

18º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO NA PREVISÃO DE DESLIZAMENTOS DE TERRA E NA CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA: PROPOSTA DE APLICAÇÃO NO PLANEJAMENTO DE SUSCETIBILIDADE AO RISCOS DE PEQUENOS MUNICÍPIOS

Jorge Roncato¹, Rodrigo de Paula¹, Jarbas Sampaio¹, Guilherme Prosdocimi¹,
Matheus Franco¹, Helton Diniz¹

Resumo – A ocorrência de deslizamentos de terra pode variar devido a fatores como geologia, precipitação, topografia, histórico tectônico, intemperismo e uso do solo. Compreender o comportamento dos deslizamentos é essencial para reduzir a suscetibilidade ao risco. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foram utilizadas para identificar áreas potenciais de deslizamentos na região metropolitana de Belo Horizonte com foco na Serra do Curral. A região inclui o embasamento Arqueano, rochas dos supergrupos Rio das Velhas e do Supergroupo Minas. As unidades geológicas da área foram classificadas numericamente de acordo com sua relevância para movimentos de massa, concentração de lineamentos e unidades geotécnicas. A partir de uma imagem SRTM, foi gerado um raster de declividade do terreno. Esses três conjuntos de dados foram combinados em oito cenários, variando os pesos multiplicadores de cada parâmetro. O objetivo foi criar um *raster* indicando a probabilidade de ocorrência de deslizamentos nas áreas de aplicação. Para a seleção do melhor cenário, foram priorizados aqueles que atribuíram maiores pesos aos parâmetros de declividade e densidade de lineamentos, além de considerar fatores agravantes como índices pluviométricos, histórico de eventos extremos de chuva e proximidade de áreas urbanas. O projeto visa a aplicação da sistemática em municípios e regiões carentes de recursos financeiros, utilizando *softwares* e ferramentas gratuitas.

Abstract – Landslide occurrence is influenced by various factors, including geological conditions, precipitation patterns, topographic characteristics, tectonic history, weathering processes, and land use. A comprehensive understanding of landslide behavior is critical for effective risk mitigation. This study employs remote sensing and geoprocessing techniques to delineate potential landslide-prone areas in the metropolitan region of Belo Horizonte, with a specific focus on the Serra do Curral. The region comprises Archean basement rocks and lithostratigraphic units from the Rio das Velhas and Minas supergroups. Geological units were quantitatively classified based on their susceptibility to mass movements, the density of structural lineaments, and geotechnical properties. A slope gradient raster was derived from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data. These datasets were integrated into eight distinct modeling scenarios, wherein the weighting factors assigned to each parameter were systematically varied. The primary objective was to develop a probabilistic landslide susceptibility model. Scenario selection was based on the prioritization of models that attributed higher weights to slope and lineament density while incorporating additional aggravating factors such as rainfall indices, historical records of extreme precipitation events, and proximity to urbanized zones. This project seeks to implement the proposed methodology in economically disadvantaged municipalities and regions, leveraging open-source software and geospatial analysis tools.

Palavras-Chave – Deslizamentos, Sensoriamento Remoto, Mapeamento Geológico, Métodos de Análise Multicritério, Planejamento de Risco.

1. INTRODUÇÃO

A região metropolitana de Belo Horizonte é envolta pela Serra do Curral e composta principalmente por rochas TTG, quartzitos, filitos e itabiritos, relacionadas ao contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero. Esta região é frequentemente afetada por um fenômeno natural comum em regiões montanhosas brasileiras: os movimentos de massa e deslizamentos.

A análise da suscetibilidade aos movimentos de massa na região, dentro do meio urbano de Belo Horizonte e cidades vizinhas (a terceira maior região metropolitana do Brasil, com aproximadamente 5 milhões de habitantes) é de grande importância. A cidade apresenta índices elevados de precipitação, principalmente entre dezembro e março, tornando essencial a compreensão da suscetibilidade a esses fenômenos para a segurança da população.

Neste estudo, serão utilizados métodos de sensoriamento remoto associados a parâmetros geotécnicos para avaliar a suscetibilidade aos movimentos de massa, com a aplicação da sistemática em municípios e regiões carentes de recursos financeiros, utilizando softwares e ferramentas gratuitas. A análise será baseada na recorrência de falhas, fraturas e descontinuidades, bem como nas características litoestratigráficas da região.

A extensão constitui-se um elemento capaz de operacionalizar a relação teoria/prática, como via efetiva de interação entre a Universidade e a Sociedade. Neste contexto, o presente trabalho apresenta resultados de um projeto de extensão que se desenvolve por meio da interação entre alunos, professores e mentores em seu desenvolvimento e elaboração. O projeto acolheu cerca de 4 docentes pesquisadores, 10 alunos de graduação, 4 bolsista de iniciação científica e 1 aluno de mestrado; nestes últimos 5 anos.

