

Received:
October 10, 2025

Accepted:
October 31, 2025

Published:
October 31, 2025

Areas of geohydrological risk in the urban perimeter of the Municipality of Coluna in the State of Minas Gerais

Marcelo Bredoff Azevedo¹ , Antônio Jorge de Lima Gomes¹ , Jorge Luiz dos Santos Gomes¹ 

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

marcelo.bredoff@ufvjm.edu.br (Marcelo B. Azevedo) – Corresponding author.

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

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

Abstract

This study presents the initial results of the geohydrological risk survey conducted in the Municipality of Coluna, State of Minas Gerais, Brazil. In this matter, field surveys were conducted, integrating with historical records of landslides and floods, which enabled the classification of geohydrological risks from R1 to R4, in accordance with the methodology of the Brazilian Ministry of Cities, as well as an understanding of the region's vulnerability. With unplanned urbanization, human interventions, road construction, and building in unsuitable areas, the risk of environmental disasters is increased in the city of Coluna, characterized by soils susceptible to erosion, irregular topography, and steep slopes, increases during the rainy season. The results obtained at the six points studied, called A, B, C, D, E and F, indicate that the lack of adequate drainage, combined with interventions without technical criteria, increases soil instability and population exposure, with Points A, B, E and F being high risk (R3) and Points C and D being medium risk (R2). It is therefore essential to implement prevention and mitigation strategies, such as rigorous urban planning, inspection, containment and drainage works, and environmental education, as fundamental measures to reduce vulnerabilities, protect lives, and promote safer and more sustainable development in the city of Coluna.

Keywords: Geohydrological risk, Urban planning, Landslides, Environmental disasters.

1. Introdução

A crescente urbanização juntamente com as mudanças climáticas e as características naturais dos territórios tem contribuído para o aumento da vulnerabilidade hidrogeológica no perímetro urbano (Baião, Mantovani e Alcântara, 2025; Dias et al., 2018; Zhu et al., 2025). A intensificação da ocupação urbana em áreas suscetíveis, como áreas de planícies de inundação e encostas fragilizadas, já configura as chamadas áreas de risco onde fenômenos como inundações, alagamentos e deslizamentos encontram condições propícias para ocorrência (Saito et al., 2019; Zhang et al., 2019). Com base na literatura, a identificação e o mapeamento de áreas de risco hidrogeológico em zonas urbanas indicam que as ações antrópicas atreladas à alteração inadequada no uso e ocupação do solo, aliadas a fatores topográficos e geológicos, são determinantes para o surgimento das áreas de risco (Dutra et al., 2023; Estrada, Perron e

Yamamoto, 2023; Roccati et al., 2021; Stefanidis e Stathis, 2013).

Neste sentido, o Município de Coluna, em Minas Gerais, apresenta relevo íngreme e declives acentuados, características que aumentam sua vulnerabilidade a eventos naturais. Além disso, registros de enchentes em diferentes períodos confirmam a ocorrência desses fenômenos (ALMG, 2025; Prefeitura Municipal de Coluna, 2025; Seixas, 2024) e evidenciam os riscos associados à ocupação urbana. Grande parte dos problemas está relacionada à intervenção humana, especialmente à ocupação irregular e à construção em áreas inadequadas, que dificultam o escoamento das águas pluviais e ampliam a exposição da população a desastres ambientais (Prefeitura Municipal de Coluna, 2016).

Esse quadro reflete um padrão recorrente similar em muitas cidades brasileiras, marcado pela ausência ou ineficácia de políticas públicas habitacionais e de planejamento urbano. A

ocupação de áreas ambientalmente frágeis tem ocorrido de forma predatória, resultando em aterros instáveis, cortes em encostas íngremes e edificações irregulares, que contribuem para a instabilidade do solo e a intensificação de processos erosivos (Oliveira e Gomes, 2021).

A expansão urbana desordenada, somada ao uso inadequado e à exploração intensiva do solo, agrava ainda mais essa situação, como resultado, surgem zonas de alto risco que, especialmente durante períodos de chuvas intensas, tornam-se suscetíveis a diversos tipos de deslizamentos de massa, processos hidrogeomorfológicos, enchentes, erosão das margens dos rios, fluxos de detritos, escorregamentos e inundações (Guimarães, Gomes e Gomes, 2022).

2. Objetivo

Mapear áreas de risco geológico e hidrológico no perímetro urbano do município de Coluna - MG.

O município de Coluna, em Minas Gerais, está localizado no Vale do Rio Doce, ao norte da microrregião de Guanhanes. Sua sede situa-se a aproximadamente 366 km de Belo Horizonte, com altitude média de 650 metros. As coordenadas geográficas são 18°14'02" de latitude sul e 42°50'24" de longitude oeste, correspondendo no sistema UTM a 7.982.596,6 m N e 728.404,6 m E, Fuso 23. Em 2021, a população estimada era de 8.810 habitantes, sendo 5.210 na zona rural e 3.814 na área urbana.

3. Área de Estudo

O município situa-se no Vale do Rio Doce e sua localização regional se apresenta na Figura (1). Ocupa área de 348,49 km², apresentando diferentes tipos de relevo e diferentes coberturas ambientais, fatores que influenciam diretamente a ocupação e o planejamento urbano. (IBGE, 2022).

