

Received:
September 22, 2022

Accepted:
April 03, 2023

Published:
April 30, 2023

Survey of geological and environmental risk areas in the Doutor Laerte Laender, city of Teófilo Otoni-MG

Fernanda Andrade Dutra¹ , Celso Amaral Cordeiro¹ , Rodrigo Esteves Ribeiro¹ , Antonio Jorge de Lima Gomes¹ , Jorge Luiz dos Santos Gomes¹ 

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brasil.

Email address

fernanda.andrade@ufvjm.edu.br (Fernanda A. Dutra) – Corresponding author.

celso.amaral@ufvjm.edu.br (Celso A. Cordeiro)

rodrigo.ribeiro@ufvjm.edu.br (Rodrigo E. Ribeiro)

antonio.gomes@ufvjm.edu.br (Antonio J.L. Gomes)

jorge.gomes@ufvjm.edu.br (Jorge L. S. Gomes)

Abstract

The city of Teófilo Otoni, including the Doutor Laerte Laender neighborhood (object of this study), located in the northeast region of Minas Gerais, is characterized by socio-spatial inequalities and marked by the history of constant events of landslides and floods. According to the literature, it is possible to know in advance where, under what conditions and the magnitude of landslides, preventing major accidents and social and economic losses. Given this scenario, the objective of this work is to identify and classify the main areas of geological and environmental risk in the Doutor Laerte Laender neighborhood, located in the municipality. For the assessment of areas and risk determination, the quantitative method proposed by the Ministry of Cities was used, which evaluates the areas of mass movement according to its guidelines. As a result, 03 points of risk areas in the neighborhood were raised. From the proposed analysis, the risk classification R3 (High Risk) was obtained for Points 01 and 02 and the classification R2 (Medium Risk) for Point 03. Therefore, preventive measures in order to minimize the impacts of possible landslides and/or prevent losses are necessary in both points studied. In this way, the present work can contribute to the identification and classification of risk areas in the city of Teófilo Otoni, which has serious destructive events in its history.

Keywords: Mapping, Risk Areas, Teófilo Otoni.

1. Introdução

Teófilo Otoni, localizada na região nordeste do estado de Minas Gerais, na mesorregião do Vale do Mucuri, é caracterizada por desigualdades socioespaciais (Batella, 2018). O centro da cidade destaca-se no que diz respeito às variáveis de renda, infraestrutura, saneamento e condições de trabalho, enquanto a periferia se configura como local de moradias precárias.

Segundo Batella (2018), a topografia de Teófilo Otoni é marcada por morros com encostas de fortes declividades nas porções norte, noroeste, oeste, sudoeste, sul, sudeste e nordeste, formando uma circunferência que envolve a parte central da cidade. Além disso, com o crescimento da

população na região, os terrenos com fortes declividades foram incorporados à malha urbana, multiplicando as áreas susceptíveis a processos de erosão por água pluviais.

Tais fatores, somados a intervenções antrópicas (desmatamentos, cortes, aterros, alterações de drenagem, lançamento de resíduos sólidos e construções), colaboram para a ação de processos morfodinâmicos, principalmente, a ocorrência de erosões aceleradas, de escorregamentos, de assoreamentos e de inundações, ocasionando situações de risco à população (Rodrigues e Listo, 2016).

Diante deste cenário, a região da cidade de Teófilo Otoni, inclusive o bairro Doutor Laerte Laender (objeto deste estudo), possui histórico de

constantes eventos de deslizamentos de terra e inundações. Causados tanto por causas naturais, como por intervenções antrópicas, mau uso/ocupação do solo e falta de gerenciamento de riscos. O que traz expressivos danos para o meio ambiente e causa enormes perdas econômicas e sociais.

O município de Teófilo Otoni está localizado na região nordeste do estado de Minas Gerais, na mesorregião do Vale do Mucuri, a cerca de 447 km da capital do estado (Belo Horizonte) como mostra a Figura (1). Possui uma área territorial de 3.242,270 km² e população estimada em 2021 de 141.269 pessoas (IBGE, 2022).

