo, a nordeste de Teófilo Otoni, adjacentes ao bairro Matinha, especialmente no que diz respeito à presença de descontinuidade entre materiais terrígenos alterados e o substrato rochoso, em geral não mais profunda que 80 cm (Figura 4 – D). Durante evento de elevado montante pluviométrico, o contato lítico pode se manifestar à conta de descontinuidade hidráulica, considerando as diferenças de porosidade verificadas em campo – porções superficiais porosas sobre rocha pouco permeável. Além disso, as características morfológicas das áreas avaliadas em campo revelam que essas superfícies apresentam morfologia planar (Figura 4 – C, D), com maiores extensões no sentido da declividade (comprimento), se comparadas às distâncias entre seus flancos (largura das cicatrizes).

É possível verificar, nos terços médio e superior da vertente, três dessas feições, cujas cabeceiras e flancos foram delimitados pelas linhas tracejadas (Figura 4 – A). Uma aproximação permite melhor visualização dessas cicatrizes, as quais exibem clara distinção para com as porções não movimentadas do substrato da vertente. Naquela que

se apresenta mais bem preservada, de número 2 (Figura 4 – B), observa-se a cicatriz principal em plano central, mesmo que esta tenha suas bordas festonadas por reafeiçoamento erosivo posterior ao escorregamento. A superfície de ruptura, recoberta por detritos, vegetação parcialmente decomposta e pisoteada por animais, ocorre no contato entre material terrígeno com presença de cascalhos subangulares (Figura 4 – C, detalhe 4) e a rocha (Figura 4 – C, detalhe 5), em profundidade de 82 cm.

Figura 4 – Cicatrizes de escorregamento avaliadas em campo, a nordeste da cidade de Teófilo Otoni (MG).



Fonte: elaboração própria.

Além desta feição, ainda verificável em campo, outras cicatrizes de escorregamentos identificadas como mais representativas da área investigada estão localizadas além ou no limite do tecido urbano de Teófilo Otoni (figuras 3 e 4). No entanto, muitas delas são hoje de difícil identificação na paisagem, seja pela progressiva degradação destas áreas ou pela sua recuperação e uso como pastagem. Mesmo assim, a localização destas cicatrizes instiga reflexão, visto que a urbanização é considerada como agravante ou mesmo condicionante para a ocorrência de escorregamentos (MONTGOMERY e DIETRICH, 1994; CERRI, 2006; CARVALHO *et al.*, 2014; SANTANA e LISTO, 2018, dentre outros). Para Ferraz (2019), ao se observar o contexto geomorfológico das áreas em que tais cicatrizes estão presentes, nota-se que estas ocorrem, em sua maioria, nas unidades de relevo caracterizadas por mais elevada altimetria, pela declividade acentuada e pelo maior grau de dissecação fluvial, o que, para o autor, indica marcante influência de parâmetros morfométricos na deflagração dos escorregamentos.

Não apenas altitude e declividade, mas a correlação entre a curvatura horizontal convergente das formas do relevo – feições neste trabalho genericamente denominadas reentrâncias – e a suscetibilidade a escorregamentos é retratada na literatura geomorfológica. Destacam-se relevantes trabalhos que consideram significativa tendência à ocorrência de movimentos de transferência gravitacional de massa nas

vertentes no interior de *hollows*, áreas de convergência de fluxos superficiais e subsuperficiais (LACERDA, 1994; FERNANDES *et al.*, 2001; COELHO NETTO, 2011; MONECHE, 2012). A dinâmica hidrológica nessas áreas, segundo Guidicini e Nieble (1983), favorece a infiltração e saturação dos solos causando poro-pressão positiva e deflagrando escorregamentos. Esses aspectos, segundo Reneau e Dietrich (1987), contribuem para a elevada suscetibilidade destas áreas ao fenômeno. Com base nisso, admite-se que o comportamento hidrodinâmico nessas reentrâncias exerça significativo papel para os escorregamentos sucedidos na área investigada, visto que todas as suas cicatrizes se localizam em feições cuja curvatura horizontal é convergente, não tendo sido verificado testemunho algum em distinto cenário geomorfológico na área investigada.

As cicatrizes de escorregamentos foram ainda avaliadas com relação às classes de declividade, uma vez que este constitui parâmetro geomorfológico compreendido como fundamental na análise de escorregamentos (RODRIGUES e LISTO, 2016; SANTANA e LISTO, 2018). Nesse aspecto a declividade das vertentes que exibem cicatrizes de escorregamentos parece ter exercido papel preponderante na deflagração dos fenômenos, já que todas as suas cicatrizes ocorrem em encostas com angulações superiores a 21°.