3.1 Hidrografia

O município ocupa posição estratégica no Vale do Rio Doce, ao norte da microrregião de Guanhanes, favorecendo a formação de cursos d'água que integram a sub-bacia do Rio Suaçuí Grande, importante para o equilíbrio hídrico regional (Prefeitura Municipal de Coluna, 2016).

A rede hidrográfica local é essencial para o abastecimento de água e a preservação ambiental, atendendo tanto à zona urbana quanto às áreas rurais. Entre os principais mananciais estão o córrego do Jácome, o córrego denominado Matinada, o rio Japão, o córrego São Joaquim e o córrego São Pedro.

Os córregos do Jácome e Matinada, que cortam a cidade, desempenham papel estratégico na drenagem pluvial e no controle de enchentes, influenciando o uso do solo e o planejamento urbano (Oliveira, 2022). A rede hidrográfica local é essencial para o abastecimento de água e a preservação ambiental, atendendo tanto à zona urbana quanto às áreas rurais.

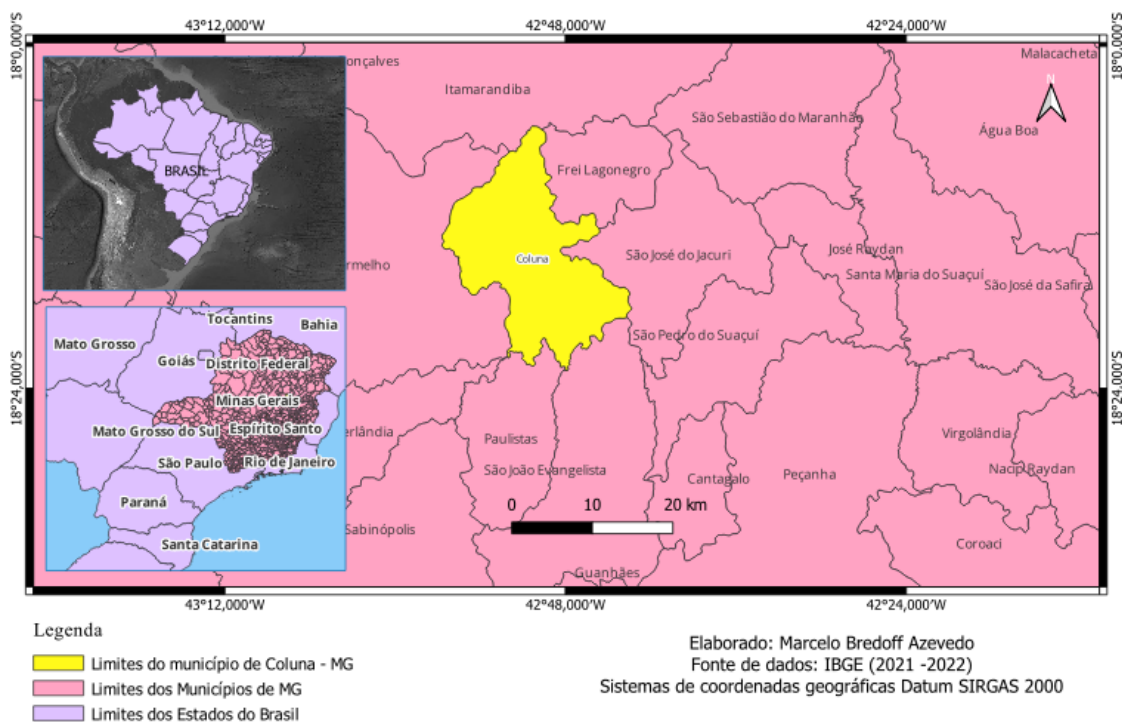


Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Coluna – MG.

3.2 Geologia local

A geologia de Coluna é dominada por rochas do Supergrupo Minas, como xistos, paragneisses, quartzitos e itabiritos, com ocorrência de anfibolitos, metagranitos e granodioritos, enquanto no Complexo Basal predominam biotita gnaisses migmatizados, evidenciando um embasamento antigo e metamorfozado (CPRM, 2015). Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Coluna (Prefeitura Municipal de Coluna, 2016), o relevo faz parte dos Planaltos Dissecados do Leste de Minas, formado por dissecção fluvial sobre rochas granito-gnáissicas, com altitudes entre 517 e 1.023 metros. Os solos predominantes são Latossolos e Argissolos distróficos, acompanhados por Gleissolos e Neossolos Flúvicos, desenvolvidos em relevo ondulado a montanhoso, com textura argilosa e horizonte superficial bem estruturado.

4. Revisão Bibliográfica

Neste tópico serão abordados de forma sucinta os temas de risco geohidrológico, movimentos de massa, enchentes e inundações.

4.1. Risco geohidrológico

Os riscos geohidrológicos fazem parte de um conceito mais amplo denominado riscos naturais, que se refere à possibilidade de ocorrência de mortes, lesões ou danos materiais em uma determinada região, provocados por fenômenos naturais e frequentemente intensificados pela ação humana (Ekmekcioglu e Koc, 2022). Esses riscos incluem eventos adversos de origem geológica, como movimentos de massa, erosões, subsidências, enchentes e inundações (Canuti et al., 2001; Freire, Lima e Silva, 2018). Neste contexto, inundações e deslizamentos de terra constituem a grande maioria dos riscos geohidrológicos (Canuti et al., 2001; Salvati et al., 2016).