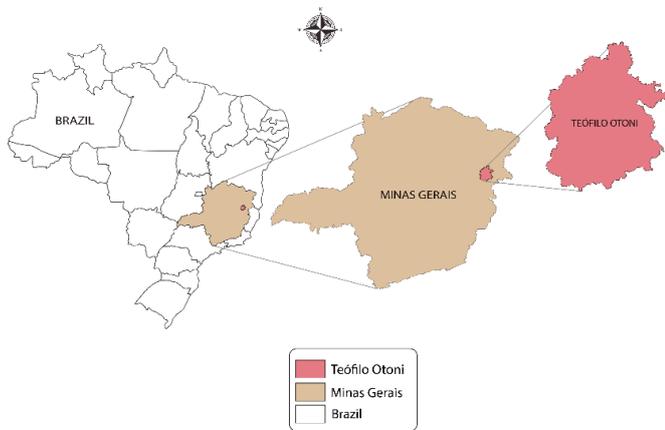


Figura 1 – Mapa do território brasileiro, identificando o estado de Minas Gerais e o município de Teófilo Otoni.

Ainda de acordo com o IBGE, no último Censo de 2010, a cidade contava com 77,1% de seus domicílios com esgotamento sanitário adequado, 42,7% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização, 20,1% de vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) e 18766 pessoas exposta em área de risco a inundações, enxurradas e deslizamentos.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é identificar e classificar as principais áreas de risco geológico e ambiental no Bairro Doutor Laerte Laender, localizado no município de Teófilo Otoni-MG.

3. Área de Estudo

3.1. Localização

O bairro analisado no presente trabalho, denominado Doutor Laerte Laender, está localizado

a sudoeste da cidade de Teófilo Otoni, como mostra a Figura (2).

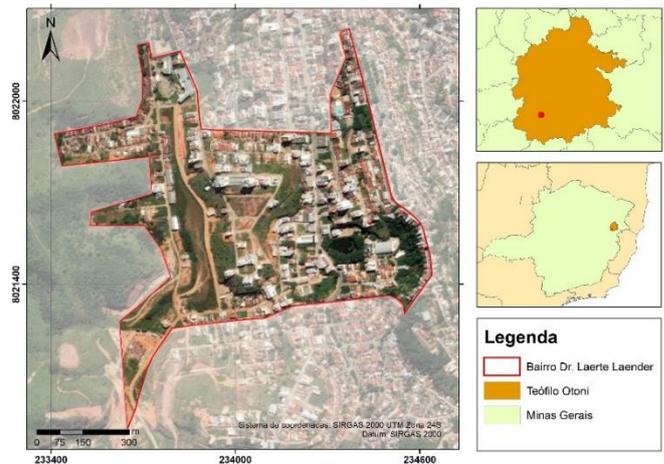


Figura 2 – Mapa do município de Teófilo Otoni, identificando o Bairro Doutor Laerte Laender.

Apesar de estar relativamente próximo ao centro da cidade, a região do bairro estudado tem histórico de vários eventos destrutivos durante os últimos anos. Entre as principais causas destes eventos, é possível destacar as características topográficas da região (terrenos muito declivosos) e constantes intervenções antrópicas (cortes, aterros e construções indevidas).

3.2. Clima

O clima de Teófilo Otoni, onde localiza-se o bairro Laerte Laender, é caracterizado como Tropical Quente Semiúmido, ou seja, possui médias maiores que 18°C em todos os meses do ano, apresentando verões chuvosos e invernos com poucas chuvas (IBGE, 2022).

De acordo com Ferraz, Valadão e Henrique (2016), o volume pluviométrico está entre 900 e 1200mm por ano, concentrada no período chuvoso que se inicia no final do mês de outubro e se encerra em março.

3.3. Geologia

As principais formações geológicas na área urbana de Teófilo Otoni são a Tumiritinga e o Tonalito de São Vitor, ambas situadas dentro do Complexo Juiz de Fora, como mostra a Figura (3). A grande incidência de eventos de deslizamentos de terra na região é causada por fazer parte do domínio dos complexos granitóides e ortognaisses marcado pelo intenso fraturamento, vertentes íngremes e declividades elevadas (Gomes et al., 2014 e Silva et al., 2022).

O município é marcado pela presença de latossolos vermelho-amarelos e vermelhos nos terços superiores das vertentes e nos topos. Nas feições de maior declividade dão lugar aos argissolos e cambissolos, vermelhos e vermelho-amarelos (Guimarães, Gomes e Gomes, 2021).

execução de cortes e aterros inadequados, remoção de cobertura vegetal, saturação do solo por meio do lançamento e concentração de águas pluviais e servidas, vazamentos na rede de abastecimento e esgoto, presença de fossas, lançamento de lixo nas encostas e taludes e cultivo inadequado do solo.

