

Relações entre a dinâmica histórica de urbanização e a ocupação de áreas suscetíveis à erosão acelerada em Ribeirão das Neves, Minas Gerais

Relationships between the historical dynamics of urbanization and the occupation of areas susceptible to accelerated erosion in Ribeirão das Neves, Minas Gerais

Ivo Nunes Luiz

Mestrando do PPGeo – IGC/UFMG

ivonunesluiz.geo@gmail.com

Dr.^a Lussandra Martins Gianasi

Universidade Federal de Minas Gerais – IGC/UFMG

lussandrums@gmail.com

Dr.^a Cristina Helena Ribeiro Rocha Augustin

Universidade Federal de Minas Gerais – IGC/UFMG

chaugustin@hotmail.com

Resumo

A urbanização, sobretudo em regiões com disparidades socioeconômicas elevadas, frequentemente negligencia os processos geomorfológicos. Este estudo busca analisar a suscetibilidade à erosão linear e de movimentos de massa em Ribeirão das Neves (MG), associando-a ao seu histórico de expansão urbana, de maneira a evidenciar as vulnerabilidades potencializadas pelo uso inconsequente do espaço urbano. Foram gerados a partir da análise multicritério, mapeamentos da suscetibilidade erosiva local e do uso e cobertura da terra, buscando-se verificar a tendência de expansão na malha urbana nessas áreas. Os resultados revelaram aumentos expressivos da vulnerabilidade de 1984 a 2022, impulsionados pela conurbação com Contagem, especialmente nos bairros Cidade Neviana, Jardim Colonial e Florença (Distrito de Veneza). Ademais, evidenciou-se uma nítida condição de desigualdade ambiental nas Favelas e Comunidades Urbanas (FCU), que registram 30,6% de suas áreas sob alta suscetibilidade, contra 17,6% da malha urbana geral. Diante disso, é possível assinalar que o ordenamento territorial municipal deve tratar as FCU como áreas estratégicas prioritárias de atuação preventiva contra riscos geomorfológicos, sendo uma das ações indispensáveis, a implementação de infraestrutura básica fundamental para a redução da ocorrência destes riscos, protegendo a população de eventos associados à instabilidade do terreno.

Palavras-chave: Geomorfologia urbana, processos erosivos, vulnerabilidade ambiental, geoprocessamento.

Abstract

Urbanization, especially in regions with high socioeconomic disparities, often neglects geomorphological processes. This study seeks to analyze the susceptibility to linear erosion and mass movements in Ribeirão das Neves (MG) in relation to its history of urban expansion, aiming to highlight vulnerabilities exacerbated by reckless urban land use. Multi-criteria analysis was used to generate maps of local erosion susceptibility and land use/land cover, allowing for an assessment of urban expansion trends in these areas. Results revealed a marked increase in vulnerability between 1984 and 2022, driven by conurbation with the city of Contagem—specifically affecting the Cidade Neviana, Jardim Colonial, and Florença neighborhoods (Veneza District). Furthermore, clear environmental inequality was observed in the city's informal settlements and urban communities (FCUs), where 30.6% of the area is classified as having high susceptibility, compared to 17.6% of the general urban area. Consequently, municipal land-use planning must prioritize these settlements

for preventive action against geomorphological risks; a crucial measure is the implementation of essential basic infrastructure to mitigate such risks and protect the population from hazards associated with terrain instability.

Keywords: *Urban geomorphology, erosion processes, environmental vulnerability, geoprocessing.*

Introdução

O processo de concepção das grandes cidades, em especial nos países periféricos como o Brasil, é pautado pela usurpação e degradação desigual dos recursos bióticos e abióticos locais onde os espaços urbanos são tratados, cada vez mais, como bens privativos, distanciando-se, assim, do caráter de bem-estar urbano que deveria pautar as políticas públicas desses espaços (ACSELRAD, 2015; BINDA, 2008). Como resultado, tem-se, hoje, a recorrência de problemas relacionados à ocorrência de erosões urbanas, tais como voçorocamentos, movimentos de massa e inundações, entre outros, frequentemente associados à relação entre as características naturais e as fragilidades a elas inerentes, e o uso, ocupação e manejo inadequados do modelo de urbanização (BATHRELLOS, 2007).

O estudo e a identificação de tais processos, como mencionado por Binda (2008), são de competência direta da geomorfologia, ciência que tem como objeto de estudo não somente as formas de relevo, como também os processos da dinâmica da superfície terrestre. Saadi (1997, p. 1), por exemplo, já postulava o “[...] respeito para com a geodinâmica da superfície terrestre” como um dos principais meios para a minimização das perdas humanas e materiais existentes nesse inconsequente processo de expansão urbana observado nas periferias das grandes cidades brasileiras.

Os mais atingidos por essa associação entre suscetibilidade e riscos são os aglomerados em franca expansão nas periferias urbanas, em grande parte como resultado da falta de infraestrutura básica (ex.: drenagem pluvial, asfaltamento, áreas verdes) e de planejamento prévio adequado, gerando passivos ambientais enormes à população local e aos aparatos gestores. Dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2id (BRASIL, 2026) mostram, por exemplo, que o Sudeste é a principal região do Brasil em números totais e proporcionais de desastres decorrentes de erosões e movimentos gravitacionais de massas, com quase a metade (46%) do total nacional de registros e mais de 90% dos óbitos decorrentes desta tipologia de desastre entre 1991 e 2025.

Young (1972) define a erosão como o deslocamento e transporte do material já alterado da rocha, *in situ* ou não, ou seja, do regolito, o que inclui o solo pedológico

(AUGUSTIN *et al.*, 2022). Tal dinâmica, natural e essencial à vida, é influenciada diretamente pelos componentes bióticos e abióticos da superfície (CARSON; KIRKBY, 1972; SELBY, 1985), e como salientado por vários autores (LIMA, 2003; YOUNG, 1972; OLIVEIRA *et al.*, 2018), também sofre influências diretas e indiretas dos usos humanos, sendo essas as principais causas da erosão acelerada.

Os mapeamentos geomorfológicos, em especial os de riscos e suscetibilidade, tornam-se, assim, ferramentas essenciais para a compreensão e gestão do espaço urbano (GARCIA *et al.*, 2020). A profusão desse tipo de abordagem nas últimas décadas é decorrente da fácil aplicabilidade e adaptabilidade desses produtos em cenários diversos, tornando-se instrumentos adequados para investigações em áreas variadas que lidam com o meio ambiente, principalmente as de caráter preditivo (PITTELKOW *et al.*, 2015).