O grau de ocupação humana e a vulnerabilidade das construções aumentam a probabilidade de desastres, especialmente em áreas com habitações frágeis ou sem planejamento adequado. Fatores físicos, como tipo de talude, inclinação do terreno, proximidade das moradias e presença de água, seja por nascentes, cursos d'água, águas servidas ou drenagem deficiente, tornando o solo instável e favorecendo deslizamentos. Sinais de instabilidade, como rachaduras ou registros de

deslizamentos anteriores, indicam a necessidade de atenção e monitoramento constante (Lima, Avanzi e Silva, 2021).

4.1.1 Movimentos de Massa

Os movimentos de massa são processos naturais que envolvem o deslocamento de solo, rochas ou detritos em encostas, variando em forma, velocidade e intensidade conforme as condições geológicas, hidrológicas e morfológicas locais (Ferraz e Valadão, 2021; Silveira, 2016; Zêzere, 2005). Entre eles, destacam-se quedas, tombamentos e rolamentos, caracterizados pelo desprendimento de blocos. Deslizamentos, que ocorrem sobre superfícies de ruptura frequentemente precedidos por fissuras. Corridas de massa, quando materiais misturados à água se comportam como líquido viscoso durante chuvas intensas. Subsidências ou colapsos, causados pelo afundamento do terreno devido à redução da porosidade ou deformação de solos argilosos. Esses fenômenos apresentam alto potencial destrutivo, podendo comprometer infraestrutura, vias e áreas urbanas, sendo essenciais para o planejamento e mitigação de riscos geohidrológicos (Facuri, 2020).

4.1.2 Enchentes e Inundações

As enchentes e inundações figuram entre os desastres naturais mais frequentes que impactam populações ao redor do globo, atingindo tanto zonas rurais quanto urbanas (Li et al., 2024; Wang et al., 2025). Esses fenômenos hidrometeorológicos integram os processos naturais da Terra e costumam ser provocados por chuvas intensas e breves, precipitações prolongadas, degelo em áreas montanhosas ou eventos climáticos extremos como tornados e furacões. Contudo, a ação humana tem intensificado seus efeitos por meio da impermeabilização do solo, alteração dos cursos dos rios e diminuição da capacidade de escoamento dos canais, causadas por construções ou acúmulo de sedimentos (Tominaga, Santoro e Amaral, 2015).

A distinção fundamental entre enchente e inundação está relacionada ao limite do leito fluvial (Flick et al., 2012; Goulart e Matsuoka, 2021). A enchente se refere à elevação dos níveis de água dentro do leito do rio, enquanto a inundação acontece quando a água ultrapassa esse limite e invade regiões próximas, que geralmente não ficam alagadas. Nas áreas com habitações precárias, a infraestrutura de drenagem desempenha um papel

crucial no processo de urbanização, frequentemente, esse sistema apresenta falhas, sobretudo em períodos de chuvas intensas, provocando o deslocamento do solo e elevando significativamente o risco de enchentes e inundações (Oliveira e Gomes, 2021).

5. Metodologia

A pesquisa é de caráter aplicado, voltada à prevenção e mitigação de eventos geohidrológicos em áreas urbanas, combinando abordagens descritivas e explicativas. A vertente descritiva permite caracterizar as áreas de risco com base em dados observados, enquanto a abordagem explicativa busca compreender os fatores que influenciam a ocorrência desses fenômenos. Para isso, a metodologia integra técnicas qualitativas, como observação direta em campo e análise documental, e quantitativas, empregadas na classificação e mensuração dos riscos segundo critérios do Ministério das Cidades (Brasil, 2007).

Foram realizadas visitas técnicas, levantamento de dados geoespaciais, imagens de satélite, fotografias aéreas e elaboração de mapas temáticos, permitindo uma análise detalhada das condições de vulnerabilidade e das dinâmicas territoriais.

O estudo também incorpora registros históricos de eventos geohidrológicos, como deslizamentos e inundações, contribuindo para identificar padrões de recorrência e ampliar a compreensão da vulnerabilidade das áreas. Com base nesses levantamentos, as áreas de risco são classificadas em níveis que variam de R1 a R4, considerando sua suscetibilidade geológica e hidrológica (Tabela 1).

A interpretação integrada dos dados coletados permite elaborar estratégias de monitoramento e medidas preventivas, essenciais para reduzir impactos potenciais, orientar a ocupação do solo e promover maior segurança para a população residente nos territórios analisados.

A presença de áreas suscetíveis a enchentes, inundações e alagamentos demanda uma abordagem técnica para sua identificação e categorização. Nesse contexto, o Ministério das Cidades (Brasil, 2007) propôs uma classificação específica para esses tipos de risco, a qual está detalhada na Tabela (2) a seguir, servindo como referência para o planejamento urbano e a gestão de desastres.

Tabela 1 – Classificação das áreas de risco (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 2 – Classificação de áreas de risco sujeitas a inundações, enchentes e alagamentos (Brasil, 2007).