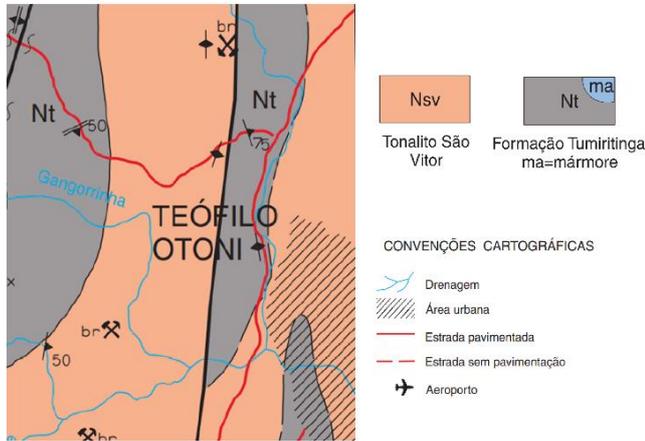


Figura 3 – Carta geológica do município de Teófilo Otoni - MG. Adaptado de CPRM (1996).

2. Referencial Teórico

O grande número de pessoas vivendo em áreas de risco de deslizamentos, enchentes e inundações é uma das maiores consequências negativas do crescimento desenfreado das cidades brasileiras (Brasil, 2007).

O Ministério das Cidades e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2007) define risco como a relação entre a probabilidade de ocorrência de um processo ou fenômeno e a magnitude de danos ou consequências sobre a população. Define também o termo deslizamentos como movimentos de massa de solos, rochas ou detritos, gerados pela ação da gravidade, em terrenos inclinados, agravados principalmente pela infiltração da água das chuvas. Sendo assim, é possível se conhecer previamente onde, em que condições e a magnitude dos deslizamentos, prevenindo maiores acidentes.

Os movimentos de massa relacionados a encostas são agrupados em quatro grandes classes de processos, sendo: Rastejos, Escorregamentos, Quedas e Corridas, como mostra a Tabela (1) (Brasil, 2007).

Desse modo, os movimentos gravitacionais de massa, como os deslizamentos, estão condicionados a processos naturais ou induzidos pelo homem, que acelera e amplia a instabilidade. Sendo as principais interferências antrópicas responsáveis pelos movimentos de massa, segundo Silva (2016):

Tabela 1 – Classificação de deslizamentos. Adaptado de Augusto Filho (1992) citado em Brasil (2007).

Processo	Características do Movimento/ Material/ Geometria
RASTEJO	<ul style="list-style-type: none"> - Vários planos de deslocamento (internos); - Velocidades muito baixas a baixas (cm/ano) e decrescentes com a profundidade; - Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; - Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada; - Geometria indefinida.
ESCORREGAMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Poucos planos de deslocamento (externos); - Velocidades médias (m/h) a altas (m/s); - Pequenos a grandes volumes de material; - Geometria e materiais variáveis.
QUEDAS	<ul style="list-style-type: none"> - Sem planos de deslocamento; - Movimento tipo queda livre ou em plano inclinado; - Velocidades muito altas (vários m/s); - Material rochoso; - Pequenos e médios volumes; - Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc; - ROLAMENTO DE MATAÇÃO; - TOMBAMENTO;
CORRIDAS	<ul style="list-style-type: none"> - Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação); - Movimento semelhante ao de um líquido viscoso; - Desenvolvimento ao longo das drenagens; - Velocidades médias a altas mobilização de solo, rocha, detritos e água; - Grandes volumes de matéria - Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Já as causas naturais dos deslizamentos podem ser divididas em agentes predisponentes e afetivos (Silva, 2016). Os predisponentes dizem respeito às características do meio físico natural

(resistência da rocha ao intemperismo), complexo hidrológico-climático da região e vegetação natural. Já os efetivos podem ser preparatórios (como pluviosidade, erosão, congelamento e degelo, variação da temperatura e umidade) e imediatos (chuva intensa, vibrações, terremotos).

5. Metodologia

A metodologia utilizada se baseia em métodos exploratórios, quantitativos e qualitativos. A análise do comportamento do solo no local de estudo foi feita a partir de revisões bibliográficas e levantamento de campo.