4.2. As formações superficiais das áreas suscetíveis a escorregamentos: aspectos físicos dos solos e da dinâmica hidrológica

Os solos são elementos da paisagem que se revestem de crucial significado para a avaliação da suscetibilidade a escorregamentos, visto que a sua ocorrência se dá quando a infiltração excede a capacidade de drenagem do solo durante os períodos de precipitação prolongada, resultando em pressões positivas nos poros e alterando sua resistência frente ao excedente de água em seu interior (COELHO NETTO, 2011). Para Wolle e Carvalho (1989) a existência de descontinuidades hidráulicas no manto de alteração pode atuar como barreira aos fluxos de água nos solos, em geral no contato entre solo e rocha, entre materiais coluvionares e solos saprolíticos e, ainda, entre horizontes pedogenéticos. Considerando a relevância dessas descontinuidades, foram avaliados solos e formações superficiais em reentrâncias selecionadas por serem morfologicamente similares àquelas que apresentam cicatrizes dos escorregamentos ocorridos em 2002. Uma vez que a declividade é fator condicionante à ocorrência de escorregamentos na área investigada, são apresentados a seguir os resultados obtidos mediante campanhas de campo junto as

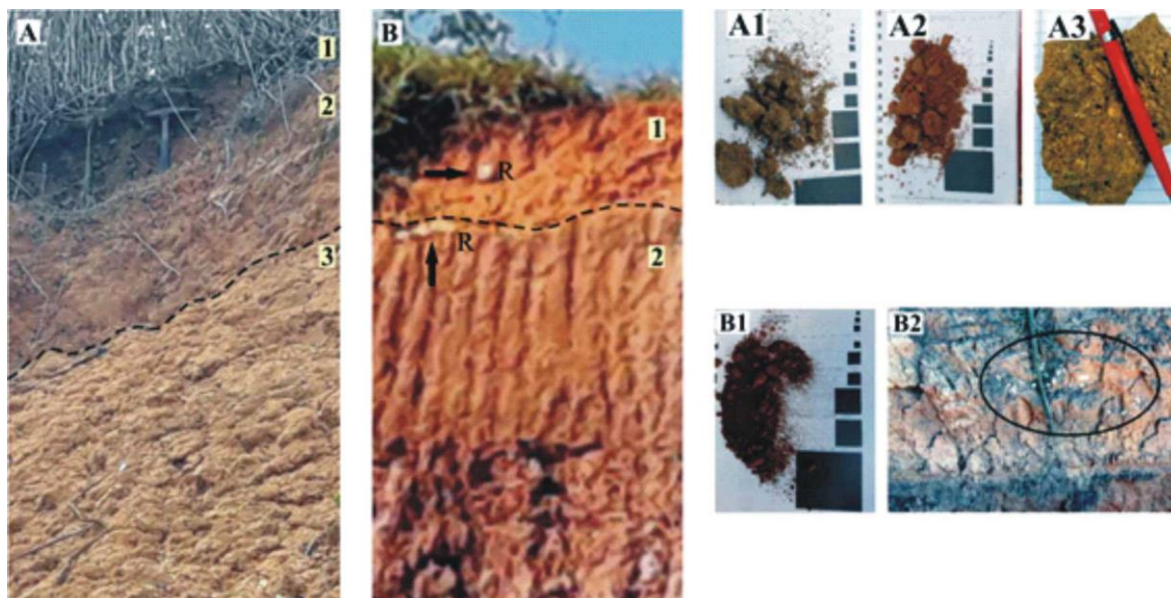
reentrâncias que apresentam as maiores declividades, além daquela anteriormente descrita, situada a nordeste da cidade.

A sudeste de Teófilo Otoni, em área adjacente ao Bairro Santa Clara, na transição entre alta vertente e cimeira, ocorre horizonte de solo de cor vermelho-amarelo (5YR 4/6), com espessura média de 72cm e textura argilo-arenosa organizada em blocos que se desfazem em granular. Estes materiais, eventualmente, estão recobertos por horizonte pigmentado por matéria orgânica de características texturais e granulométricas semelhantes e profundidade de aproximadamente 43cm (Figura 5 – A, A1, A2), o que indica remoção parcial desta camada. Estes, por sua vez, estão sobrepostos a material saprolítico predominantemente vermelho-amarelo, que grada em profundidade para cores variegadas, no qual estão presentes estruturas reliquias da rocha de origem em forma semicircular e tamanho centimétrico. Nestes solos residuais é possível verificar xistosidade ou textura micácea, ainda que em distintos estágios de alteração (Figura 5 – A, A3).

Formações superficiais semelhantes foram verificadas na borda da reentrância do bairro Dr. Laerte Laender, no setor sudoeste de Teófilo Otoni, em solo superficial de cor vermelho-amarela (5YR 4/6), textura areno-argilosa e estrutura em blocos que se desfazem em granular (Figura 5 – B, B1), com espessura aproximada de 120cm. Este ocorre sobrejacente a solo saprolítico maciço de textura siltosa, contendo cascalhos subangulares centimétricos branco-leitosos (Figura 5 – B2) e estruturas reliquias que preservam xistosidade da rocha subjacente (Figura 5 – B), ambos organizados com linearidade semelhante à organização dos veios presentes na rocha que aflora na área.