Mesmo com a disponibilidade dessa tecnologia, há localidades carentes de dados representativos da predisposição natural aos processos geomorfológicos, ocasionando um uso inadequado do espaço urbano. É o caso do município mineiro de Ribeirão das Neves, que experimenta desde 1970 um forte crescimento populacional associado à conurbação com Belo Horizonte e Contagem. Nesse processo, o município tornou-se palco para a continuidade do processo de periferação da capital mineira, Belo Horizonte, sob a égide de áreas com terras baratas e às margens da legislação ambiental metropolitana (COELHO, 2003; CAMPOS, 2009; 2010; SILVA; STEPHAN, 2015).

O objetivo central do presente trabalho é o de investigar as possíveis relações existentes entre a dinâmica histórica de urbanização do município e o processo de ocupação de áreas suscetíveis à erosão acelerada. Busca-se evidenciar como a dinâmica urbana influenciou, e continua influenciando, a ocupação de áreas com predisposição aos processos geomorfodinâmicos no município, através da comparação de mapeamentos de diferentes períodos de ocupação, se os focos erosivos se encontram localizados preferencialmente em alguns distritos, ou se ocorrem de modo disseminado em todo o território municipal.

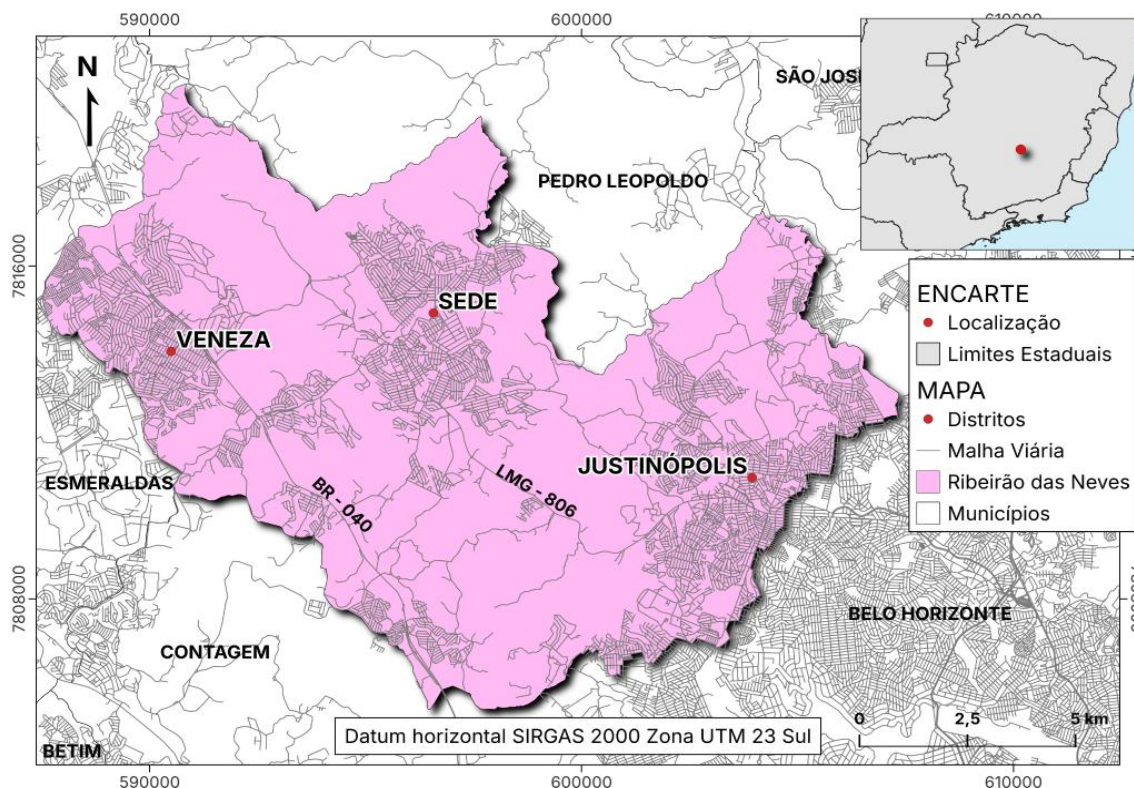
O estudo também traz à tona a questão das erosões urbanas sob a ótica da “desigualdade ambiental” (ACSELRAD, 2015), conceito este que se refere à distribuição desigual de passivos ambientais que resultam, em geral, em maior penalização das parcelas mais vulneráveis da população em termos sociais e econômicos. Associado a esse conceito utilizou-se, ainda, a ideia de suscetibilidade erosiva, como sendo a predisposição natural de

sítios geomorfológicos à atuação mais proeminente da erosão, enquanto a vulnerabilidade é aqui entendida como à capacidade impactante da erosão, ou de qualquer outro evento, sobre determinadas populações (RIFFEL *et al.*, 2016).

Área de estudo

O município de Ribeirão das Neves (Figura 1) encontra-se localizado no estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil, no denominado Vetor Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Com uma área de aproximadamente 155 km², possui uma população de 329.794 habitantes ocupando os distritos Sede, Justinópolis e Veneza (BRASIL, 2024). O município faz divisa com Belo Horizonte, Contagem, Vespasiano, Pedro Leopoldo e Esmeraldas, tendo como principais vias de acesso ao município a rodovia estadual LMG – 806 e a rodovia federal BR – 040.

Figura 1. Localização da área de estudo, município de Ribeirão das Neves, MG.



Fonte: elaborado pelos autores com base em dados geoespaciais do IBGE (BRASIL, 2024).

O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é o tropical de altitude (Cwa), com uma pluviosidade média anual de 1.400 mm concentrada em apenas quatro meses na estação úmida (dezembro a março). O município encontra-se localizado na transição entre Mata Atlântica e Cerrado, com relativa predominância das

formações florestais estacionais semidecíduais, com espécies afeitas à essas faixas transicionais dos dois biomas, como a macaúba (CARVALHO *et al.*, 2009; ETHOS, 2018).

De acordo com levantamentos realizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (BRASIL, 2014; 2019), Ribeirão das Neves está totalmente inserido no Complexo Belo Horizonte, formado por rochas granito-gnáissicas-migmatíticas datadas do Arqueano-Paleoproterozóico. São ainda encontrados, especialmente sobre partes da planície do ribeirão Areias, depósitos inconsolidados de areia e argila, decorrentes da dinâmica quaternária dos cursos d'água locais.