No levantamento de campo, foram observados os setores de risco da região: características das encostas, intervenções, moradias e a presença de solos ou rochas que apresentam riscos à população local. Além disso, foram feitos registros fotográficos e preenchidas fichas de campo.

Para a avaliação das áreas e determinação do risco, utilizou-se o método quantitativo proposto pelo Ministério das Cidades (2007), que avalia as áreas de movimento de massa de acordo com suas diretrizes. Na Tabela (2), são apresentados os graus de risco com relação aos escorregamentos e as respectivas condições preestabelecidas.

6. Análises e Discussões

Foram levantadas 03 áreas de risco do bairro Doutor Laerte Laender da cidade de Teófilo Otoni-MG. A Tabela (3) apresenta a identificação das áreas, assim como suas coordenadas geográficas.

6.1. Área 01

A área 01 está localizada próximo ao número 498 na Rua Victor Renault do bairro Doutor Laerte Laender, área urbana consolidada, muito movimentada durante o dia, como mostram as Figuras (4) e (5). Refere-se a um antigo talude às margens de uma via local, que apresenta evidências de instabilidade.

O talude possui sinais evidentes de extrema degradação do solo (voçorocas), consequências diretas de erosão causadas pela água da chuva e intempéries. Além disso, nos últimos anos, ocorreram eventos destrutivos, como deslizamentos que ocasionaram perdas materiais.

Portanto, a área 01 configura-se como R3 (Risco alto), pois apresenta significativas evidências de instabilidade como trincas no solo e voçorocas, está próximo a um trecho de via com fluxo intenso de pessoas/veículos e possui edificações próximas e ao topo do talude.

Tabela 2 - Classificação das áreas de risco. Adaptado de Brasil (2007).

Grau de Probabilidade	Descrição
R1 Baixo ou sem risco	Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e margens de drenagens. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos.
R2 Médio	Observa-se a presença de alguma (s) evidência (s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente (s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
R3 Alto	Observa-se a presença de significativa (s) evidência (s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
R4 Muito Alto	As evidências de instabilidades (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

Tabela 3 - Áreas levantadas e suas coordenadas.

Área	Longitude	Latitude
01	-41.50749	-17.87415
02	-41.50766	-17.87667
03	-41.50719	-17.87325



Figura 4 – Área 01.



Figura 5 – Talude com significativas evidências de instabilidade e edificação ao topo.

6.2. Área 02

Na área 02, localizado na Rua Júlio Rodrigues, número 743, do bairro Doutor Laerte Laender, é possível observar o rompimento de uma estrutura de estabilização do talude, construída para mitigar os efeitos erosivos causados, principalmente pela ação chuvas intensas na região. Como mostram as Figura (6) e (7), a partir do rompimento da estrutura, ocorreu a ruptura e escorregamento do

solo da encosta, ocasionando perdas materiais e levando à interdição da área.

Sendo assim, a área 02 também deve ser classificada como R3 (Risco alto), por apresentar talude totalmente instável, estabelecimentos comerciais próximos, via com fluxo intenso de pessoas/veículos, além do risco da queda de parte da estrutura de contenção. Portanto, tanto o Setor 01 como o Setor 02, mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

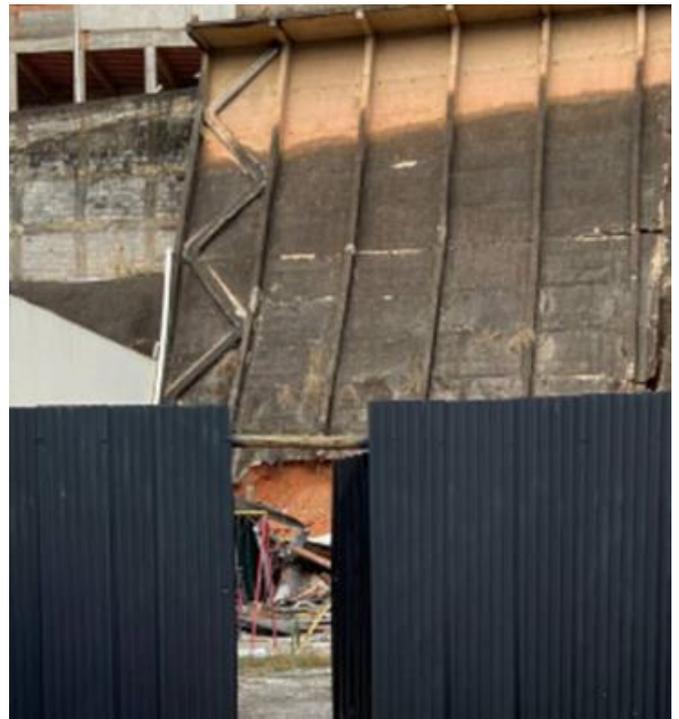


Figura 6 – Área 02.