Nos dois casos foram verificadas unidades superficiais com elevada porosidade, em função da sua estrutura granular (FERREIRA; FERNANDES; CURI, 1999; GHIDIN *et al.*, 2006; COELHO *et al.*, 2007; CAMPOS *et al.*, 2008), sobrepostas a solos saprolíticos maciços em que a infiltração é significativamente inferior (FALESI; BASTOS; MORAES, 1972; RIBEIRO e SOUZA, 1994; FILIZOLA *et al.*, 2002, WADT *et al.*, 2004). Entre as diferentes unidades, transições ocorrem de maneira abrupta, configurando limites identificáveis em campo (representadas pelas linhas tracejadas na Figura 5 – A, B) que, a julgar pelas características pedológicas descritas, comportam-se como descontinuidades hidráulicas.

Figura 5. Formações superficiais das reentrâncias dos bairros Santa Clara (A) e Dr. Laerte Leander (B), nos topos das vertentes.



É possível identificar horizontes ou subhorizontes (A1 a A3), cujas amostras estão destacadas à direita. Possível superfície de ruptura entre solos superficial e saprolítico demarcada pela linha tracejada (em A e B), além de fragmentos de rocha (R) e cascalhos destacados em B2. **Fonte:** elaboração própria.

Dessa forma a declividade parece atuar diretamente na suscetibilidade aos escorregamentos, não apenas por configurar feições do relevo com maior energia potencial, as quais são capazes de propiciar suscetibilidade do terreno à movimentação de massa (CUNHA, 1991; SATO e MENDES, 2005; FERREIRA, 2015), mas também como fator de formação do solo, por afetar as suas características no que diz respeito à presença de descontinuidades hidráulicas.

4.3. Da distribuição espacial das áreas suscetíveis a escorregamentos à cartografia do risco

Uma proposta de mapeamento da suscetibilidade a escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais, foi apresentada por Ferraz *et al.* (2018), que consideraram que (i) as reentrâncias são feições do modelado em que se concentraram os escorregamentos ocorridos na área investigada, (ii) o que ocorre especialmente naquelas que exibem encostas de mais elevada declividade, e (iii) cujo solo é marcado pela ocorrência de descontinuidades entre sua porção superficial e o material subjacente (saprolito ou rocha). A proposta enfatiza as reentrâncias do relevo, considerando as demais áreas como de suscetibilidade indeterminada, além de contemplar o grau de suscetibilidade a escorregamentos, a partir do emprego de diferentes classes de declividade como elemento de gradação da suscetibilidade (Figura 3). Essas demais áreas, com variados graus de

declividade, provavelmente apresentam diferentes níveis de suscetibilidade a escorregamentos, os quais não foram objeto deste trabalho. As planícies fluviais também não foram avaliadas.

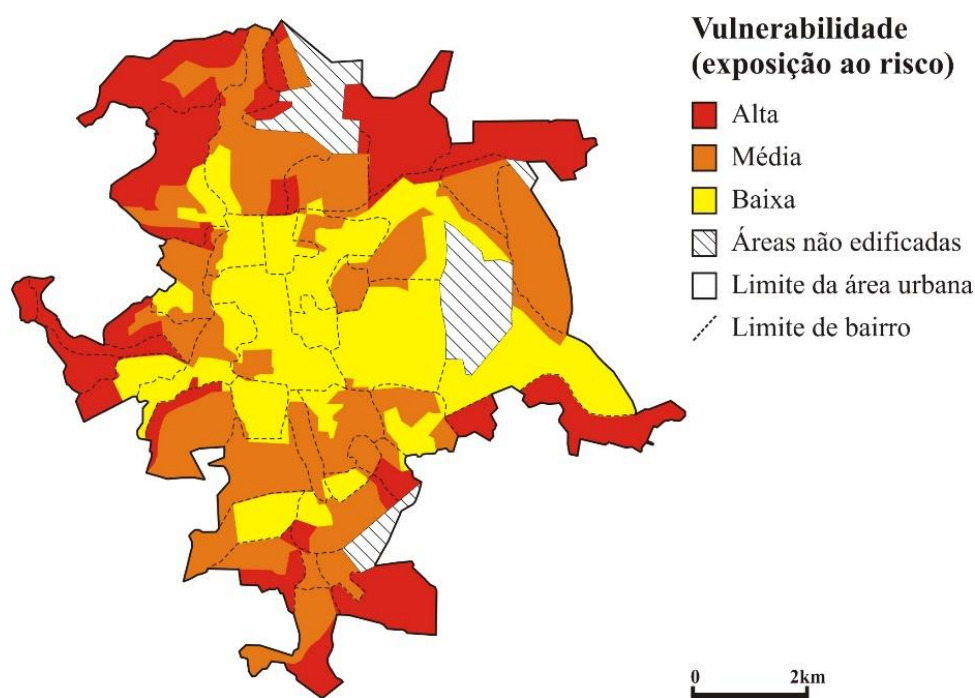
Nessa perspectiva, os autores definiram como altamente suscetíveis a escorregamentos as reentrâncias em que predominam vertentes ou setores de suas rampas com declividades superiores a 20°, predominância de solos rasos e em alguns casos contato lítico próximo à superfície, sendo comum a ocorrência de potenciais superfícies de ruptura entre solos superficiais e saprolíticos. Foram consideradas moderadamente suscetíveis a escorregamentos as reentrâncias em que há predomínio de declividades entre 15° e 20°, nas quais foram identificadas cicatrizes de escorregamento em imagens obtidas no *Google Earth Pro* (ano de 2002) não mais perceptíveis hoje na paisagem. Em campo, foram verificados solos mais espessos e heterogêneos, se comparados aos existentes nas reentrâncias de maior declividade, ocorrendo superfícies potenciais de ruptura majoritariamente entre subhorizontes pedogenéticos. As reentrâncias cujas declividades são inferiores a 15° foram interpretadas como áreas pouco suscetíveis a escorregamentos, uma vez que, além de apresentar menor gradiente das rampas, não foram identificadas cicatrizes de escorregamentos em imagens orbitais e no campo.