No relevo local, predominam, em média, altitudes entre 800 e 880 metros, com as cotas mais elevadas ocorrendo na região de Veneza onde atingem até 1.029 metros, enquanto as menos elevadas, não ultrapassando os 705 metros, ocorrem na planície do ribeirão Areias em Justinópolis. A paisagem local é formada por morros e colinas convexas com vales encaixados pela ação da drenagem, variando entre ondulado a fortemente ondulado, com vales encaixados (ETHOS, 2018).

O município ocupa, em quase sua totalidade, as áreas de cabeceiras de afluentes da bacia do Ribeirão da Mata, um tributário do rio das Velhas, tendo em seu território as bacias dos ribeirões Areias (Justinópolis) e das Neves (Sede e Veneza), duas das principais sub-bacias contribuintes do ribeirão da Mata (HENRIQUES; VALADÃO, 2018). Como levantado por Coelho (2003), o padrão de drenagem é do tipo dendrítico com alta densidade de afluentes.

Materiais e métodos

A avaliação da suscetibilidade erosiva aos fatores condicionantes dos processos erosivos, foi precedido do levantamento bibliográfico de algumas fontes clássicas (YOUNG, 1972; CARSON; KIRKBY, 1972; SELBY, 1985) e outras mais atualizadas (BIERMAN; MONTGOMERY, 2014; MORGAN, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2018; RIFFEL *et al.*, 2016; LIMA, 2003; AUGUSTIN; ARANHA, 2006a; 2006b; PARIZZI *et al.*, 2010; BARBOSA; AUGUSTIN, 2000; FERRO; NICOSIA, 2026). Posteriormente, foi realizado um levantamento das metodologias dos mapeamentos de suscetibilidade/vulnerabilidade à erosão, com ênfase nas variáveis mais recorrentes e de suas aplicabilidades (WISCHMEIER,

1959; CONOSCENTI *et al.*, 2014; PANAGOS *et al.*, 2015; TAMENE *et al.*, 2017; GARCIA *et al.*, 2020).

Foi efetuada, ainda, uma adequação dessas variáveis à realidade fisiográfica de Ribeirão das Neves no que tange à participação de cada uma com relação às características do município. A tabela 1 mostra a síntese dos levantamentos realizados para todas as variáveis, com o peso (em porcentagem) da participação de cada uma, em conformidade com os valores qualitativos recorrentemente citados na literatura, assim como sua aplicabilidade para a área de estudo. O conjunto das variáveis com o maior peso foi o relativo às condições morfométricas da área, em virtude da sua maior participação no controle da energia atuante nos processos erosivos, em especial a energia potencial gravitacional e a energia cinética (MORGAN, 2005; YOUNG, 1972; AUGUSTIN; ARANHA, 2006a; 2006b). Tais valores foram obtidos tendo como base os indicados pelo Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) de Sampaio e Augustin (2014), no qual a análise exploratória seguiu o raio estipulado pelos autores (564 metros) e os intervalos e agrupamentos sugeridos por meio dos *quantis*, que, no presente estudo, foi definido pelo método discreto de intervalos iguais.

Tabela 1. Variáveis e seus percentuais (pesos) utilizados para análise da suscetibilidade à erosão em Ribeirão das Neves, MG.

VARIÁVEL	PESO ATRIBUÍDO
Rugosidade do relevo	35%
Cobertura vegetal	25%
Lineamentos	10%
Litologia	10%
Declividade	10%
Hipsometria	10%

Fonte: elaborado pelos autores em consonância com as referências supracitadas.

Os dados hipsométricos, também usados para a geração da declividade e do ICR, foram obtidos pela *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) no portal *online* da *United States Geological Survey* (USGS), com resolução espacial de 30 metros por pixel. O resultado da declividade se deu pela ferramenta ‘*declive*’, processada utilizando o *software* livre QGIS 3.28.3 ‘*Firenze*’, enquanto o ICR, seguiu os parâmetros propostos por Sampaio e Augustin (2014).

Os valores relativos à geologia, tanto com relação às litologias, como os lineamentos, seguiram a base proposta por Parizzi *et al.* (2010). Os dados referentes à litologia foram obtidos a partir do mapeamento geológico (BRASIL, 2019) da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), enquanto os lineamentos foram adquiridos a partir do levantamento realizado por Henriques e Valadão (2018). Os lineamentos foram processados pela ferramenta ‘*densidade de linhas*’, gerando dados da sua concentração, enquanto as litologias seguiram a avaliação geotécnica posta por Parizzi *et al.* (2010) para os litotipos presentes na RMBH.

A cobertura vegetal foi inferida a partir da utilização do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), no qual as bandas do infravermelho próximo, e do vermelho, foram processadas pela sua razão normalizada. Os dados foram obtidos junto ao satélite Sentinel-2 MSI (25/06/2022), com resolução espacial de 10 metros, a partir do portal oficial da *European Space Agency* (ESA).

A utilização da variável vegetação se deu em conformidade com o que vários autores mencionam (SELBY, 1985; BARBOSA; AUGUSTIN, 2000; LIMA, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2018), principalmente no que tange as capacidades mitigadoras da erosão. As relações vegetais mais mencionadas variaram desde a proteção do solo contra o impacto direto da chuva, desaceleração do escoamento superficial, dispersão do escoamento e inibição do escoamento concentrado, proteção e coesão do solo pela adição de matéria orgânica e da alteração química dos argilominerais (ambos com cargas catiônicas), até o auxílio da infiltração pelo sistema radicular.

As variáveis selecionadas para comporem o mapeamento foram agrupadas em cinco classes de suscetibilidade, variando de muito baixa a muito alta. Essa discriminação se deu a partir do método discreto de intervalos iguais para todas as variáveis, com exceção da declividade e da geologia que seguiram os valores definidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (BRASIL, 1979), e por Parizzi *et al.* (2010), respectivamente. Para a compatibilização espacial dos dados matriciais de diferentes resoluções espaciais foi realizada a reamostragem via interpolação por vizinho mais próximo, utilizando o *pixel* de menor dimensão (no caso o NDVI de 10 metros) como base da reamostragem.

Após a avaliação e distribuição dos pesos, os dados foram processados pela ferramenta ‘*calculadora raster*’, com a utilização da análise multicritério. A equação 1 indica os cálculos realizados para a geração do produto final, ou seja, o mapa de suscetibilidade erosiva de Ribeirão das Neves.