Grau de Probabilidade	Descrição
R1 Baixo ou sem risco	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com baixo potencial de causar danos. Baixa frequência de ocorrência (sem registros de ocorrências nos últimos cinco anos).
R2 Médio	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos. Média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência significativa nos últimos cinco anos).
R3 Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos. Média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência significativa nos últimos cinco anos) e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade.
R4 Muito Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos. Alta frequência de ocorrência (pelo menos três eventos significativos em cinco anos) e envolvendo moradias com alta vulnerabilidade.

6. Levantamento de Dados

6.1. Pontos identificados

O município de Coluna, à semelhança de inúmeras outras cidades brasileiras, vivenciou um processo de expansão urbana caracterizado pela ocupação desordenada do território. Esse crescimento resultou, em grande medida, na instalação de moradias em leitos e margens de rios, frequentemente avançando sobre áreas de preservação permanente (APP), o que representa uma pressão direta sobre os recursos naturais e o equilíbrio ambiental local.

Na área urbana do município de Coluna – MG foram identificados seis pontos considerados de risco, os quais refletem situações que podem impactar diretamente a população local. Esses locais foram delimitados a partir do levantamento em campo e registrados por meio de suas coordenadas geográficas, garantindo maior precisão na identificação. A Tabela (3) apresenta de forma organizada esses pontos de risco, destacando a importância de seu monitoramento para o planejamento urbano e a prevenção de possíveis danos.

Tabela 3 – Pontos levantados e suas coordenadas.

Pontos	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)
A	42°50'29.64"O	18°14'00.42"S
B	42°50'26.58"O	18°13'47.96"S
C	42°50'28.25"O	18°13'49.37"S
D	42°50'14.12"O	18°13'50.12"S
E	42°50'17.64"O	18°13'38.56"S
F	42°50'21.88"O	18°13'52.79"S

A ocupação dessas áreas exige planejamento rigoroso e criterioso, uma vez que construções em talvegues e terrenos com elevada inclinação demandam investimentos significativos para garantir a estabilidade do solo e prevenir que tais locais se tornem áreas de risco geotécnico. A ausência de medidas preventivas adequadas, aliada à ocupação irregular, contribui para o aumento da vulnerabilidade das encostas e para a exposição da população a desastres naturais. Essa situação é agravada pela carência de fiscalização efetiva e pelas dificuldades enfrentadas por parcelas da população de baixa renda em acessar moradias dignas e seguras, refletindo desigualdades sociais e desafios urbanos complexos (Oliveira e Gomes, 2021).

Em situações de precipitação intensa, a retificação dos cursos d'água, combinada com a ocupação de edificações nas faixas marginais, aumenta significativamente a probabilidade de inundações e alagamentos. Esses fatores, quando atuam de forma conjunta, potencializam os impactos sociais, econômicos e ambientais, afetando diretamente a população, o patrimônio e os ecossistemas locais. A recorrência desses eventos evidencia a necessidade de políticas públicas integradas e de um planejamento urbano mais criterioso, que incorpore medidas preventivas, estratégias de mitigação e ações de adaptação, promovendo a gestão sustentável dos recursos hídricos e a redução efetiva das vulnerabilidades geohidrológicas (Martins, 2015).



Figura 1 – Ponto A: Rua Francisco Lopes, n.º 36 (prox.), coordenadas 18°14'00.42"S, 42°50'29.64"O.

O ponto A, situado na Rua Francisco Lopes, próximo ao n.º 36, apresenta risco R3 (alto). Conforme o Ministério das Cidades (2007), trata-se de uma área de drenagem com alto potencial de danos, com ocorrência média de eventos nos últimos cinco anos e moradias em alta vulnerabilidade, o que eleva o perigo de alagamentos e prejuízos estruturais.

Em determinados cenários, as pontes podem atuar como barreiras físicas ao escoamento natural das águas, restringindo a capacidade de vazão dos cursos d'água. Essa limitação hidráulica tende a intensificar a frequência e a magnitude dos eventos de inundação, ampliando os impactos socioambientais associados a tais ocorrências.

O ponto B, localizado na Rua Teófilo Pereira, próximo ao nº 98, apresenta risco R3 (alto) devido à proximidade de residências situadas na divisa entre o rio e a ponte (Figura 3), ressalta-se que, conforme a Lei nº 12.651 de 2012 (Brasil, 2012), art. 4º, é proibida a construção em margens de rios, por se tratarem de Áreas de Preservação Permanente (APPs), destinadas à proteção dos recursos hídricos e à prevenção de riscos ambientais e estruturais.

Na área urbana, edificações construídas sobre cortes e aterros em encostas íngremes aumentam significativamente os riscos de movimentos de massa, como deslizamentos e escorregamentos. A ocupação irregular, muitas vezes realizada sem critérios técnicos adequados, agrava a instabilidade das encostas, sobretudo durante períodos de chuvas intensas e prolongadas. Essa realidade evidencia a importância de medidas de planejamento urbano que considerem a geologia e a topografia locais, a fim de reduzir vulnerabilidades e proteger a população. Nesse contexto, o Ponto C (Figura 4 e 5), na Rua Francisco de Souza Ferreira, próximo ao nº 253, é classificado como R2 (Médio), indicando risco moderado de deslizamentos, com baixa probabilidade de ocorrência de eventos destrutivos, mantidas as condições atuais.