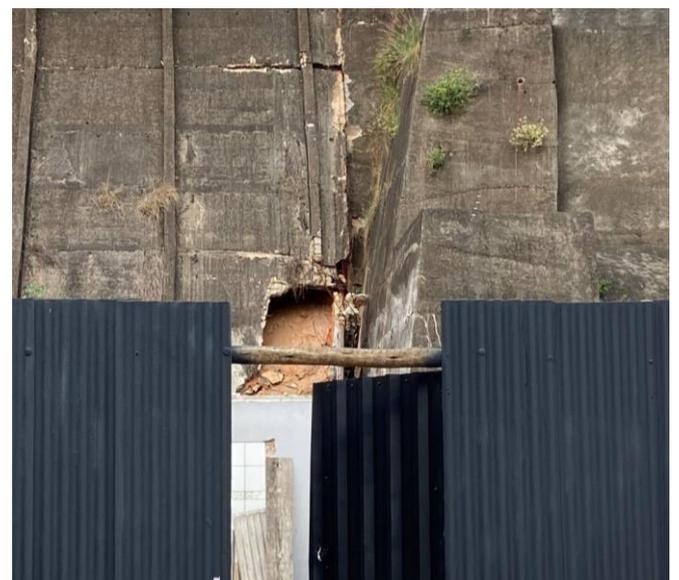


Figura 7 – Rompimento de estrutura de estabilização do talude.

6.3. Área 03

A área 03, localizado na Rua Alfredo Leão Martins, próximo ao número 50, do bairro Doutor Laerte Laender, também se trata de um corte realizado a aproximadamente 90° de inclinação no talude para uma futura construção de edificação. O local encontra-se em uma rua predominantemente residencial, cercado de residências uni e multifamiliares, como apresentam as Figuras (10) e (11).

Apesar de bastante inclinado, o talude apresenta moderadas evidências de instabilidade (marcas de corte, vegetação e residências ao topo). Na lateral, também é possível observar alvenaria em blocos com risco iminente de queda.

Portanto, o local deve ser classificado como R2 (Risco Médio), pois embora não possuir evidências significativas de instabilidade, apresenta inclinação acima do recomendado, residências próximas, vegetação de grande porte ao topo e lateral instável.



Figura 8 – Área 03.