Equação 1. Cálculo de suscetibilidade à erosão em Ribeirão das Neves.

$$S = \frac{(r * 0,35) + (v * 0,25) + (l * 0,10) + (g * 0,10) + (d * 0,10) + (h * 0,10)}{6}$$

Onde: S = suscetibilidade, r = rugosidade do relevo, v = cobertura vegetal, l = lineamentos, g = litologia, d = declividade, h = hipsometria.

Para a análise referente à dinâmica de urbanização utilizou-se o método da classificação supervisionada a partir do modelo *Random Forest*, para a série de imagens (de 30 metros de resolução espacial) dos satélites Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ e Landsat 9 OLI, dos anos de 1984, 2003 e 2022, respectivamente. Todas as imagens foram obtidas junto ao repositório da USGS no período de estiagem (junho e julho), evitando possíveis lacunas referentes à cobertura de nuvens e sombreamento nas imagens. Utilizou-se para o processamento das imagens, as bandas do visível e do infravermelho próximo, com o mapeamento de quatro classes temáticas: I) áreas antropizadas, II) solo exposto, III) vegetação densa e IV) vegetação rasteira.

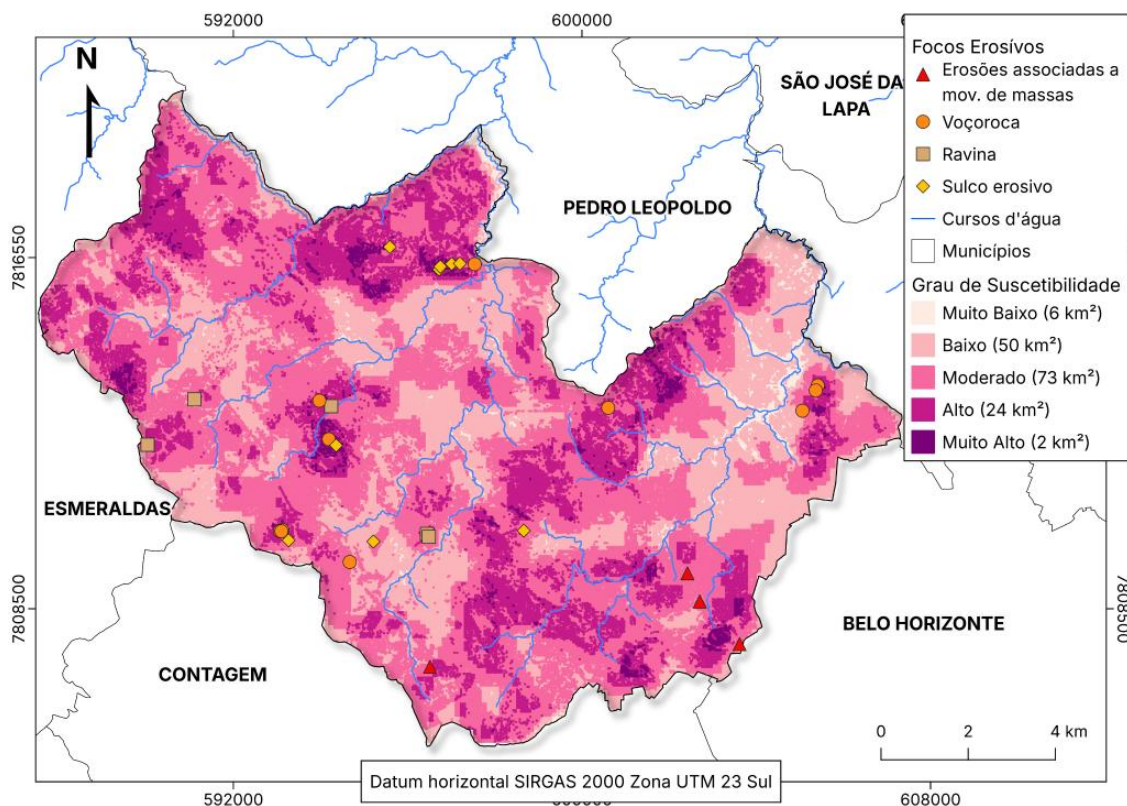
Além das classificações, foi ainda realizado o levantamento dos focos erosivos no município, os quais foram identificados e localizados por meio de notícias veiculadas em sites e por interpretação visual das imagens de satélite, tendo as coordenadas dos seus pontos posteriormente inseridas no estudo. O objetivo foi o da visualização da acurácia do mapeamento realizado, servindo de subsídio crítico à metodologia utilizada. Em complemento às validações quantitativas foram também realizadas avaliações teóricas dos resultados, comparando-o a outros estudos realizados na região.

Resultados e discussões

Os valores apresentados na figura 2 indicam que aproximadamente 83% do território de Ribeirão das Neves encontra-se em áreas relativamente estáveis com relação à ação erosiva, sendo 36% (56 km²) em áreas com baixa e muito baixa suscetibilidade, e outros 47% (73 km²) em áreas classificadas com suscetibilidade moderada. Apesar de apenas 17%

da área total situar-se em regiões com altas taxas de suscetibilidade, é nela que se tem observado o avanço preferencial da malha urbana, ocasionando um cenário de vulnerabilidade ambiental cada vez maior da população.

Figura 2. Mapa de suscetibilidade à erosão em Ribeirão das Neves, MG.



Fonte: elaborado pelos autores.

Os dados do quadro 1 demonstram que as áreas ocupadas, classificadas como de suscetibilidade alta e muito alta, mais que dobraram no período dos 39 anos analisados. Os valores obtidos pelo mapeamento e a classificação das imagens demonstram que, de 1984 a 2022, houve um aumento de 130% na ocupação de áreas com classes de suscetibilidade muito alta, o mesmo ocorrendo em áreas de alta suscetibilidade (97%). No mesmo período, observa-se o oposto, ou seja, uma diminuição de 26% na ocupação de outras classes com valores menores de suscetibilidade, em especial nas classes de baixa suscetibilidade.

Quadro 1. Proporção percentual das áreas ocupadas em Ribeirão das Neves (MG) por classes de suscetibilidade para os três períodos analisados.

Classes de Suscetibilidade	Período Analisado proporção (%) área de cada classe			Proporção (%) da área no município por classe
	1984	2003	2022	
5 - Muito Alta	1,0	1,8	2,3	1,3
4 - Alta	7,9	13,5	15,3	15,5
3 - Moderada	32,2	44,8	44,9	47,1
2 - Baixa	48,9	38,5	36,1	32,2
1 – Muito Baixa	4,0	1,4	1,4	3,9

Fonte: elaborado pelos autores.