Além das intervenções humanas, essas áreas apresentam uma vegetação diversificada, composta por plantas de diferentes portes, cuja presença influencia diretamente a estabilidade do terreno. A vegetação desempenha um papel significativo na estabilidade das encostas, podendo atuar tanto de forma positiva quanto negativa. Em determinados casos, a vegetação favorece a infiltração de água no solo, o que pode reduzir sua coesão e aumentar a suscetibilidade a processos de instabilidade, como deslizamentos.

Entre as espécies vegetais presentes, as bananeiras se destacam por sua estrutura radicular e características morfológicas, que aumentam a infiltração de água no solo. Embora ofereçam resistência ao vento, podem contribuir indiretamente para a desestabilização de encostas, especialmente em áreas já suscetíveis a deslizamentos (Brasil, 2007). Nesse contexto, o Ponto D (Figura 6), na Rua Geraldo Inácio, próximo ao nº 79, é classificado como R2 (Médio), indicando risco moderado, com baixa probabilidade de eventos destrutivos mantidas as condições atuais.



Figura 2 – Ponto B: Rua Teófilo Pereira, nº 98 (prox.), coordenadas 18°13'47.96"S, 42°50'26.58"O.



Figura 3 – Ponto C: Rua Francisco de Souza Ferreira, nº 253 (prox.), coordenadas 18°13'49.37"S, 42°50'28.25"O.



Figura 4 – Ponto C: Rua Francisco de Souza Ferreira, nº 253 (prox.), coordenadas 18°13'49.37"S, 42°50'28.25"O.

No ambiente urbano do município, os processos erosivos configuram-se como desafios socioambientais recorrentes, cuja intensificação ao longo do tempo afeta significativamente a infraestrutura, o espaço urbano e a qualidade de vida da população.

Quando não controlada, a erosão compromete vias, drenagem e edificações, colocando em risco a segurança e causando danos materiais. Diante disso, é essencial adotar medidas preventivas e corretivas fundamentadas em análises geotécnicas e ambientais, incluindo o monitoramento de áreas suscetíveis, o controle eficiente do escoamento superficial e o manejo adequado do solo, práticas que contribuem para mitigar impactos e aumentar a resiliência urbana (Oliveira, 2005).

Além de afetarem diretamente a dinâmica urbana e a qualidade de vida da população, esses processos geram riscos socioambientais relevantes, cuja gestão requer soluções técnicas complexas e investimentos financeiros expressivos.

A recorrência e intensidade desses eventos demonstram que a simples resposta a danos já ocorridos não é suficiente; torna-se essencial adotar medidas preventivas e integradas ao planejamento urbano, buscando reduzir vulnerabilidades e aumentar a resiliência das comunidades afetadas. Nesse contexto, o Ponto E (Figura 7 e 8), na Rua José Luiz Moreira, próximo ao nº 152, é classificado como R3 (Alto), evidenciando alta probabilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e prolongadas, o que reforça a urgência de ações estruturais e de monitoramento constante.

Diante destas características que o município possui, não é incomum a ocorrência de eventos que coloquem em risco o meio ambiente, a infraestrutura urbana e a integridade da sua população, quando a região é atingida por tempestades. Podemos dar como exemplo o ano de 2024 (ALMG, 2025; Prefeitura Municipal de Coluna, 2025), quando uma forte chuva caiu na madrugada de 31 de janeiro, atingindo a cidade, causando enchentes e inundações, derrubando muros, danificando 5 pontes e causando prejuízos a 25 residências (Seixas, 2024).

O Ponto F (Figura 9), na Tv. Copasa, é classificado como R3 (Alto), evidenciando a vulnerabilidade da infraestrutura urbana diante de chuvas intensas, que podem causar alagamentos e danos à população, à infraestrutura e à rede viária. Todos os pontos estão ilustrados na Figura (10).

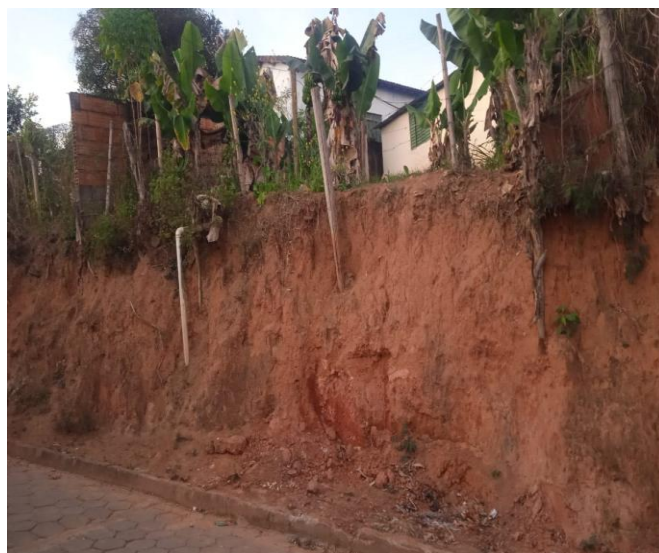


Figura 5 – Ponto D: Rua Geraldo Inácio, N° 79 (próx.), coordenadas 18°13'50.12"S, 42°50'14.12"O.