Ferraz (2019) salientou que o tecido urbano de Teófilo Otoni, embora construído em sítio menos desfavorável à ocupação, expande em direção ao interior de reentrâncias altamente suscetíveis a escorregamentos, sobretudo no setor sudoeste da área investigada. Análise de imagens recentes do *Google Earth Pro* da cidade de Teófilo Otoni proporciona a percepção de que há mais intensa ocupação de sua porção ocidental que, em alguns casos, também se direciona para o interior das reentrâncias adjacentes à mancha urbana. Batella (2013) salientou que desde a década de 1970 a produção do tecido urbano de Teófilo Otoni é tentacular e caracterizada pela aceleração da ocupação de áreas periféricas impróprias ao uso urbano em função de restrições topográficas. Isso posto, não apenas reentrâncias no interior da atual mancha urbana devem ser consideradas para a avaliação do risco, mas inclusive aquelas situadas nos limites da cidade.

Esse contexto se torna mais expressivo ao se avaliar as populações que ocupam os setores limítrofes da cidade de Teófilo Otoni, pois Batella (2018) entendeu que a cidade apresenta elevada concentração populacional nas suas periferias, notadamente em seus

setores norte, noroeste, oeste e sul, caracterizados por vertentes de elevadas declividades e próximas a reentrâncias altamente suscetíveis a escorregamentos (Figura 6). O autor, em harmonia com Ferraz *et al.* (2016b), acrescenta que a concentração dos domicílios mais populosos e de maior densidade demográfica nas franjas urbanas de Teófilo Otoni constitui tendência já verificável desde o início dos anos 2000, sinalizando severo adensamento do espaço urbano. A periferia de Teófilo Otoni também exibe as menores condições de acesso a estruturas básicas de saneamento, assim como concentra população de mais baixa renda, o que estabelece cenário de vulnerabilidade sociodemográfica.

Figura 6. Configuração da fragilidade socioespacial em Teófilo Otoni, MG, elaborada a partir de Batella (2013), de acordo com setores censitários do Censo de 2010 (IBGE, 2010).



Fonte: elaboração própria.

Uma mais notável característica socioeconômica que se observa a partir da análise da Figura 6 é que em Teófilo Otoni ocorre clara segregação socioespacial. As porções centrais da cidade são caracterizadas pelas melhores condições de acesso a serviços básicos, ao passo que nos setores periféricos ocupados por população de baixa renda há forte concentração populacional em cenário de infraestrutura precária. Nesse aspecto, é a população de menor nível de renda, maior restrição de serviços de infraestrutura e

aglomerada em elevada densidade demográfica nas franjas urbanas que ocupa espaços mais suscetíveis a escorregamentos.

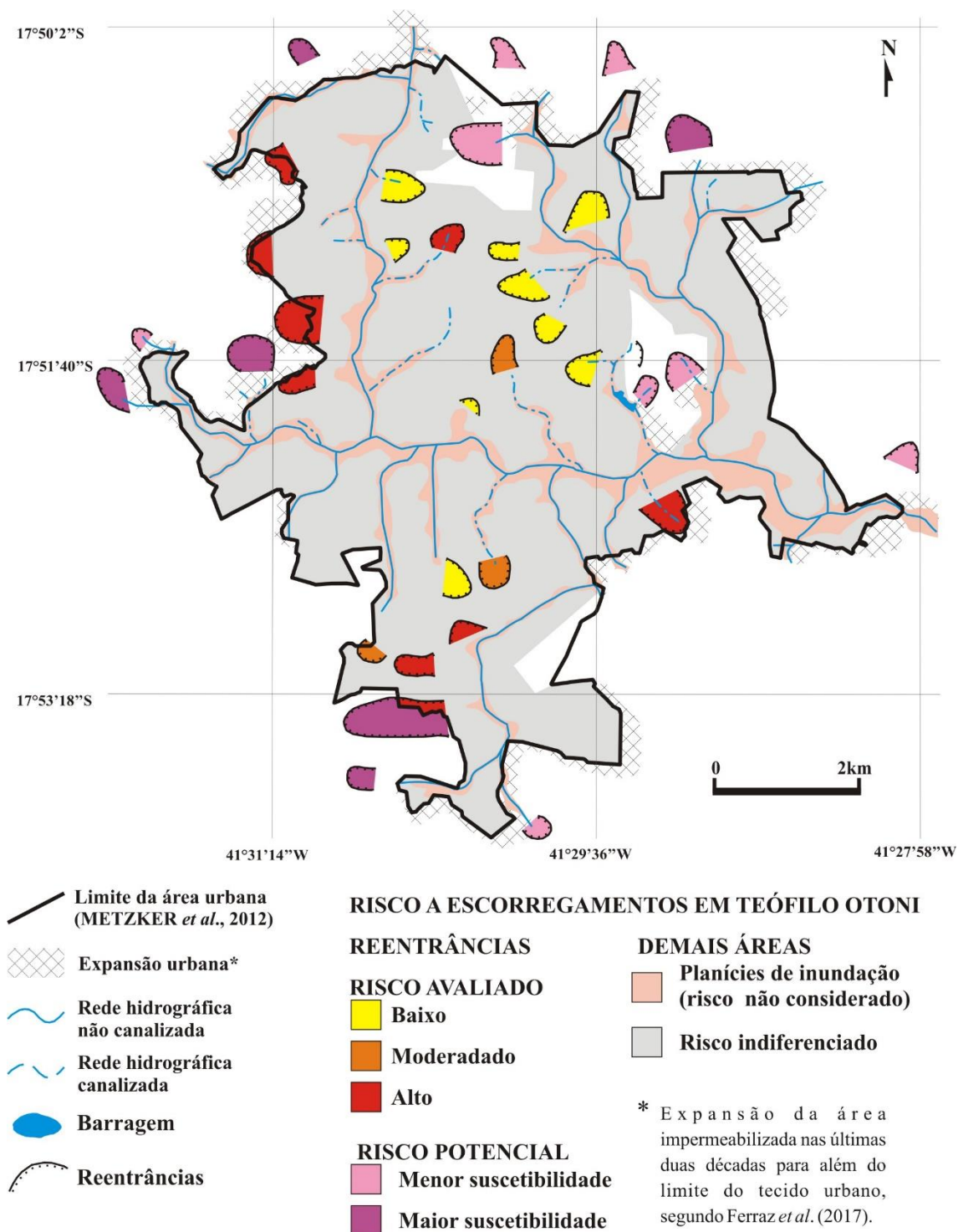
Moser (1998) considera que a avaliação da vulnerabilidade pode ser concebida a partir da exposição ao risco, enquanto Busso (2001) enfatiza que a vulnerabilidade se relaciona ao conjunto de fatores que tornam pessoas ou famílias mais ou menos capazes de enfrentar os riscos existentes no seu entorno. Na mesma linha, Cunha *et al.* (2006) reforçam o enfoque da vulnerabilidade por meio da apreensão dos fatores que tornam indivíduos e famílias vulneráveis em maior ou menor grau, os quais contribuem para o empobrecimento da qualidade de vida das populações. Em Teófilo Otoni, especialmente considerando-se o adensamento das franjas urbanas e a precarização da sua ocupação, verifica-se que a expansão urbana se manifesta mediante a construção da exposição ao perigo de parte de sua população. Essa condição se vincula não meramente às características geomorfológicas dos terrenos ocupados, mas também à natureza de sua ocupação. Essas informações, uma vez espacializadas, adquirem relevância e agregam forte potencial quanto ao reconhecimento das condições em que se desenvolvem setores da cidade submetidos a carências sociais inerentes ao modelo de produção do espaço, conforme preconiza Egler (1996). Nesse contexto, a vulnerabilidade se relaciona ao conjunto de fatores que torna pessoas, famílias ou mesmo domicílios mais ou menos capazes de enfrentar os riscos existentes no seu entorno, os quais podem levar à perda da segurança e bem-estar (BUSSO, 2001).

As dimensões do arranjo socioeconômico até aqui descrito foram utilizadas durante a interpretação e avaliação do risco a escorregamentos na cidade, sintetizadas na Figura 7, a qual não apenas caracteriza o risco a escorregamentos hoje vigente no interior das reentrâncias existentes em Teófilo Otoni, como também sinaliza quanto a possíveis consequências da continuidade do modelo de produção do espaço urbano em curso, aqui compreendido como risco potencial.

A avaliação de risco aqui tratada assume caráter espaço-temporal e, por essa razão, contempla duas características que demandam atenção do poder público municipal: (i) as mais importantes áreas de risco a escorregamentos em Teófilo Otoni, localizadas nos setores noroeste, sudoeste e sudeste de sua mancha urbana, são de ocupação recente em manifesta continuidade; (ii) a tendência na continuidade do modelo urbano vigente no

município implica em vetores de crescimento que aproximam o limite da área urbana às reentrâncias ainda não ocupadas por edificações e arruamentos.

Figura 7 – Mapa de risco a escorregamentos no interior das reentrâncias de Teófilo Otoni (MG).



Fonte: elaboração própria.

5. Conclusões

O relevo da área investigada apresenta setores caracterizados pela ocorrência de reentrâncias em vertentes de declividade elevada, cenário em que são comuns formações superficiais dotadas de descontinuidades morfológicas que podem configurar superfícies potenciais de ruptura. Este cenário torna tais feições suscetíveis a escorregamentos, interpretação corroborada pela ocorrência do fenômeno nestas áreas, ainda que de modo não recorrente.

A mancha urbana de Teófilo Otoni se desenvolveu sobre contexto geomorfológico menos desfavorável à ocupação, em setor caracterizado por mais baixas classes de declividade. Neste caso, mesmo que após a ocupação das planícies fluviais a urbanização tenha se voltado para as vertentes (FERRAZ *et al.*, 2016b; BATELLA, 2013), as áreas mais declivosas ainda foram pouco ocupadas, o que elucida a predominância de baixo ou moderado risco a escorregamentos no interior da cidade, exceção ao seu setor meridional e aos limites da mancha urbana. Além disso, o padrão espacial de crescimento recente aponta para a urbanização daquelas feições marcadas por elevada suscetibilidade a escorregamentos, configurando alto potencial de ocorrência destes fenômenos em áreas urbanas, caso se mantenha o atual modelo de expansão da cidade.

Neste trabalho, no interior da mancha urbana, não se verificaram os mesmos resultados obtidos por Parisi e Pinho (2012), uma vez que as evidências de escorregamentos aqui consideradas foram cicatrizes que testemunham a ocorrência do fenômeno, todas elas situadas além dos limites da cidade, no interior de reentrâncias nas vertentes. Por outro lado, mesmo que não tenham sido identificadas cicatrizes de escorregamento na mancha urbana de Teófilo Otoni, mapeando-se inicialmente o panorama verificado nas reentrâncias da área investigada, uma vez que não foram verificadas cicatrizes do fenômeno em distinto contexto geomorfológico, foi possível reconhecer diferentes graus de risco na cidade. Sob uma perspectiva histórica, a formação do tecido urbano da cidade esteve sempre atrelada à geomorfologia e hidrografia, seja pela ocupação inicial ao longo dos principais canais fluviais seja pela posterior urbanização das vertentes que integram suas bacias hidrográficas.

O sítio de ocupação não pode ser considerado como único elemento na análise do risco, principalmente ao se considerar que a cidade de Teófilo Otoni apresenta forte elemento de segregação espacial: os setores periféricos da cidade, ocupados por populações mais excluídas durante o processo produtivo do espaço urbano, em muitos casos estão nos limites ou sobre unidades de relevo que exibem as declividades mais elevadas, por vezes no interior de reentrâncias. O cenário de suscetibilidade a escorregamentos em convergência com a ocupação destas áreas por populações vulneráveis é forte indicativo de que a formação da cidade, ao menos nas últimas décadas, se confunde com a produção do risco. Também por esse motivo, espera-se que este trabalho configure um ponto de partida para pesquisas futuras, que devem verificar a suscetibilidade a escorregamentos para além do interior das reentrâncias, bem como a vulnerabilidade das populações residentes nos mais variados setores da cidade. Mesmo em se tratando de uma proposta preliminar, o mapeamento proposto serve como auxílio para se compreender que a construção do risco é menos relacionada nas características do sítio de ocupação e mais na produção do espaço urbano, especialmente ao longo das duas últimas décadas.

Neste contexto, não pode ser ignorada a responsabilidade do poder público municipal ao longo de um período histórico em que se acumularam erros de planejamento ou ineficiência na proposição de políticas habitacionais que norteassem a fixação das populações durante os períodos de expansão demográfico-populacionais, principalmente a partir dos anos 2000 (FERRAZ *et al.*, 2017; BATELLA, 2018). Como resultado, a expansão urbana de Teófilo Otoni, mesmo que fortemente influenciada pelas características de seu sítio de ocupação, traz em seu bojo a contínua construção dos riscos, não apenas como herança, mas como práticas cujas tendências apontam para a sua perpetuação, no tempo e no espaço.

Referências

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2015). HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas. Brasília.
- ALMEIDA, R. A. (2016). Modelagem hidrológica na Bacia do Rio Mucuri com a utilização do modelo SWAT. 112 f. Tese de doutorado. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ARAKI, R. (2007). Vulnerabilidade associada a precipitações e fatores antropogênicos no município de Guarujá (SP) - Período de 1965 a 2001. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BATELLA, W. B. (2018.). Estruturação urbana de Teófilo Otoni/MG: a topografia social de uma cidade média no Vale do Mucuri. **Caderno de Geografia**, 28(54), p. 793-811. Belo Horizonte.