1.1. Objetivos

Os principais objetivos são a utilização de técnicas de sensoriamento remoto na análise geológica e geotécnica de toda a extensão da Serra do Curral, demonstrando a aplicabilidade de programas especializados no estudo de áreas de suscetibilidade. Foram gerados diferentes cenários com base na integração de diversos parâmetros, como litologia, estruturas geológicas e declividade, para definir as regiões com maior suscetibilidade a deslizamentos.

Além disso, os resultados foram comparados com dados históricos de áreas onde deslizamentos de terra ocorreram com na Serra do Curral, permitindo que as informações sejam tornadas públicas com o intuito de alertar e prevenir grandes desastres para a sociedade, além de testar e aprimorar a sistemática de análise de susceptibilidades.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1. O movimento de massa estudado

A Serra do Curral (Fig. 1), com seu alinhamento nordeste, se estende por 60 km e é reconhecida por abrigar um dos mais impressionantes monumentos naturais da região do Quadrilátero Ferrífero. As estruturas geológicas, frequentemente observadas em descontinuidades superficiais nas rochas, são onipresentes no subsolo, abrangendo escalas que variam de milímetros a centenas de quilômetros. Com isso, torna-se essencial compreender suas propriedades geométricas estatísticas, a fim de interpretar com precisão a dinâmica geológica da região.

A área de estudo abrange as Serras do Curral, localizadas no extremo noroeste do Quadrilátero Ferrífero, entre as cidades de Brumadinho, Caeté, Ibirité, Igarapé, Itatiaiuçu, Itaúna, Mário Campos, Mateus Leme, Nova Lima, Raposos, Sabará, São Joaquim de Bicas, e Sarzedo, em Minas Gerais. A região mapeada contém o Parque Estadual da Serra do Rola Moça e faz parte da região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). O Parque é uma Área de Proteção Especial (APE) declarada pelo Governo do Estado e é o terceiro maior parque urbano do Brasil.

Este estudo é justificado pelo fato de que os arredores da região de Belo Horizonte, principalmente na Serra do Curral é uma área de intensa urbanização e registros de deslizamentos, além de contar com diversas zonas de suscetibilidade para deslizamentos, que

apresentam um número significativo de ocorrências. A sistemática aqui proposta visa a implementação de combate ao suscetibilidade em municípios e áreas carentes de recursos.

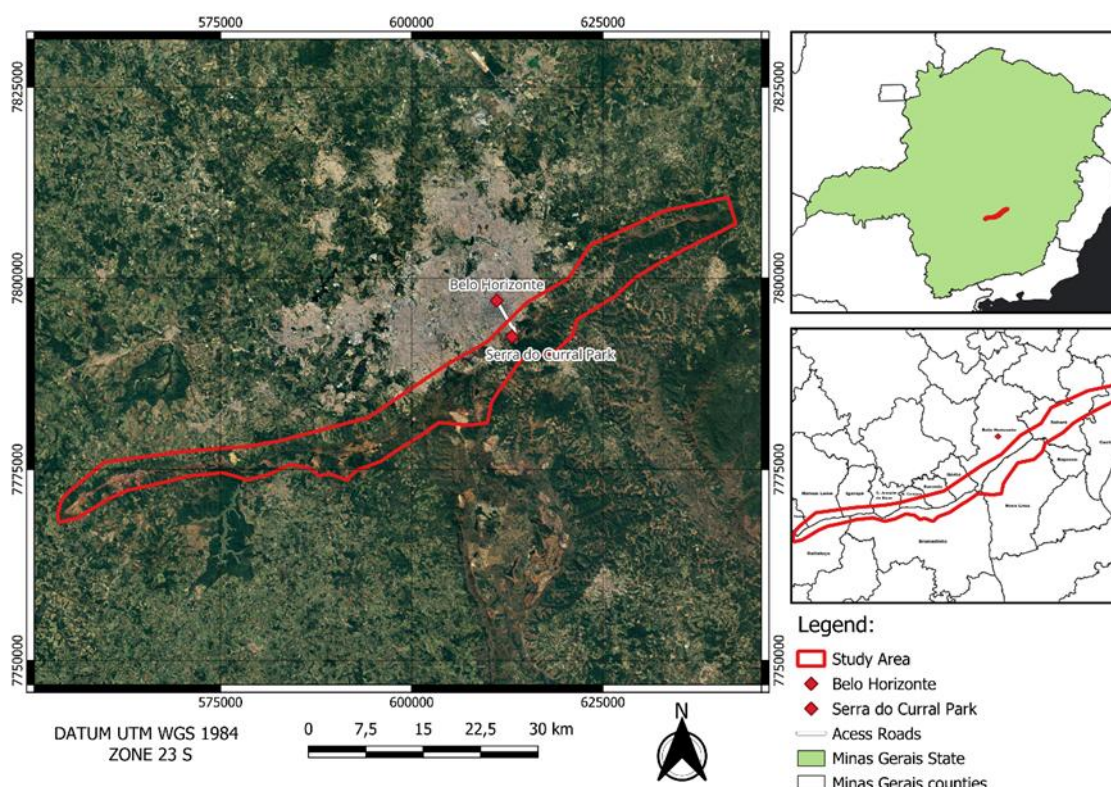


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2. Caracterização geológica

A região do Quadrilátero Ferrífero, com foco na Serra do Curral (Fig. 1 e 3) é basicamente composta por rochas TTG (Tonalito-Trondhjemito-Granodiorito) do embasamento, além de rochas metassedimentares e metavulcânicas dos Supergrupos Rio das Velhas, Minas e Itacolomi (Dorr II, 1969).