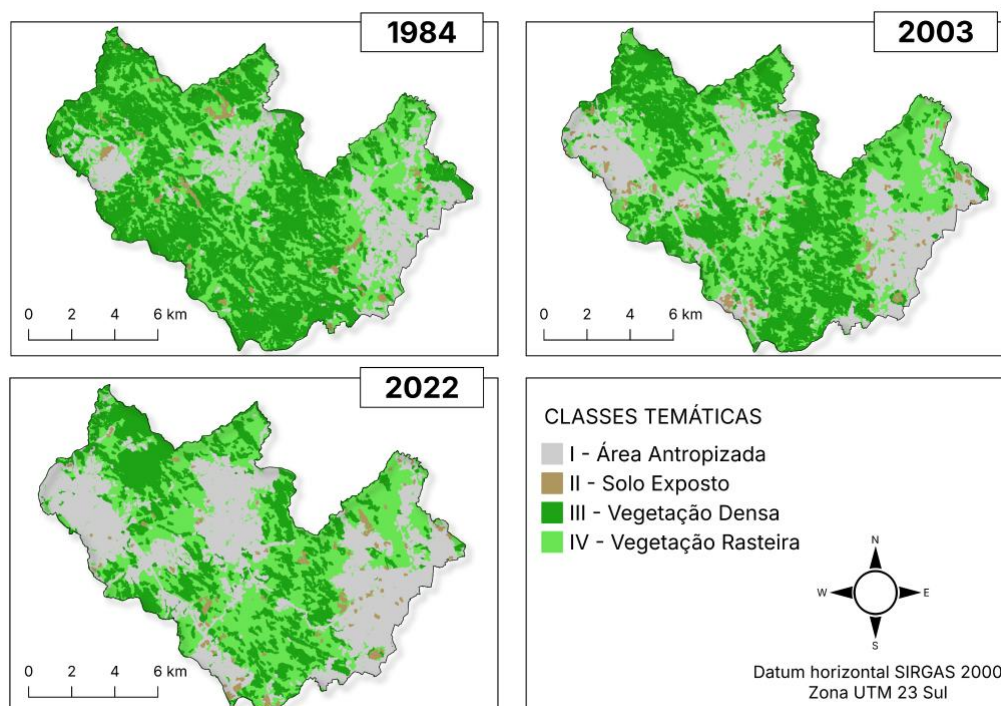
O que se destaca no quadro 1, todavia, é o período de 1984 a 2003, quando se observa um aumento nas áreas urbanas, de 80% e 71%, respectivamente, em classes de muito alta e alta suscetibilidade erosiva. Esse período, como evidenciado por alguns autores (COELHO, 2003; CAMPOS, 2009; 2010; SILVA E STEPHAN, 2015; SALGADO, 2017) é fortemente ligado ao primeiro momento de urbanização, subsequente à “nova industrialização mineira” ocorrida ao final dos anos 1980 e ao decorrer dos anos 1990. Naquele momento, o município de Ribeirão das Neves experimentava um crescimento vertiginoso principalmente às margens da BR – 040, atual distrito de Veneza. Como destacado por Coelho (2003), esse período reflete a dinâmica de conurbação experimentada pela região com o município de Contagem, tendo como influências diretas a duplicação da rodovia acima mencionada, associada à uma legislação de uso e cobertura da terra mais permissiva, dissonante dos outros municípios da RMBH, e também das “novas”, à época, normativas postas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) em 1986.

Os resultados referentes à classificação (Figura 3) demonstram exatamente esse crescimento acentuado da ocupação da terra no distrito de Veneza (porção sudoeste), entre o final dos anos 1980 e início dos anos 2000, visível na figura pela evolução das ocupações no entorno da BR – 040. Esse processo, como destacado e observado em campo por Coelho (2003), foi responsável pelo desenvolvimento e reativação de feições erosivas aceleradas:

[...] houve a ocorrência de vários processos erosivos, encontrando-se também, antigos voçorocamentos estabilizados, datados da década de 80, e que, em alguns casos, foram ocupados, provocando sua reativação e expansão, principalmente, nas encostas desmatadas de morros invadidos

por residências e de ruas abertas sem nenhum critério [...] sendo que estas [feições erosivas lineares] foram identificadas, principalmente nos bairros Veneza, Florença, Cidade Neviana e Jardim Colonial onde algumas ruas foram totalmente destruídas, comprometendo até construções (COELHO, 2003, p. 83 – 84).

Figura 3. Classificação do uso e cobertura da terra em Ribeirão das Neves, MG.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em 2022, observa-se que a dinâmica de expansão da malha urbana apesar de ter aumentado, aparece de forma menos intensa. Esse fator, juntamente com o fortalecimento dos aparatos regulatórios municipais, está associado ao processo mencionado por Salgado (2017), como o “terceiro momento de ocupação”, no qual a autora associa com o processo de verticalização das áreas suburbanas em detrimento do desenvolvimento horizontal. Ao identificar a nova dinâmica para Ribeirão das Neves, a autora utiliza como dado o aumento dos domicílios registrados como apartamentos de 2010 a 2016 no município, número este que quadruplicou em seis anos (SALGADO, 2017).

Já o distrito de Veneza, como uma das principais áreas responsáveis pelo acréscimo na vulnerabilidade ambiental no município, encontra-se ligado diretamente à sua localização no contexto geomorfológico da bacia hidrográfica que ocupa. Situado predominantemente nas cabeceiras de drenagem da bacia do ribeirão da Mata, o distrito funciona como divisor com a bacia do ribeirão Onça. Essas características morfológicas da

bacia lhe conferem altitudes bastante elevadas, ultrapassando os 1.000 metros, em comparação com o restante do município, contribuindo para a ocorrência de um forte potencial gravitacional do escoamento pluvial. Além disso, alguns pontos da região apresentam alta concentração de rugosidades, indicando uma eficiente capacidade de dissecação dos cursos d'água locais, o que contribui para que essas áreas tenham forte predisposição ao transporte de material regolítico. Associa-se a isso, como observado na figura 3, a intensa e rápida supressão da cobertura vegetal local, com a presença de bairros com solos totalmente expostos, favorecendo a atuação dos processos erosivos.

Outra localidade também assolada por processos erosivos acelerados é a região noroeste do distrito Sede, em especial os bairros Barcelona e Rosaneves. Localizados nas meias/altas encostas entre o córrego Água Fria e o ribeirão das Neves, sofrem processo semelhante aos da região de Veneza. A forte supressão da vegetação em áreas de alta rugosidade e declives bastantes acentuados, gera um aumento considerável das taxas de suscetibilidade que, associadas à infraestrutura local deficiente (ex.: ausência de drenagem pluvial), acabam por condicionar cenários de alta vulnerabilidade, com a geração de feições erosivas aceleradas, condenando ruas e até residências em certos casos, como pode ser observado na figura 4.