BATELLA, W. B. (2013). Os limiares das cidades médias: reflexões a partir da cidade de Teófilo Otoni. 228 f. Tese de doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

BENEDET, C. (2015). Análise dos processos de movimentos gravitacionais de massa nas encostas dos bairros Prado e Saudade.... 285 f. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BRASIL (2009). Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios. 176 p. Brasília.

BUSSO, G. (2001). La vulnerabilidad social y las políticas sociales a inicios del siglo XXI: una aproximación a sus potencialidades y limitaciones para los países latinoamericanos. CEPAL/CELADE. Santiago do Chile.

CAMPOS, P. M.; LACERDA, M. P. C.; PAPA, R. de A.; GUIMARÃES, E. M.; COSTA NETO, S. F de. (2008). Difractometria de raios-X aplicada na identificação de gibbsita e caulinita em latossolos do Distrito Federal. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS 2; SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9. Brasília. **Anais...** Embrapa. Brasília.

CARVALHO, J. C. D. de; GITIRANA JUNIOR, G. de F. N.; CARVALHO, E. T. L.; LUZ, M. P.; SILVA, J. P. da; GUJÃO, C. M. C. (2014). Enchentes, Alagamentos e Inundações: Causas, Consequências e Soluções. CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 17, **Anais...** COBRANSEG, Goiânia.

CERRI, L. E. S. (2006). Mapeamento de risco nos municípios. BRASIL. Ministério das Cidades. Cities Alliance. Prevenção de deslizamentos em encostas: um guia para a elaboração de políticas municipais. 4, p.46-44. Ministério das Cidades/Cities Alliance, Brasília.

COELHO NETTO, A. L. (2011). Hidrologia na encosta em interface com a Geomorfologia. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**, 10. 3, p. 93-151. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

COELHO, F. C.; RUIZ, H. A.; CANTARUTTI, R. B.; FRAMCA, G. E. (2007). Transporte de NO₃⁻ e NH₄⁺ em agregados de Latossolo Vermelho com e sem atividade biológica. **Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental**, , 11(4), p.380–386. Campina Grande

CROZIER, M. J. (1986). Landslides: causes, consequences and environment. New Hampshire: **Croom Helm**, 252 p.

- CUNHA, J. M. P.; JAKOB, A. A. E.; HOGAN, D. J.; CARMO, R. L. (2006). A vulnerabilidade social no contexto metropolitano: o caso de Campinas. CUNHA, J. M. P. (Org.). **Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação**, 5, p.143-68. Editora da Unicamp. Campinas.
- CUNHA, M. A. (Coord.). (1991). Ocupação de encostas. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo.
- EGLER, C. A. G. (1996). Potencial de Risco Ambiental na Zona Costeira. MORAES, A. C. R. de *et al.* (Orgs.). Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União. cap. 3. Pax. Belo Horizonte.
- FALESI, Í.; BASTOS, T. X.; MORAES, V. H. F. (1972). Zoneamento agrícola na Amazônia. IPEAN, Boletim Técnico, 54, p. 17-64. Belém.
- FERNANDES, N. F. GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C. MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. (2001). Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: Avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2(1), p. 51-71. Brasília.
- FERNANDES, N. F.; COELHO NETTO, A. L.; LACERDA, W. A. (1994). Subsurface hydrology of layered colluvium mantles in unchanneled valleys - southeastern Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, 19(7), p. 609-626.
- FERRAZ, C. M. L. (2006). A Evolução do relevo Adjacente à Margem Continental Passiva Brasileira: das “Chapadas” do Jequitinhonha à Planície Costeira do Sul da Bahia. 104 f. Dissertação de mestrado. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FERRAZ, C. M. L. (2019). Inundações e escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais: uma situação de risco ambiental em continuada construção, segundo indicadores geomorfológicos. 202f. Dissertação de doutorado. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FERRAZ, C. M. L.; ANDRADE, J. R.; COSTA, A. S. V. (2016). A previsibilidade climática e o planejamento hídrico: Análise preliminar sobre a pluviosidade em Teófilo Otoni/MG. WORKSHOP INTERNACIONAL DE BIORREMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS, 1, SESMA, 11. **Anais...** Vila Velha.
- FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C.; ALMEIDA, R. de A.; SCHETINI, A. C. S.; GOMES, G. V. (2017). Expansão urbana de Teófilo Otoni/MG: aplicação de técnicas de geoprocessamento na contribuição para ordenamento territorial. **Revista Vozes dos Vales**, 12, p. 1-22. Teófilo Otoni.
- FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C.; HENRIQUES, R. J. (2016). Geomorfologia do espaço urbano de Teófilo Otoni (MG): contribuições ao ordenamento territorial. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 11. **Anais...** Londrina.
- FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C.; HENRIQUES, R.J.; TRINDADE, B. C.; LADISLAU, F. F. (2018). Uso de geotecnologias para mapeamento da suscetibilidade a

inundações e escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais: potencialidades e limitações. **Revista Vozes dos Vales**, 14, p. 1-31.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B., CURI, N. (1999). Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 23, p. 515-524.

FERREIRA, M.V. (2015). Contribuição metodológica ao estudo da dissecação e energia do relevo: proposta e avaliação de técnicas computacionais. 230 f. Tese de doutorado. Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo. IGCE-UNESP, Rio Claro.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. (2002). Monitoramento e avaliação de risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, 37(5), p. 659-667. Brasília.

GHIDIN, A. A.; MELO, V de F. LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. (2006). Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II - relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30(2), p. 307-319. Viçosa.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. (1983). Estabilidade de Taludes naturais e de escavação. Edgard Blucher. 216 p. São Paulo.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2016). IBGE Cidades. Teófilo Otoni. Rio de Janeiro.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2014). Teófilo Otoni. Rio de Janeiro.

MARTINS, M. L. (2010). Ocupação e desflorestamento numa área de fronteira: Vale do Mucuri, MG – 1890 a 1950. **Revista de História Regional**, 15(1), p. 40-77. Ponta Grossa.

MOLINA, E. A. N.; CARDOSO, A. O.; NOGUEIRA, F. R. (2015). Relação Precipitação-Deslizamento no Município de São Bernardo do Campo-SP. **Ciência e Natura**, 37, p. 46-54. Santa Maria.

MONECHE, M. S. de F. (2012). Análise da distribuição dos fatos geomorfodinâmicos para identificação de zonas de perigos naturais. 113 f. Dissertação de mestrado. Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. (1994). A physically-based model for the topographic control on shallow landsliding. **Water Resources Research**, 30(4), p. 1153-1171.

MOSER, C. (1998). The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. **World Development**, 26(1), p. 1-19. New York.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. (2013). Munsell soil color chats, Munsell color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation. Baltimore.

PAES, V. J. de C. (2001). Projeto Leste-MG: Folha Teófilo Otoni (SE.24-V-C-IV). SEME/COMIG/CPRM, Texto explicativo. Escala 1:100.000. [CDRom]. Belo Horizonte.

PARISI, G.; PINHO, D. (2012). Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Teófilo Otoni, MG. CPRM. São Paulo.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. (2015). Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, 17, p. 206-226.

RENEAU, S. L.; DIETRICH, W. E. (1987). The importance of hollows in debris flow studies; examples from Marin County, California. COSTA, J. E.; WIECZOREDK, G. F. (Eds.). Debris Flows/Avalanches: Process, Recognition and Mitigation. Boulder: **Geological Society of America**, p. 165-179.

RIBEIRO, M. R.; SOUZA, E. A. de. (1994). Caracterização e classificação de solos utilizados para pequena irrigação nas micro-regiões de Salgueiro e Alto Pajeu, no Estado de Pernambuco. **Cadernos Ômega**, 6, p. 149-164. Recife.

RODRIGUES, F. de S.; LISTO, F. de L.R. (2016). Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos e inundações em áreas marginais a rodovias na Região Metropolitana de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 21(4), p. 765-775.

SANTANA, J. K. R.; LISTO, F. L. R. Alterações morfológicas de encostas e deflagração de escorregamentos em áreas densamente urbanizadas: uma análise evolutiva em uma sub-bacia do município de Recife (PE). **Revista de Geografia**, 35, p. 1-19. Recife.

SANTOS, J. H. G.; VIEIRA, E. I.; SILVA, G. B. (1987). Pedologia: levantamento exploratório de solos. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Folha SE. 24 Rio Doce**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. p. 229-252. Rio de Janeiro.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. (2017). Manual de descrição e coleta de solo no campo, 7. rev. amp. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 102 p. Viçosa.

SATO, S. E.; MENDES, I. A. (2005). Cartas Morfométricas como subsídio para a Análise Ambiental – exemplo de aplicação em área costeira. ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 10. **Anais...** p. 13895-13909. São Paulo.

SELBY, M. J. (1993). Hillslope materials and processes. 2. Oxford: Oxford Univ. Press. 480 p.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAÚJO, L. E. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 5(2), p. 250-268. Recife.

TOMINAGA, L. K. (2007). Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP. 220 f. Tese de doutorado.

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (2009). Desastres naturais: conhecer para prevenir. **Instituto Geológico**, 197 p. São Paulo.

WADT, P. G. S.; OLIVEIRA, L. C. de; OLIVEIRA, T. K. de; CAVALCANTE, L. M. (2004). Sistema de Aptidão das Terras para Recuperação Ambiental: Uma metodologia de planejamento ambiental. Embrapa Acre. 38 p. Rio Branco.

WOLLE, C. M.; CARVALHO, C. S. (1989). Deslizamentos em encostas na Serra do Mar - Brasil. **Revista Solos e Rochas**, 12, p. 27-36.