O embasamento cristalino do Quadrilátero Ferrífero é composto pelos complexos metamórficos de Bação, Belo Horizonte, Bonfim, Congonhas, Caeté, Moeda, Santa Bárbara e Santa Rita. Esses complexos são predominantemente formados por granitos, gnaisses e migmatitos do tipo TTG.

O *Greenstone Belt* Rio das Velhas corresponde a uma sequência metavolcanossedimentar, composta da base para o topo pelos grupos Nova Lima e Maquiné, respectivamente (Dorr *et al.*, 1969; Schorscher, 1978). O Grupo Nova Lima compreende uma unidade basal formada por rochas vulcânicas toleíticas-komatíticas, associadas a rochas sedimentares químicas; uma unidade intermediária vulcanoclástica, associada ao vulcanismo felsico; e uma unidade superior com rochas sedimentares clásticas (Ladeira, 1991; Zucchetti & Baltazar, 2000; Baltazar & Zucchetti, 2007).

Em contato erosivo e angularmente não conformável com as unidades do Supergrupo Rio das Velhas e o embasamento (Dorr, 1969), encontra-se a sequência metassedimentar paleoproterozoica do Supergrupo Minas, composta principalmente por sedimentos clásticos e químicos de plataforma (Babinski *et al.*, 1995; Renger *et al.*, 1994; Koglin *et al.*, 2014). O Supergrupo Minas é composto por quatro unidades principais, que, da base para o topo, compreendem os sedimentos clásticos do Grupo Caraça, os sedimentos químicos do Grupo Itabira, os sedimentos clásticos e químicos do Grupo Piracicaba e os sedimentos do tipo *flysch* do Grupo Sabará.

2.3. Metodologia

Para auxiliar no trabalho e identificar os lineamentos associados às estruturas geológicas, foram utilizadas imagens de satélite e softwares capazes de extrair automaticamente as características lineares. As características lineares e outras características geológicas foram identificadas utilizando mapas topográficos, modelos digitais de elevação derivados da NASA e imagens de satélite (*Google Earth* e imagens da ESRI). Os lineamentos foram mapeados em duas etapas: a primeira de forma automática, utilizando o programa *Catalyst Earth* da PCI Geomatics, e a segunda manualmente no *Google Earth Pro*. Além disso, o programa QGIS, juntamente com seus *plugins*, foi utilizado para a criação de mapas multicritérios e outros mapas. O programa Georose foi utilizado para gerar diagramas de rosa.

2.4. Interpretação de Lineamentos e declividades

A Serra do Curral possui várias estruturas, como planos de foliação, planos de xistosidade, fraturas de falhas e dobras, que foram extraídas automaticamente pelo programa *Catalyst Earth* e traçadas manualmente usando o *Google Earth* (Figura 2). A análise detalhada das feições lineares identificadas permite uma compreensão mais abrangente da dinâmica tectônica da região, auxiliando na previsão e avaliação de potenciais riscos geológicos, como movimentos de massa.

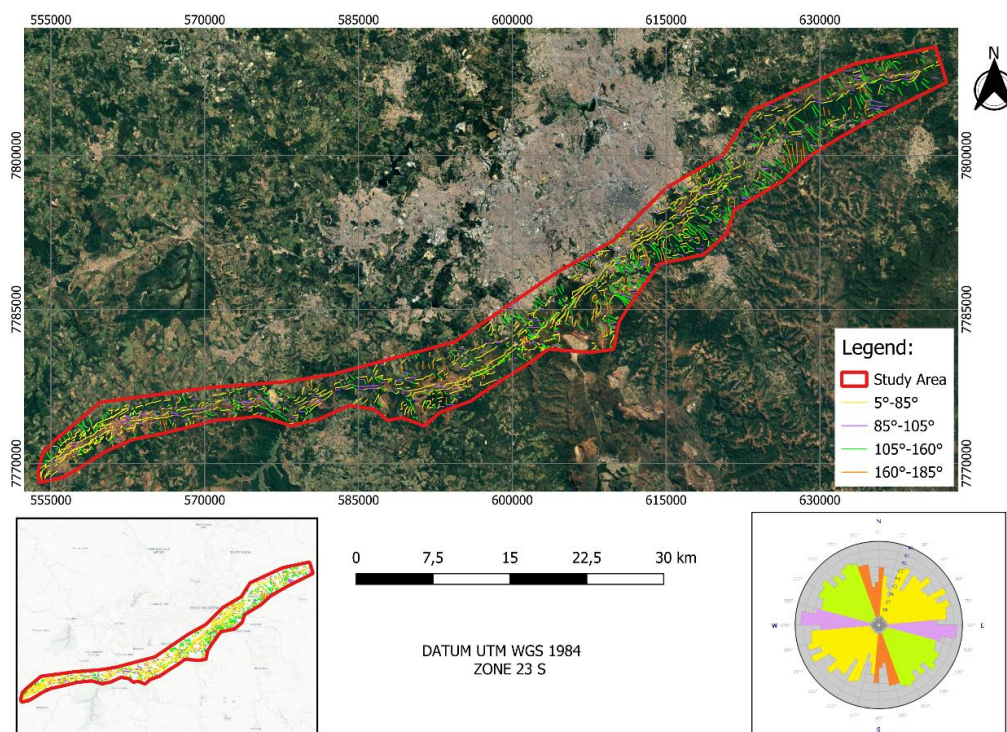


Figura 2. Lineamentos divididos em conjuntos. Conjunto 1 (5° a 85°) em Amarelo, Conjunto 2 (85° a 105°) em Roxo, Conjunto 3 (105° a 160°) em Verde e Conjunto 4 (160° a 185°) em Laranja.

O primeiro passo envolveu a criação de um mapa *raster* de declividade (Figura 4) utilizando uma imagem dos Sistemas de Dados de Ciências da Terra da NASA (ESDS). No QGIS, foi utilizada a função *Análise de Terreno Raster* (Declividade) para calcular os valores, que são derivados da relação entre a variação de altitude e a distância horizontal, expressa como uma porcentagem.

Usando a função *r.reclass* da extensão GRASS, foi possível classificar o terreno de acordo com os intervalos que correspondem a diferentes níveis de probabilidade para a ocorrência de processos erosivos: muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto.

Para classificar a área de acordo com a densidade de lineamentos, os lineamentos mapeados foram utilizados para criar um mapa de densidade de lineamentos. Para isso, um *raster* foi criado utilizando a ferramenta *Line Density* no QGIS, que calcula o número de elementos de linha dentro de um raio pré-definido ao redor de cada célula do mapa. Neste estudo, os

parâmetros de entrada foram um raio de busca de 300 metros e dimensões de pixel de 30 metros (Fig. 6).

2.5. Caracterização geotécnica

O trabalho realizado por Reis Jr. & Parizzi (2018) serviu de base para caracterização do parâmetro litológico na área de estudo de acordo com as unidades geotécnicas. Essas unidades são numeradas da seguinte forma: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, conforme mostrado na *Tabela 1* e seu mapa associado na figura 7.

Tabela 2 - Unidades geotécnicas (adaptado de W. Reis Jr. & M.G. Parizzi, 2018)

Unidade Geotécnica	Litologia Dominante	suscetibilidade de Movimentos de Massa
1	Rochas graníticas-gnáissicas	1
3	Itabiritos	4
4	Rochas metamórficas foliadas	5
5	Dolomitos	2
6	Quartzitos	3
7	Rochas meta-ultramáficas e metadiabasio	1
8	Lateritas e depósitos sedimentares	5
9	Metagrauvacas e metarenitos	5

3. CARACTERIZAÇÃO DE MOVIMENTOS DE MASSA USANDO IMAGENS DE SATÉLITE, INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS E MODELAGEM.

Com base nos *rasters* gerados, considerando os parâmetros de litologia, densidade de lineamento e declividade, foram desenvolvidos oito cenários para a análise geotécnica da suscetibilidade a movimentos de massa na Serra do Curral. Nos cenários de 1 a 4, a classificação foi baseada no *raster* de porcentagem de declividade sem reclassificação de intervalos, portanto seus valores na álgebra cartográfica não foram agrupados. Nos cenários de 5 a 8, os pesos atribuídos aos três parâmetros para cada um dos cenários são mostrados na Tabela 2 e figura 8.

Tabela 2 - Pesos atribuídos aos parâmetros usados para diferentes cenários de análise geotécnica.

Cenário/Pesos	Litotipos	Densidade de lineamento	Declive
2	1/3	1/3	1/3
2	0.25	0.25	0.5
3	0.5	0.2	0.3
4	0.2	0.4	0.4
5	1/3	1/3	1/3
6	0.25	0.25	0.5
7	0.5	0.2	0.3
8	0.2	0.4	0.4



Figura 3. Mapa geológico esquemático da região da Serra do Curral

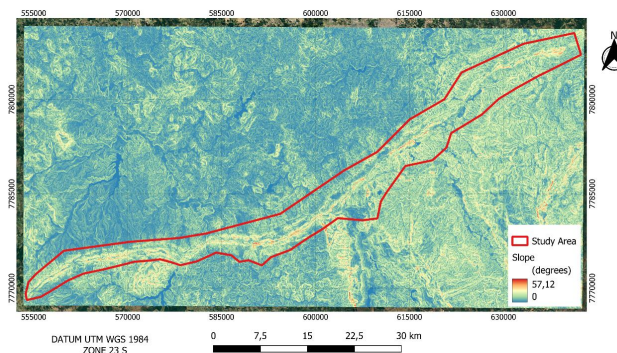


Figura 4. Classificação do *raster* de declividade em graus

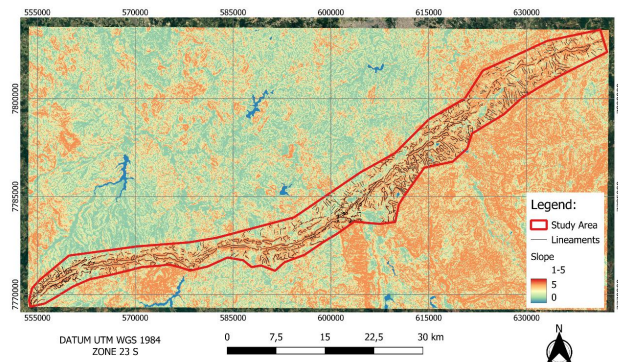


Figura 5. *Raster* de declividade reclassificado com lineamentos

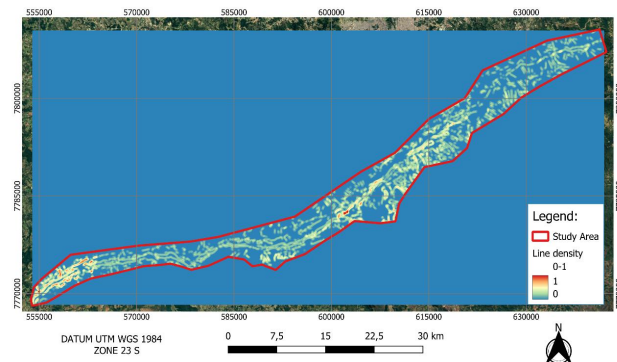


Figura 6. *Raster* de densidade de linha.

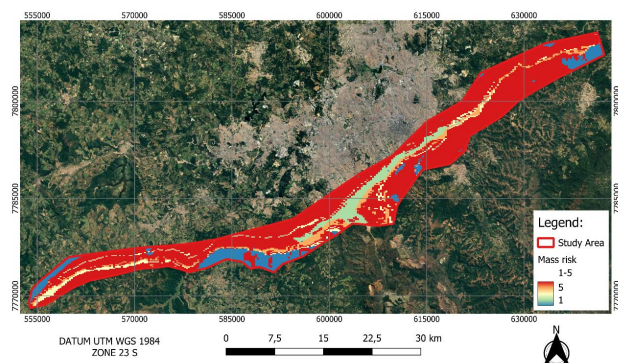


Figura 7. Peso da classificação de suscetibilidade ao risco litológico de 1 a 5.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os oito cenários dos mapas multicritério, gerados pela atribuição de diferentes pesos aos parâmetros de declividade, densidade de lineamento e litologia, foram analisados sistemática e comparativamente quanto à suscetibilidade a movimentos de massa e erosão.

Dado que a área de estudo abrange toda a Serra do Curral, há uma grande variedade de unidades estratigráficas aflorantes. No entanto, padrões semelhantes aos destacados em trabalhos anteriores podem ser observados. De modo geral, em todos os oito cenários criados para a área de estudo, as regiões com maior probabilidade de movimentos de massa e erosão são encontradas onde afloram litotipos das Formações Mestre Caetano, Morro Vermelho, Córrego do Sítio e Mindá do Grupo Nova Lima e rochas do Grupo Sabará. Esses grupos, presentes na

área de estudo, foram identificados como áreas de alto suscetibilidade. A Formação Batatal, mencionada nos trabalhos de Roncato *et al.* (2023), também indicou alto suscetibilidade de deslizamentos no presente estudo. As Formações Cercadinho, Fecho do Funil e Barreiro, que não foram citadas em trabalhos anteriores, também apresentam alta probabilidade de movimentos de massa.

Todos os cenários analisados mostram baixa suscetibilidade a movimentos de massa em áreas onde afloram unidades dos Complexos Metamórficos do embasamento (Complexos Belo Horizonte, Bonfim e Caeté), rochas metamáficas das Formações Morro Vermelho e Ouro Fino do Grupo Nova Lima e intrusões metavulcânicas. Adicionalmente, conforme descrito nos trabalhos de Souza & Tavares (2023) e Diniz Junior (2023), há redução da suscetibilidade de deslizamentos em regiões onde ocorre a Formação Gandarela, representada por rochas dolomíticas aflorando em relevo mais suave.

Os cenários de 1 a 4 foram obtidos utilizando os mesmos pesos dos cenários de 5 a 8, com a diferença de que, para o primeiro grupo, os cenários foram construídos utilizando valores de declividade não agrupados, enquanto para o segundo grupo, os cenários foram construídos utilizando valores de declividade. Observa-se que, quando desagrupados, os valores de declividade geralmente reduzem a probabilidade de movimentos de massa em comparação aos cenários com valores de declividade agrupados. Portanto, os cenários de 5 a 8 apresentam maior probabilidade de ocorrência de movimentos de massa do que os cenários correspondentes de 1 a 4 para todas as três subáreas da área de estudo do Complexo Serra do Curral.

Conforme discutido por Diniz Junior (2023), ao comparar os rasters de declividade, observa-se que a classificação das classes de declividade é composta predominantemente por declividades classificadas como Ondulada, Fortemente Ondulada e Montanhosa a Fortemente Montanhosa. Isso ocorre porque as classes de declividade reclassificados apresentam intervalos progressivamente maiores, com a classe Plano abrangendo declividades de 0 a 3% (antes da reclassificação), enquanto Fortemente Ondulada abrange declividades de 20 a 45%, um aumento de cinco vezes no intervalo, e declividades acima de 45% são reclassificadas como Montanhosa para Fortemente Montanhosa. Esses intervalos aumentam a importância das declividades no cálculo da suscetibilidade de movimentos de massa, pois as declividades tendem a ser classificadas como Onduladas ou superiores e, portanto, recebem valores de 3 ou mais na criação do mapa multicritério. Isso resulta em um aumento geral da suscetibilidade e reforça a significância do parâmetro de declividade nos cálculos de suscetibilidade de movimentos de massa.

Para o presente estudo, dados históricos relacionados a eventos de movimentos de massa próximos a áreas urbanas dentro da área de estudo, que inclui a Serra do Curral, foram obtidos dos municípios da região metropolitana de Belo Horizonte (figura 9). Esses dados foram coletados por meio de inspeções conduzidas pela Defesa Civil e são cruciais para as conclusões deste trabalho. Eles podem contribuir ainda mais para medidas que visem mitigar os efeitos e prevenir fenômenos de movimentos de massa, beneficiando assim a sociedade. O mapa que mostra as localizações desse

O conjunto de lineamentos mais proeminente na área de estudo é o amarelo (5° a 85°), orientado NE-SW. Essa orientação se alinha com a direção predominante da Serra do Curral. Esses dois padrões são indicativos do flanco invertido do Curral Homoclinal (Endo *et al.*, 2020) e têm a maior influência na densidade dos lineamentos observados. O segundo conjunto de lineamentos mais comum em termos de volume é o conjunto verde (105° a 160°), orientado NW-SE. Essa orientação é aproximadamente paralela aos planos de estratificação (142/65) e xistosidade (114/57).