Figura 4. Feição erosiva no bairro Barcelona, Ribeirão das Neves, MG.



Fonte: Elaborado pelos autores.

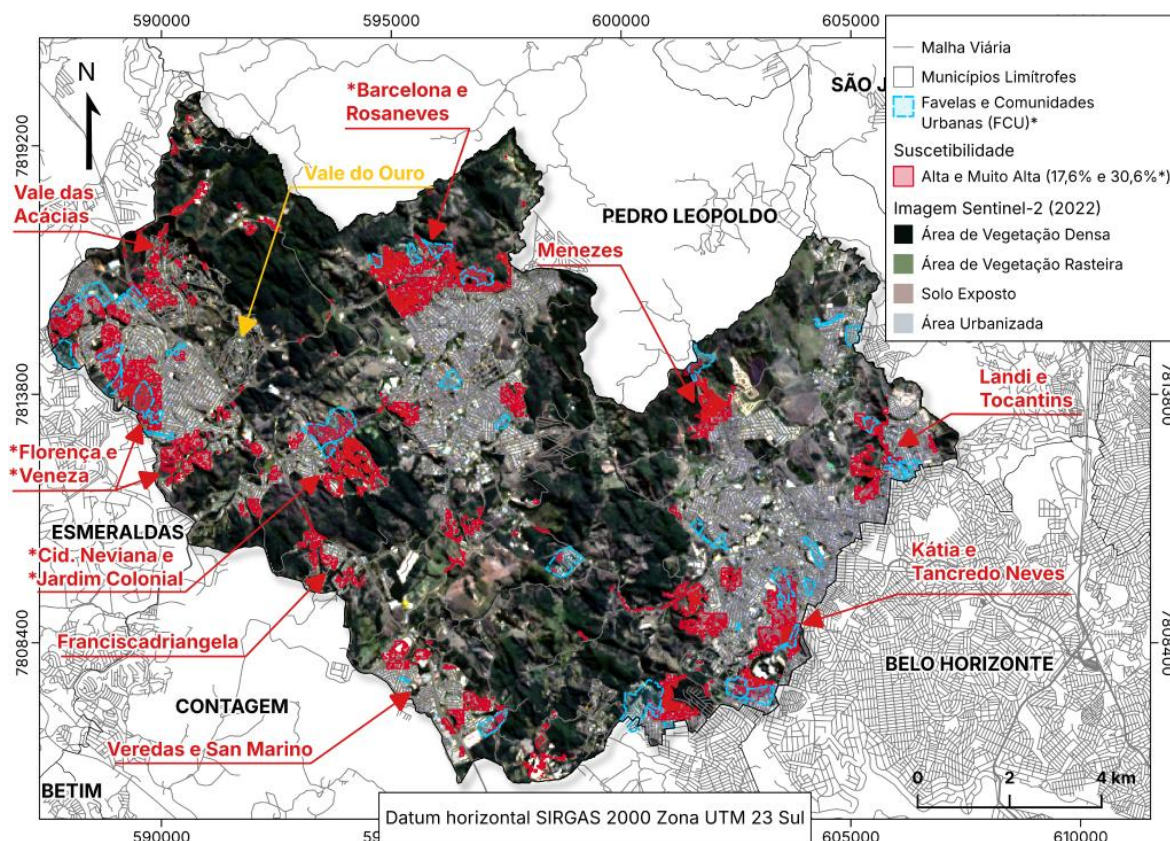
O quadro 2 apresenta a matriz de confusão referente às classificações do uso e cobertura da terra apresentados anteriormente (Figura 3), demonstrando a alta fiabilidade (89% a 98% no índice Kappa) entre o mapeamento realizado e a real condição de ocupação das áreas nos respectivos períodos.

Quadro 2. Matriz de confusão dos mapeamentos de uso e cobertura da terra de Ribeirão das Neves, MG.

Classe Temática	1984				2003				2022			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
I - Áreas Antropizadas	63	1	0	12	49	0	0	4	178	0	0	5
II - Solo exposto	0	76	0	0	0	53	0	0	0	183	0	0
III - Veg. Densa	0	0	75	1	0	0	52	1	0	0	183	0
IV - Veg. Rasteira	5	0	6	65	1	1	0	51	1	0	0	182
Índice Kappa	0,89				0,95				0,98			

Fonte: Elaborado pelos autores.

A diferenciação dos bairros com características acentuadas de vulnerabilidade decorrente do agravamento dos processos erosivos acelerados, encontra-se representada sinteticamente na figura 5. A maior concentração de bairros em situação de alta suscetibilidade erosiva é encontrada na região de Veneza, principalmente nos bairros Cidade Neviana, Jardim Colonial, Florença e Veneza, enquanto na região Sede, os bairros de Barcelona e Rosaneves, apresentam-se como os mais vulneráveis.

Figura 5. Bairros com alta suscetibilidade à erosão em Ribeirão das Neves, MG.

Fonte: elaborado pelos autores. Os nomes precedidos por asteriscos são relativos aos bairros estudados nos trabalhos de Coelho (2003) e de Silva e Silva (2017) que apresentaram neste novo mapeamento alta suscetibilidade erosiva. O condomínio Vale do Ouro (em amarelo) é representativo da discrepância e desigualdade ambiental em relação aos bairros populares que o margeia, Vale das Acácias e Cidade Neviana.

No distrito de Justinópolis, não se observa a presença extensiva de áreas vulneráveis, visto que a ocupação local se instalou majoritariamente nas planícies do ribeirão Areias. Mesmo assim, há concentração de bairros vulneráveis nos seus limites sul e noroeste, que são áreas com elevadas suscetibilidade erosiva em virtude da grande concentração de lineamentos (HENRIQUES; VALADÃO, 2018) e de fortes desníveis altimétricos, em especial da porção oeste, ou seja, nas encostas das planícies fluviais do centro-norte do município. No entanto, é justamente nessas áreas de maior suscetibilidade erosiva (Figura 2), onde há evidências mais nítidas da expansão urbana. A se manter a tendência detectada, é possível assumir que ocorrerá, futuramente, ocupação das áreas suscetíveis à oeste do distrito, como visto no bairro Menezes (Figura 5). Isso poderá acarretar novos cenários de vulnerabilidade, demonstrando a provisão de estudos geomorfológicos preditivos como uma importante ferramenta de análise de cenários no planejamento das cidades.