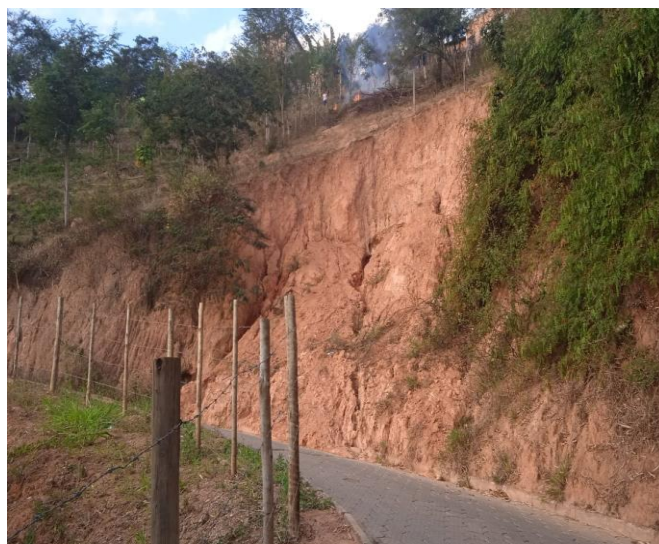


Figura 6 – Ponto E: Rua José Luiz Moreira, n° 152 (prox.), coordenadas 18°13'52.79"S, 42°50'17.64"O.



Figura 7 – Ponto E: Rua José Luiz Moreira, n° 152 (prox.), coordenadas 18°13'52.79"S, 42°50'17.64"O.



Figura 8 – Ponto F: Tv. Copasa (próx), coordenadas, 18°13'52.79"S, 42°50'21.88"O.

7. Conclusão

Verificou-se que os Pontos: A, B, E e F apresentam risco alto (R3) com elevada probabilidade de ocorrência de eventos destrutivos, enquanto que os Pontos C e D apresentam risco médio (R2). Deste modo, torna-se essencial implementar estratégias de prevenção e mitigação, incluindo o planejamento urbano mais rigoroso,

fiscalização efetiva, obras de contenção e drenagem e ações de educação ambiental. Tais medidas são fundamentais para reduzir vulnerabilidades, proteger vidas e promover um desenvolvimento urbano seguro, sustentável e resiliente.

Os resultados indicam que a ausência de infraestrutura de drenagem adequada, aliada a intervenções humanas sem critérios técnicos, aumenta a instabilidade do solo e a exposição da população a desastres naturais.

O município de Coluna - MG enfrenta desafios relacionados à ocupação desordenada do solo e à falta de políticas públicas eficazes de planejamento urbano. Áreas de encostas íngremes, margens de rios e regiões suscetíveis à erosão vêm sendo ocupadas irregularmente, aumentando a vulnerabilidade socioambiental e elevando o risco de deslizamentos, erosões, enchentes e inundações, especialmente em períodos de chuvas intensas.

8. Agradecimentos

Agradecemos ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Geociências e Engenharia dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (GEOVALES) e ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade (PPGTAS) da UFVJM.

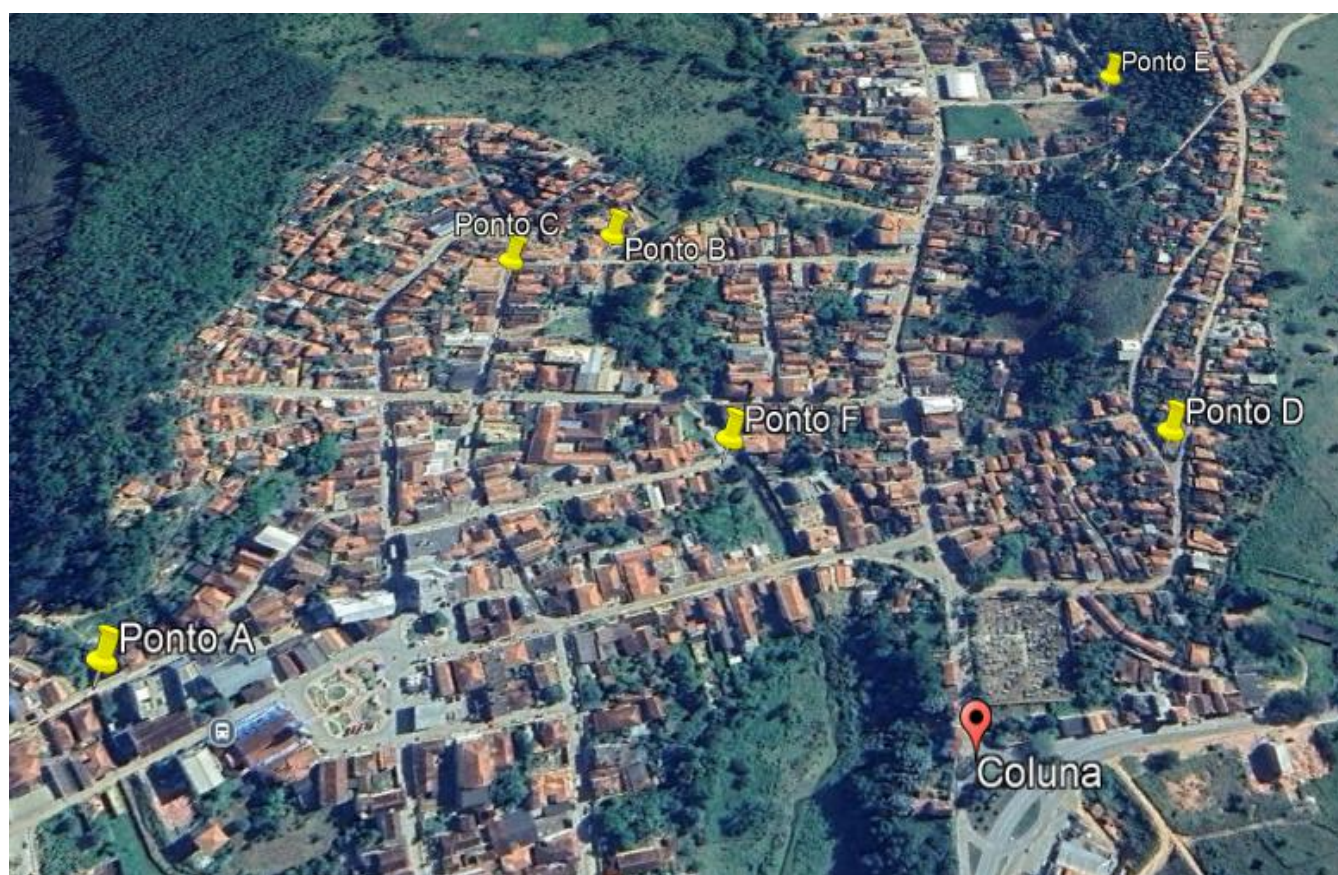


Figura 9 – Mapa de localização dos pontos levantados.

Referências

- ALMG – Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2025. *Decreto com Numeração Especial nº 11, de 08/01/2025. Reconhece o Decreto Municipal de Coluna, n.º 528, de 30 de dezembro de 2024, que declarou Situação de Emergência nas áreas do município afetadas por Chuvas Intensas*. Available at: <<https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DNE/11/2025/>> [Accessed 1 October 2025].
- Baião, C.F.P., Mantovani, J. and Alcântara, E., 2025. *Increasing landslide susceptibility in urbanized areas of Petrópolis identified through spatio-temporal analysis*. Journal of South American Earth Sciences, 160, p.105509. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2025.105509>
- 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. eds. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Available at: <<https://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>> [Accessed 1 July 2025].
- Brasil, 2012. *Lei nº 12.651. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012.
- Canuti, P., Casagli, N., Pellegrini, M. and Tosatti, G., 2001. Geo-hydrological hazards. In: Vai, G.B., Martini, I.P. (eds) *Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9829-3_28
- Dias, M.C.A., Saito, S.M., Alvalá, R.C.S., Stenner, C. et al., 2018. *Estimation of exposed population to landslides and floods risk areas in Brazil, on an intra-urban scale*. International Journal of Disaster Risk Reduction, 31, pp.449-459. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.06.002>
- Dutra, F.A., Cordeiro, C.A., Ribeiro, R.E., Gomes, A.J.L. and Gomes, J.L.S., 2023. *Survey of geological and environmental risk areas in the Doutor Laerte Laender, city of Teófilo Otoni-MG*. International Journal of Geoscience, Engineering and Technology, 7(1), pp.24-31. <https://doi.org/10.70597/ijget.v7i1.510>
- Estrada, F., Perron, P., and Yamamoto, Y., 2023. *Anthropogenic influence on extremes and risk hotspots*. Scientific Reports, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-27220-9>
- Ekmekcioglu, Ö. and Koc, K., 2022. *Explainable step-wise binary classification for the susceptibility assessment of geo-hydrological hazards*. CATENA, 216(Part A), p.106379. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106379>
- Facuri, G.G., 2020. *Movimentos de massa*. São Paulo: CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
- Ferraz, C.M.L. and Valadão, R.C., 2021. *Movimentos Gravitacionais de Massa na Literatura Geomorfológica: os Escorregamentos no Meio Urbano, em Perspectiva Conceitual*. Revista Vozes dos Vales, 19(X), pp.1-22.
- Flick, R.E., Chadwick, D.B., Briscoe, J. and Harper, K.C., 2012. “Flooding” versus “inundation”. Eos, Transactions American Geophysical Union, 93(18), pp.365-366. <https://doi.org/10.1029/2012EO380009>
- Freire, L.M.; Lima, J.; Silva, J.N., 2018. *Riscos geológicos em áreas urbanas: implicações socioambientais em duas cidades paraenses*. Revista GeoAmazônia, 6(11), pp.273-292. <https://doi.org/10.18542/geo.v6i11.12523>
- Goulart, L.P. and Matsuoka, J.V., 2021. *Análise das Áreas Suscetíveis à Alagamentos e Inundações na Área Urbana do Município de Uberlândia – MG Utilizando Geoprocessamento e o Método de Análise Hierárquica AHP*. GETEC, 10(34), pp.21-45.
- Guimarães, L.S., Gomes, A.J.L. and 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), p.e254101522754. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22754>
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. *Portal de Mapas*. Available at: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/coluna.html>> [Accessed 1 October 2025].