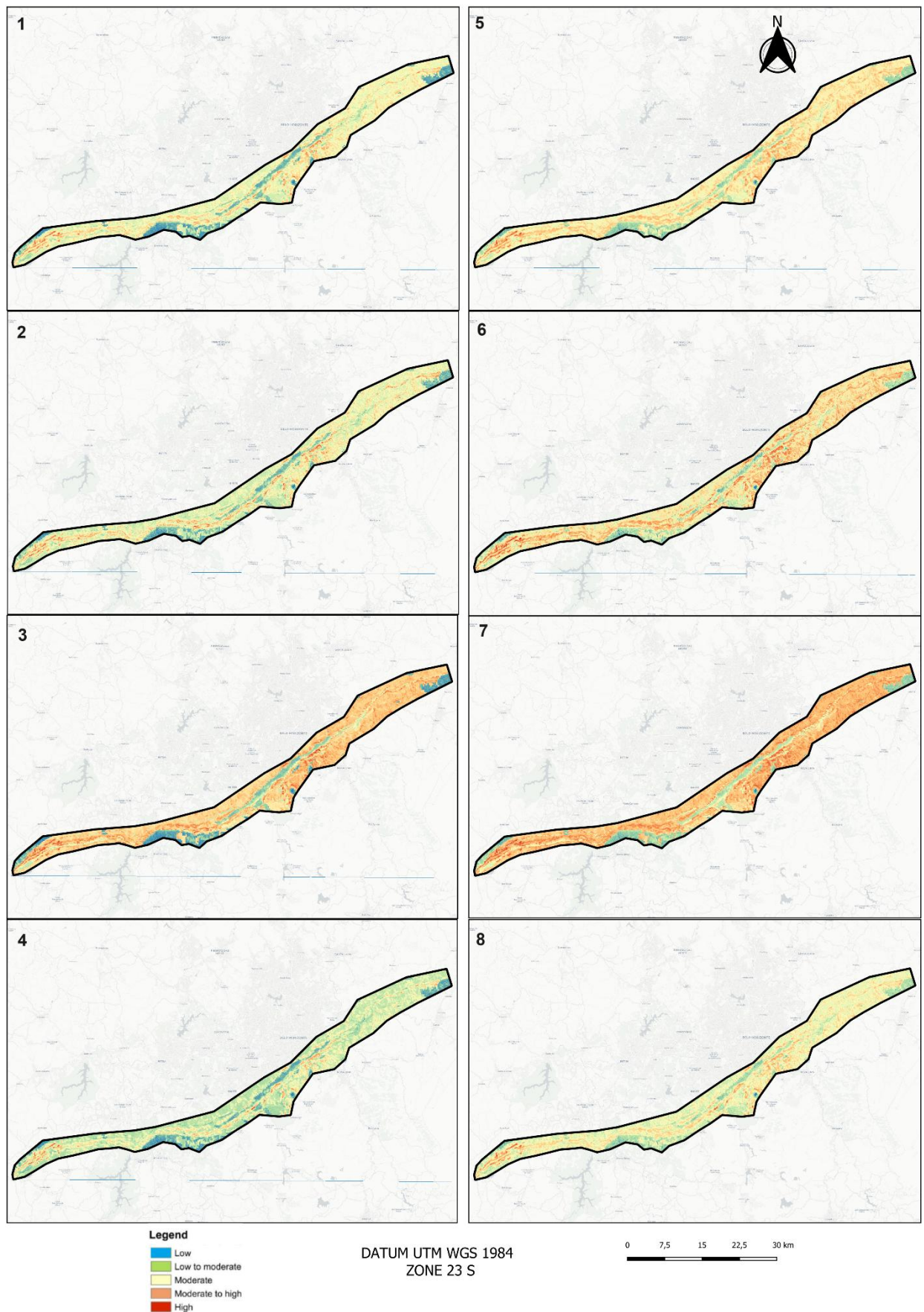


Figura 8. Cenários de análise geotécnica baseados em declividade, litologia e densidade de lineamento. Os números de 1 a 8 correspondem a oito cenários gerados. Nos cenários de 5 a 8 foram considerados os percentuais de declividade.

5. CONCLUSÕES

Semelhante a estudos anteriores, utilizando a classificação RMR de Bieniawski (1989), infere-se que o parâmetro litológico terá menor influência na avaliação de suscetibilidade. Os tipos de rochas são parametrizados com base em sua resistência à compressão, que está relacionada ao ângulo de atrito interno e à coesão (Labuz *et al.*, 2012), sendo essas propriedades intrínsecas ao tipo de rocha. Por outro lado, parâmetros relacionados às descontinuidades frequentemente aparecem na RMR (como RQD - *Rock Quality Designation*, espaçamento e condições de descontinuidade), permitindo concluir que a densidade dos lineamentos, em tese, tem maior influência nos processos de ruptura do que o tipo de rocha.

Os valores de declive são aplicados de forma mais consistente quando não agrupados, o que significa que as encostas intermediárias não são incluídas nas categorias de declive muito baixo ou muito alto. A maior importância desses dois parâmetros — em relação ao tipo de rocha — é uma abordagem usada em vários estudos relevantes sobre estabilidade de encostas (por exemplo, Cruz, 2022; Bigarella *et al.*, 2003; Pradhan *et al.*, 2003; Fiori, 2016, conforme citado em Pinto *et al.*, 2013).

Em seu trabalho, Fiori (1995) aponta que as tensões de cisalhamento induzidas pela gravidade atuam no manto intemperizado ao longo das encostas. Essas tensões, que contribuem para os movimentos de massa, aumentam com a inclinação, altura, densidade do solo e a quantidade de água infiltrada e acumulada. A água é particularmente importante, especialmente em regiões como a Serra do Curral, que recebem uma grande quantidade de chuva durante certas épocas do ano. A água se acumula em potenciais planos de ruptura e reduz a resistência mecânica do solo. Além disso, por fim, a metodologia deste estudo deve considerar os diferentes padrões e características da área de estudo para orientar a seleção do cenário mais adequado para avaliar a suscetibilidade a deslizamentos.

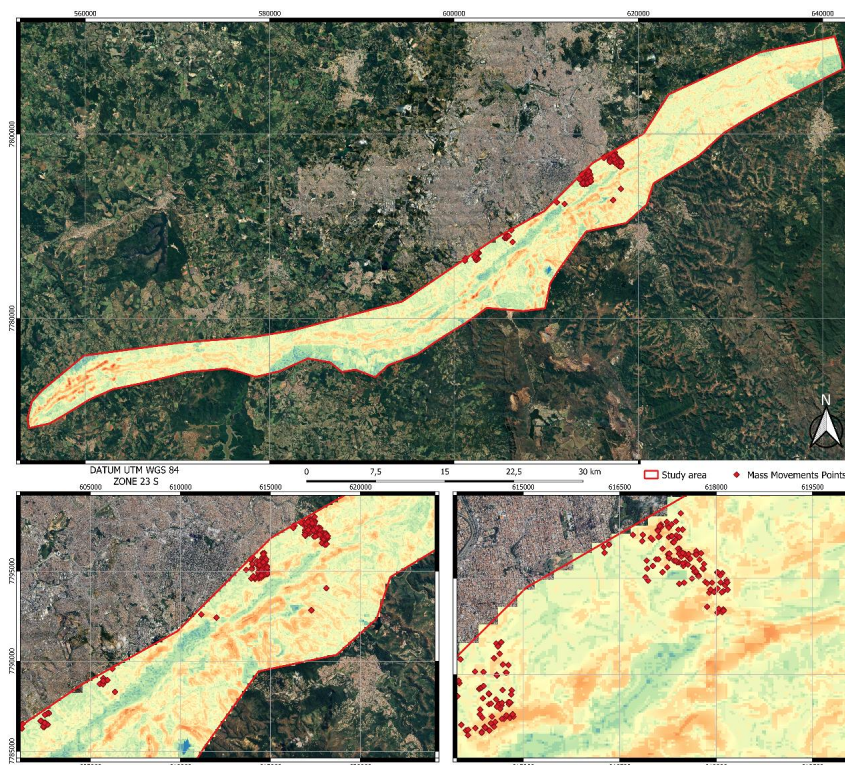


Figura 9: mapa de suscetibilidade de movimento de massa versus pontos de movimento de massa em diferentes escalas

6. REFERÊNCIAS

Babinski, M.; Chemale Jr., F.; Schmus, W. R. Van. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Precambrian Research*, 72:235-245, 1995.

- Baltazar, O. F.; zucchini, M. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits. *Ore Geology Reviews*, v. 32, n. 3-4, p. 471-499, 2007.
- Bieniawski, Z. T. Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. John Wiley & Sons, 1989.
- Bigarella, J. J. et al. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003.
- Cruz, C. E. Caracterização pluviométrica do Quadrilátero Ferrífero na região do Sinclinal Moeda – Minas Gerais. *Alemur*, v. 7, n.1, p.17-35, 2022.
- Dorr, J. V. N. Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilatero Ferrifero, Minas Gerais, Brazil. US Government Printing Office, 1969.
- Endo, I. et al. Estratigrafia e Evolução Estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos.*, v. 50, 2020.
- Fiori, A. P. Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas. Oficina de Textos, 2016.
- Fiori, A. P. Estudo da estabilidade de vertentes da área de Guaraqueçaba, Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 43, p. 25-40, 1995.
- Koglin, N. et al. Depositional age and sediment source of the auriferous Moeda Formation, Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil: New constraints from U–Pb–Hf isotopes in zircon and xenotime. *Precambrian Research*, v. 255, p. 96-108, 2014.
- Labuz, J. et al. Mohr–Coulomb failure criterion. In: *The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007-2014*. Springer, Cham, 2012. p. 227-231.
- Ladeira, E. A. Genesis of gold in Quadrilatero Ferrifero: a remarkable case of permanency, recycling and inheritance: a tribute to Djalma Guimares, Pierre Routhier and Hans Ramberg. In: *Symposium Brazil Gold'91*. 1991. p. 11-30.
- Pinto, R. C. et al. Considerações a respeito dos condicionantes utilizados em pesquisas envolvendo movimentos de massa. *Geoinfá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PGE/UEM)*, v. 5, n. 1, p. 102-124, 2013.
- Pradhan, B. et al. Estimation of stress and its use in evaluation of landslide prone regions using remote sensing data. *Advances in Space research*, v. 37, n. 4, p. 698-709, 2006.
- Reis Jr., W.; PARIZZI, M. G. Caracterização das unidades geotécnicas da porção leste da região metropolitana de Belo Horizonte–MG. *Geonomos*, 2018.
- Renger, F. E. et al. Evolução sedimentar do Superggrupo Minas: 500 Ma. de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, 1994.
- Roncato, J.; martins, M. M.; silva, M. M. L. Metatubidite-hosted gold deposits, Córrego do Sítio lineament, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 45, p. 5-22, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/23174889201500010001>.
- Schorscher, H. D. et al. Rio das Velhas greenstone belt and Proterozoic rocks, Quadrilatero Ferrifero, Minas Gerais State. In: *International Symposium on Archean and Early Proterozoic Geological Evolution and Metalogenesis*, Salvador, Bahia, Brazil, Excursion Annex Book. 1982. p. 1-25.
- Zucchini, M.; baltazar, O. F. Rio das Velhas Greenstone Belt lithofacies associations, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. In: *31th International Geological Congress*, Rio de Janeiro, Brazil, CD-ROM, 2000.