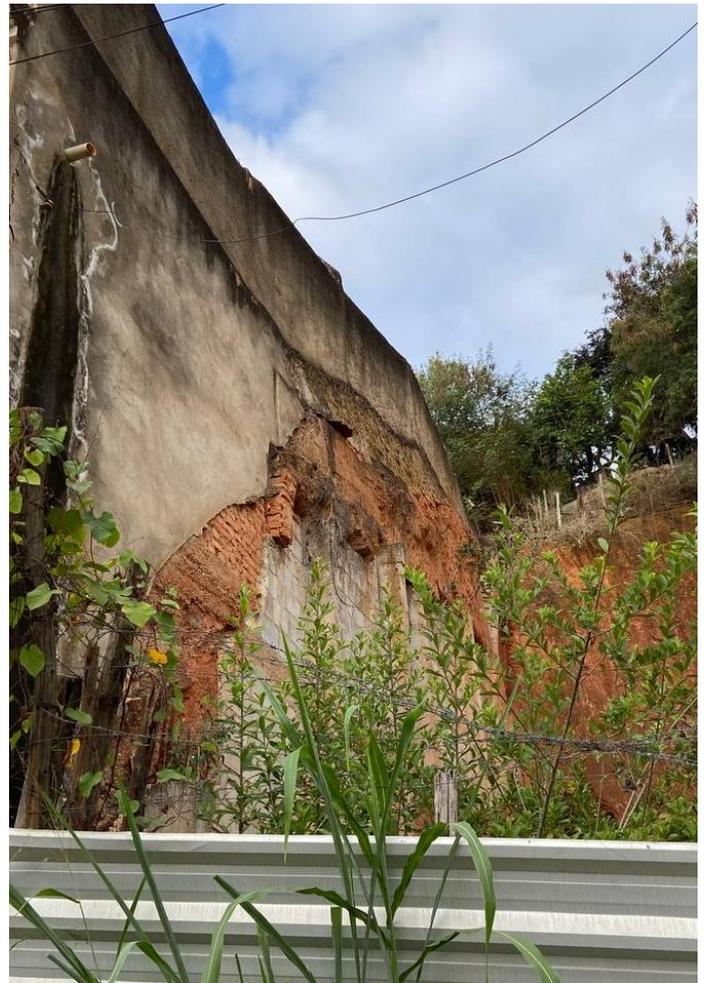


Figura 9 – Talude inclinado e lateral instável.

6.4. Classificação de risco

A partir da análise proposta, obteve-se a classificação de risco R3 (Risco Alto) para as áreas 01 e 02 e a classificação R2 (Risco Médio) para a área 03, todos localizados no Bairro Doutor Laerte Laender da cidade de Teófilo Otoni-MG, como mostra a Tabela (4) e o Mapa de risco a seguir.

Tabela 4 – Áreas levantadas e classificação de risco correspondente.

Área	Localização	Classificação de Risco
01	Rua Victor Renault	R3 (Alto)
02	Rua Victor Renault	R3 (Alto)
03	Rua Alfredo Leão Martins	R2 (Médio)