Na perspectiva crítica do tipo de urbanização desordenada, constata-se que o acesso à terra se revela profundamente desigual. Dados geoespaciais de Favelas e Comunidades Urbanas (FCU) elaborados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2024), demonstram que 30,6% desses territórios em Ribeirão das Neves estão situados em áreas de alta a muito alta suscetibilidade à erosão (Figura 5). Em comparação com a totalidade da malha urbana municipal sob as mesmas condições físicas naturais (17,6%), tem-se uma exposição significativamente maior dos residentes das FCU (aumento de aproximadamente 74%), demonstrando quantitativamente a condição de desigualdade ambiental vivenciada por esta população.

Outra evidência dessa assimetria socioambiental pode ser observada na segregação espacial envolvendo o Condomínio Vale do Ouro, situado entre os bairros Cidade Neviana e Vale das Acácias (Figura 5). Enquanto o empreendimento fechado de alto padrão foi implantado em setores geomorfologicamente estáveis (suscetibilidade baixa a moderada), as franjas instáveis (alta a muito alta suscetibilidade) foram destinadas às populações de menor poder aquisitivo, ilustrando nitidamente o processo de espoliação urbana como motor da desigualdade ambiental no município.

A aplicabilidade e acurácia do mapeamento, tendo em vista sua concordância com os estudos pretéritos realizados pontualmente (COELHO, 2003; SILVA; SILVA, 2017), demonstrou-se bastante eficaz. Da mesma maneira, os resultados do mapeamento mostram uma conformidade de 80% em relação aos focos erosivos reais existentes na área, salientando que tal acurácia é de certo modo subdimensionada, visto que a proposta do mapeamento em aspectos qualitativos de suscetibilidade não exclui a possibilidade de ocorrência de feições erosivas em áreas com moderada ou até baixa suscetibilidade, pois indica apenas a menor probabilidade, como observado empiricamente no presente estudo. Portanto, levando em consideração sua coerência metodológica, este estudo conta com uma representatividade maior do que os valores de acurácia apresentados.

Considerações finais

Os resultados do estudo evidenciam a complexa dinâmica socioambiental do município de Ribeirão das Neves. O mapeamento realizado, com acurácia de 80%,

comprovou o avanço da expansão urbana, acentuado entre o fim dos anos 1980 e início de 2000 em áreas de alta suscetibilidade erosiva, em decorrência, especialmente, da conurbação com Contagem, associada à BR-040. Essa suscetibilidade manifesta-se de forma distinta nos distritos do município, sendo que em Veneza, ela está concentrada nos bairros Florença, Cidade Neviana, Jardim Colonial e Veneza, enquanto na Sede, nos de Rosaneves e Barcelona. Já em Justinópolis, há elevado potencial futuro de ocorrência e aceleração de processos geomorfológicos, visto que a franja de expansão a oeste já adentra os limites dos terrenos mais instáveis.

Os dados ainda revelam uma nítida condição de desigualdade ambiental que afeta desproporcionalmente as Favelas e Comunidades Urbanas (FCU) do município. Enquanto a exposição média de toda a malha urbana às áreas suscetíveis é de 17,6%, as FCU registram expressivos 30,6%. Essa assimetria quantifica como as populações de menor poder aquisitivo são historicamente empurradas para as porções mais instáveis do relevo, convertendo áreas suscetíveis em cenários de risco iminente. Portanto, ações estratégicas nessas comunidades vulneráveis devem ser tratadas como prioridades máximas no ordenamento territorial municipal, sendo imprescindível a implementação de infraestruturas básicas essenciais, como redes pluviais e asfaltamento, fundamentais para conter o escoamento superficial concentrado. Complementarmente, são vitais a realização de vistorias *in loco* e de estudos geomorfológicos e geotécnicos detalhados para subsidiar ações mitigadoras dos riscos, e de proteção aos moradores que sofrem com a maior exposição por ocuparem áreas mais instáveis do relevo.

Constata-se, em paralelo, o paradoxo dos vazios urbanos, onde terrenos estáveis permanecem ociosos devido à especulação imobiliária, enquanto as encostas instáveis concentram habitações populares, em geral, sem infraestruturas básicas adequadas. O cenário analisado reflete a lógica de crescimento de Ribeirão das Neves, que nunca se orientou pelas restrições ambientais, e sim pela conectividade com Belo Horizonte e Contagem, consolidando-se histórica e espacialmente como uma “cidade-dormitório”, dependente dos fluxos metropolitanos e alheia à sustentabilidade do próprio território. Conclui-se, portanto, que mitigar os riscos geomorfológicos em Ribeirão das Neves exige romper categoricamente com a lógica da espoliação urbana. Somente por meio do provimento de condições ambientalmente sustentáveis e socialmente justas de acesso à terra

e à infraestrutura básica, será possível reverter a segregação socioespacial, promovendo um desenvolvimento municipal pleno, seguro e eficiente para toda a população.

Referências bibliográficas

ACSELRAD, H. Vulnerabilidade social, conflitos ambientais e regulação urbana. *O social em questão*. [S.l.], n. 33, p. 57 – 67, 2015. Disponível em: https://osocialemquestao.ser.puc-rio.br/media/OSQ_33_1_Acserald.pdf

AUGUSTIN, C. H. R. R.; FONSECA, B. M.; OLIVEIRA, D. A. de; LIMA, A. C. P. de; ARANHA, P. R. A. Aspectos do relevo na bacia do rio Pandeiros-MG: análise de perfis longitudinais e transversais. **MG. BIOTA**. v. 15, n.1, 2022.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. A ocorrência de voçorocas em Gouveia, MG: característica e processos associados. *Geonomos*. v. 14, n. 2, p. 75 - 86, 2006a. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v14i2.112>

AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. *Piping* em área de voçorocamento, noroeste de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v. 7, n. 1, p. 9 - 18, 2006b. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v7i1.56>

BARBOSA, V. C. C.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Estudo preliminar da variação de microformas e da cobertura vegetal na geração de runoff e perda de solo em vertente do município de Gouveia/MG. *Geonomos*. v. 8, n. 2, p. 1-7, 2000. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v8i2.152>

BATHRELLOS, G. D. I. *An overview in urban geology and urban geomorphology*. *Bulletin of the Geological Society of Greece*. v. 40, n. 3, 2007.

BIERMAN, P. R.; MONTGOMERY, D. R. *Key Concepts in Geomorphology*. 1ª Ed. Freeman & Co Ltd., 2014.

BINDA, A. L. Geomorfologia urbano-ambiental. *Revista Geografia e Pesquisa*. v. 2, n. 1, p. 57 - 67, 2008.

BRASIL. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. **Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional: Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD)**. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/> Acessado em: 01 Jun. 2026.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia (CPRM): Geologia e Recursos Minerais da Folha Contagem (SE.23-Z-C-V): Estado de Minas Gerais.** Escala 1: 100.000. Programa Geologia do Brasil: Diretoria de Geologia e Recursos Minerais Departamento de Geologia Superintendência Regional de Belo Horizonte. Belo Horizonte, MG. 2014. 87p.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia (CPRM): Mapa Base compilado.** Escala: 1:250.000. Belo Horizonte, MG. 2019.

CAMPOS, P. R. **O Município de Ribeirão das Neves: um bairro popular em um centro metropolitano.** 188 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2009.

CAMPOS, P. R. O arquipélago de Ribeirão das Neves: a velha segregação na metrópole belohorizontina. In: **XVI Seminário sobre a Economia Mineira.** 16, Belo Horizonte, MG. Anais [...], 2010.

CARSON, M. A.; KIRKBY, M. J. *Hillslope Form and Process.* 1ª Ed. Cambridge: University Press, 1972.

CARVALHO, A.; AZEVEDO, A.; DUPIN, P.; MAGALHÃES, A.; MARRA, J. Reflexos da urbanização de Justinópolis na qualidade da água do Ribeirão das Areias. In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física**, 13, Viçosa, MG. Anais [...], 2009.

COELHO, A. L. N. **O histórico da ocupação e impactos socioambientais no Eixo Norte da RMBH – (Região Metropolitana de Belo Horizonte) Em áreas do Município de Ribeirão das Neves – MG.** 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2003.

CONOSCENTI, C.; ANGILERI, S.; CAPPADONIA, C.; ROTIGLIANO, E.; AGNESI, V.; MÄRKER, M. *Gully erosion susceptibility assessment by means of GIS-based logistic regression: A case of sicily (Italy).* *Geomorphology*, v. 204, p. 399 - 411, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.08.021>

ETHOS URBANISMO E ARQUITETURA LTDA. **Revisão do Plano Diretor Participativo de Ribeirão das Neves.** Produto 6 – Leitura Técnica Preliminar, v. 1, Belo Horizonte: [s.n.], 2018.

FERRO, V.; NICOSIA, A. *Soil Erosion Measurement Techniques and Field Experiments, 2nd Ed.* *Water*, v. 18, n. 2, p. 1 - 4, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/w18020202>

GARCIA, P. M. B.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; CASAGRANDE, P. B. *Geomorphological index as support to urban planning.* *Mercator*. v. 19, n. 1, p. 1 - 24, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19003>

HENRIQUES, R. J.; VALADÃO, R. C. Análise morfoestrutural da bacia hidrográfica do Ribeirão da Mata no contato embasamento arqueano e bacia sedimentar neoproterozoica,

Minas Gerais. *Revista de Geografia*. v. 35, n. 4, p. 1 - 13, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/238197>

LIMA, E. R. V. Erosão do solo: Fatores condicionantes e modelagem matemática. *Revista Cadernos de Logepa – Série Pesquisa*. v. 1, n. 1, 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/logepa/article/view/10981>

MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation*. Ed. 3, Oxford: Blackwell Publishing Ltd. 2005.

OLIVEIRA, F. F.; SANTOS, R. E. S.; ARAÚJO, R. C. Processos erosivos: Dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*. v. 5, n. 3, p. 60 - 83, 2018.

PANAGOS, P.; BORRELLI, P.; POESEN, J.; BALLABIO, LUGATO, E.; MEUSBURGER, K.; MONTANARELLA, L.; ALEWELL, C. *The new assessment of soil loss by water erosion in Europe*. *Environmental Science & Policy*. v. 54, [s.n.], p. 438 – 447, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>

PARIZZI, M. G.; MOURA, A. C. M.; MEMÓRIA, E. M.; MAGALHÃES, D. M. Mapa de Unidades Geotécnicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Regulação Metropolitana de Belo Horizonte**, Belo Horizonte: MG, 2010.

PITTELKOW, G. C.; CARDIAS, M. E. M.; GOMES, T. C.; NUMMER, A. V. Erosão urbana e formas de investigação: uma revisão. In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. 16, Teresina, PI. Anais [...], 2015.

RIFFEL, E. S.; GUASSELLI, L. A.; BRESSANI, L. A. Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura. *Boletim Goiano de Geografia*. v. 36, n. 2, p. 285 - 305, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v36i2.42796>

SAADI, A. A geomorfologia como ciência de apoio ao planejamento urbano em Minas Gerais. *Geonomos*. v. 5, n. 2, p. 1 - 4, 1997. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v5i2.174>

SALGADO, N. A. Metropolização e desigualdades: Notas sobre a dinâmica de crescimento populacional e a produção do patrimônio cultural da cidade de Ribeirão das Neves (MG - Brasil). *Revista Ensaios*. v. 10, p. 50 - 71, 2017.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de Concentração de Rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v. 15, n. 1, p. 47 – 60, 2014. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i1.376>

SELBY, M. J. *Earth's Changing Surface*. 1ª Ed. Oxford: Claredon Press, 1985.

SILVA, M. A.; SILVA, C. F. A. Avaliação geomorfológica do bairro Barcelona no município de Ribeirão das Neves – MG: do risco à prevenção, um desafio. In: **Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente**. v. 8, n. 1, Anápolis, GO. Anais [...], 2017.

SILVA, O. H. R.; STEPHAN, I. I. C. O plano diretor de Ribeirão das Neves – MG: Análise de uma cidade fora do plano. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*. v. 3, n. 16, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17271/2318847231620151002>

TAMENE, L.; ADIMASSU, Z.; AYNEKULU, ERMAS; YAEKOB, T. *Estimating Landscape susceptibility to soil erosion using a GIS-based approach in Northern Ethiopia. International Soil and Water Conservation Research*. v. 5, n. 3, p. 221 - 230, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.05.002>

WISCHMEIER, W. H. *A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Science Society of America Journal*. v. 23, n. 3, p. 246 - 249, 1959. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1959.03615995002300030027x>

YOUNG, A. *Slopes*. 1ª Ed. London: Longman, 1972.