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. *Portal de Mapas*. Available at: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>> [Accessed 1 October 2025].
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. *Portal de Mapas*. Available at: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>> [Accessed 1 October 2025].
- Li, R., Qi, S., Wang, Z., Fu, X., Gao, H., Ma, J., and Zhao, L., 2024. *Research on the Heavy Rainstorm–Flash Flood–Debris Flow Disaster Chain: A Case Study of the “Haihe River ‘23·7’ Regional Flood”*. *Remote Sensing*, 16(24), p.4802. <https://doi.org/10.3390/rs16244802>
- Lima, V.H.R., Avanzi, J.C. and Silva, M.L.N., 2021. *Áreas de risco de erosões do tipo movimento de massa do solo em Lagoa Dourada, Minas Gerais – Brasil*. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), pp. 3603-3620. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-244>
- Martins, V.C.D., 2015. *Avaliação de sistemas de prevenção e contenção de inundações em bacia de drenagem urbana*. Dissertação. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará.
- Roccati, A., Turconi, L., Paliaga, G., Luino, F., and Faccini, F., 2021. *GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for Land Use Planning and Risk Assessment*. *Land*, 10(2), p.162. <https://doi.org/10.3390/land10020162>
- Oliveira, C.H.T. and 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. <https://doi.org/10.70597/ijget.v3i1.430>
- Oliveira, C.J.F., 2005. *Erosão urbana na bacia do córrego Santo Antônio em Aparecida de Goiânia/Goiás: análise e diretrizes para controle*. Dissertação. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Goiás.
- Oliveira, E.M.L., 2022. *Análise morfológica e ambiental da microbacia do Ribeirão Matizada em Coluna/MG*. Monografia. Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Prefeitura Municipal de Coluna, 2016. *Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Coluna - MG*. Relatório Final e Proposição da Minuta de Lei do do PMSB. Available at: <https://www.cbhsuacui.org.br/wp-content/uploads/2015/07/P8_R1_COLUNA.pdf> [Accessed 8 May 2025].
- Prefeitura Municipal de Coluna, 2025. Decreto N° 11/2025. *Declara situação de emergência nas áreas do Município de Coluna - MG afetadas por Tempestade local/Convectiva, chuvas intensas - 1.3.2.1.4, conforme legislação aplicada ao tema*. Diário Oficial Eletrônico do Município de Coluna – MG. ANO I – Edição n° 10. 17 de janeiro de 2025. Available at: <<https://digitaliza-institucional.s3.us-east-2.amazonaws.com/municipio-de-coluna/diario/PUBLICA%C3%87%C3%83O%2017%20-%202001%20-2025%20-%20ANO%20I%20-%20EDI%C3%87%C3%83O%20N%C2%BA10%20-%20UsRSQR9PTj.pdf>> [Accessed 8 May 2025].
- Salvati, P., Pernice, U., Bianchi, C., Marchesini, I., Fiorucci, F., and Guzzetti, F., 2016. *Communication strategies to address geohydrological risks: the POLARIS web initiative in Italy*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(6), pp.1487-1497. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-1487-2016>
- Saito, S.M., Dias, M.C.A., Alvalá, R.C.S., Stenner, C. et al., 2109. *Urban population exposed to risks of landslides, floods and flash floods in Brazil*. *Sociedade & Natureza*, 31, p.e46320. <https://doi.org/10.14393/SN-v31-2019-46320>
- Seixas, F., 2024. *Chuva provoca alagamento e causa prejuízos em Coluna*. Diário do Rio Doce. Available at: <<https://drd.com.br/chuva-provoca-alagamento-e-causa-prejuizos-em-coluna/>> [Accessed 1 October 2025].
- Silveira, R.M., 2016. *Comportamento Geotécnico das Encostas*. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. Paraná: CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia. Available at: <<https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/comportamento-geotecnico-das-encostas.pdf>> [Accessed 15 September 2025].

Stefanidis, S. and Stathis, D., 2013. *Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP)*. Natural Hazards, 68(2), pp.569-585.
<https://doi.org/10.1007/s11069-013-0639-5>

Tominaga, L.K., Santoro, J. and Amaral, R. eds., 2015. *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 3rd ed. São Paulo: Instituto Geológico. Available at: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/05/Conhecer_para_Prevenir_3ed_2016.pdf> [Accessed 15 September 2025].

Wang, N., Sun, F., Yang, S., Feng, Y., Sun, H. and Wang, Z., 2025. *Flood fatalities and displacement influence human migration in floodplains of developing countries*. Communications earth & environment, 6, p.319.
<https://doi.org/10.1038/s43247-025-02293-2>

Zêzere, J.L., 2005. *Dinâmica de vertentes e riscos geomorfológicos*. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa: Universidade de Lisboa, 41. Available at: <<https://ceg.igot.ulisboa.pt/sites/default/files/edicoes/2023-10/dinamica-de-vertentes-e-riscos-geomorfologicos.pdf>> [Accessed 8 May 2025].

Zhang, H., Li, C., Cheng, J., Wu, Z. and Wu, Y., 2019. A review of urban flood risk assessment based on the framework of hazard-exposure-vulnerability. Progress in Geography, 38(2), pp.175-190.
<https://doi.org/10.18306/dlkxjz.2019.02.003>

Zhu, H., Zhu, X., Xu, Q., Fu, X., Li, M., Jia, X. and Fan, Z., 2025. *From hazard mapping to risk governance: 20-year trajectory of land use/cover change impacts on landslide susceptibility via multi-modal scientometrics*. Humanities and social sciences communications, 12, p.1609.
<https://doi.org/10.1057/s41599-025-05831-7>