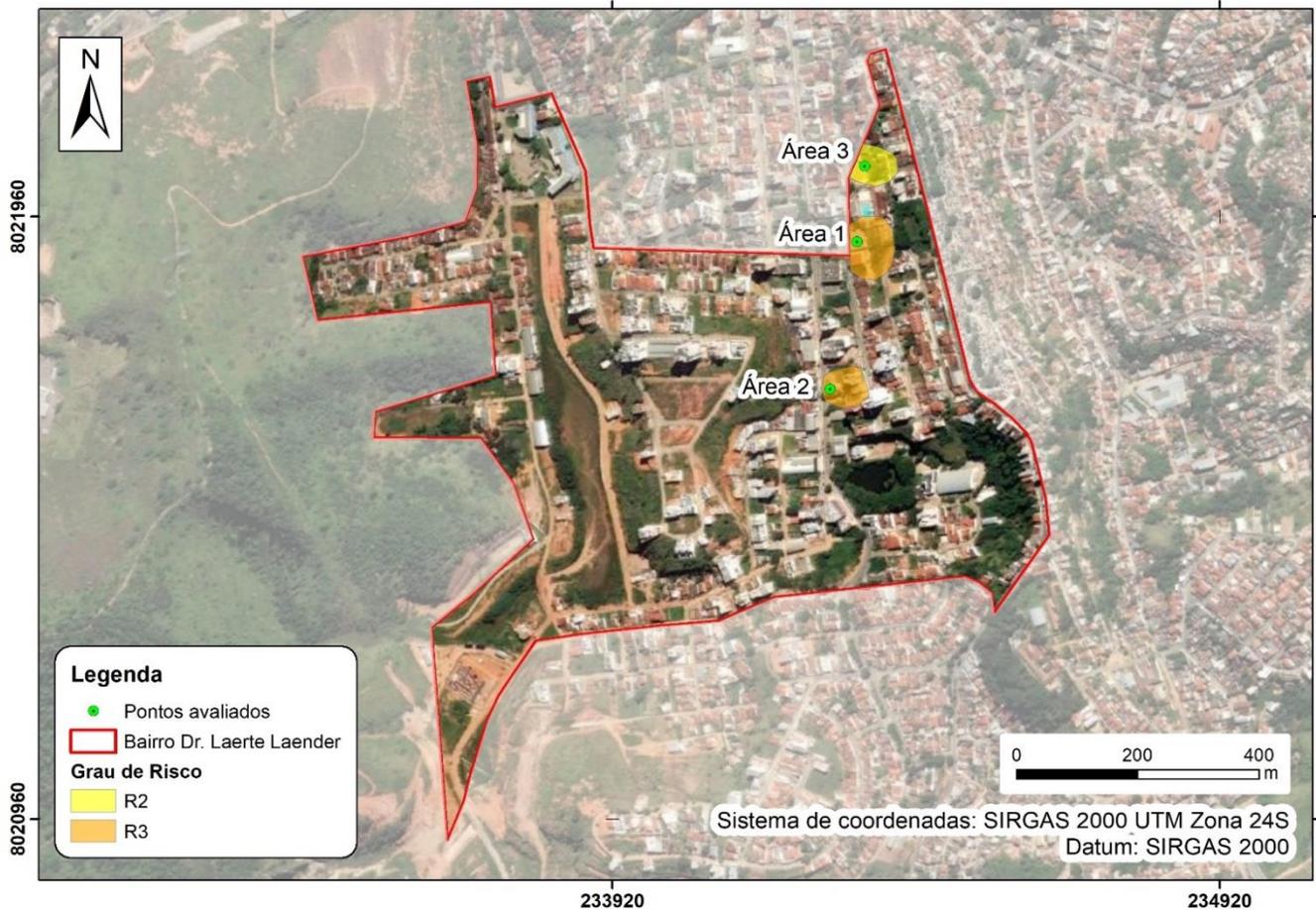


Figura 10 – Mapa de Risco.

7. Conclusão

Destaca-se que medidas preventivas com o intuito de minimizar os impactos de possíveis deslizamentos e/ou impedir perdas sociais e econômicas são necessárias em ambos os setores estudados. Ações como: não desmatar encostas, evitar o plantio de árvores grandes nestas áreas, observar o comportamento do talude, descartar o lixo corretamente, criar canais para o escoamento da água da chuva, não realizar cortes sem a prévia autorização de um profissional capacitado e construir estruturas eficientes de contenção podem diminuir o risco.

Portanto, quando ocorrem em áreas urbanizadas, os deslizamentos causam grandes perdas materiais e consequências graves para a saúde e bem-estar população. Desse modo, o presente trabalho contribui para identificação e classificação de áreas de risco na cidade de Teófilo Otoni, que possui em seu histórico graves eventos destrutivos.

Referências

- Brasil, Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, 2007. *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Carvalho, C. S., Macedo, E. S. and Ogura A. T. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.
- Batella, W., 2018. *Estruturação urbana de Teófilo Otoni/MG: a topografia social de uma cidade média no Vale do Mucuri*. Revista Caderno de Geografia, 28(54), pp.793-811. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2018v28n54p793-811>
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1996. Serviço Geológico do Brasil. Projeto Leste: Folha SE 24 - V-CIV – Teófilo Otoni. *Carta Geológica*. Belo Horizonte.

Ferraz, L.M.C., Valadão, C.R. e Henrique, J.R., 2016. *Geomorfologia do espaço urbano de Teófilo Otoni (MG): contribuições ao ordenamento territorial*. In: XI SINAGEO. Geomorfologia: Compartimentação de paisagem, processo e dinâmica. Maringá – PR.

Gomes, J.L.S., Gomes, A.J.L. e Gomes, P.S., 2014. *Planejamento Ambiental com base na geologia e sua aplicação no desenvolvimento urbano do município de Teófilo Otoni*. In: XI congresso nacional de meio ambiente de Poços de Caldas, Poços de Caldas – Minas Gerais.

Guimarães, L.S., Gomes, A.J.L. e Gomes, J.L.S., 2021. *Identificação e classificação de áreas de risco em espaços urbanos da Zona Sul de Teófilo Otoni*. Research, Society and Development, 10(15), pp.1-16, e254101522754.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22754>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades e Estados: Teófilo Otoni*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>> [Acessado 12 julho 2022].

Oliveira, C.H.T. e Gomes, A.J.L., 2021. *Survey of geological and environmental risk areas in the city of Itambacuri-MG*. International Journal of Geoscience, Engineering and Technology, 3(1), pp.31-40.

Rodrigues, F.S. e Listo, F.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), pp.765-775.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522016152649>

Silva, B.A., Gomes, A.J.L. e Gomes, J.L.S., 2022. *Erosão hídrica e antropogênica na formação de voçorocas na cidade de Teófilo Otoni*. Research, Society and Development, 11, pp.e49711932312-17.
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32312>

Silva, T.Q., 2016. *Análise De Risco Geológico-Geotécnico Em Áreas Sujeitas A Movimentos De Massa*. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa.