



ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA PEDRA BRANCA, ALFENAS-MG

Elisa Holanda Neri ¹
Gustavo Sousa Marinho ²
Felipe Gomes Rubira ³

RESUMO

A intensificação do uso agropecuário e urbano no município de Alfenas (MG) tem provocado alterações na paisagem, favorecendo o desencadeamento de processos erosivos superficiais. Este estudo tem como objetivo identificar os setores com maior incidência desses processos e analisar suas causas naturais e antrópicas na bacia hidrográfica do córrego Pedra Branca, que ocupa uma área de 69,75 km² e contribui para o abastecimento do reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas. A pesquisa fundamenta-se na fisiologia da paisagem e nos efeitos *on site* e *off site* da erosão. A metodologia envolveu revisão bibliográfica, trabalho de campo e elaboração de mapeamentos temáticos de solo, declividade, hipsometria, densidade hidrográfica e feições erosivas, utilizando os softwares ArcGIS Pro e Google Earth Pro. As análises basearam-se no mapa de solos de Minas Gerais (1:650.000) e na carta topográfica de Alfenas (1:50.000). As feições erosivas como erosão laminar, sulcos, ravinas, voçorocas e trilhas de pisoteamento, foram identificadas por interpretação visual com validação em campo e estimadas por interpolação *Kernel*. Os resultados apontam maior concentração de processos erosivos no setor central da bacia e no trecho médio do canal principal, associados a áreas de Latossolo Vermelho, relevo ondulado, uso agropecuário intensivo e alta densidade hidrográfica. Conclui-se que a ocorrência e intensificação da erosão resultam da interação entre fatores naturais e práticas inadequadas de uso do solo. Em escala local, os impactos incluem a perda de fertilidade, redução da capacidade de infiltração e degradação da estrutura do solo. Em escala regional, contribuem para o aumento da carga sedimentar e o assoreamento do reservatório de Furnas, comprometendo sua funcionalidade, sobretudo em períodos de estiagem prolongada.

Palavras-chave: Fisiologia da Paisagem, Morfodinâmica, Processos erosivos, Degradação Ambiental.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo configura-se como um dos mais relevantes impactos ambientais negativos provocados pela ação antrópica em escala global (Goudie, 1990). Entre seus

¹ Graduanda do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG, elisa.jorge@sou.unifal-mg.edu.br;

² Mestrando do curso de Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Alfenas - MG, gustavo.marinho@sou.unifal-mg.edu.br;

³ Professor Orientador: Doutor e Docente do Instituto Ciências da Natureza da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG, felipe.rubira@unifal-mg.edu.br.



efeitos, destacam-se o assoreamento e a degradação da qualidade dos corpos hídricos, causados pelo aporte excessivo de sedimentos (Lense et al., 2023).

No Brasil, esse processo é agravado pela degradação das pastagens e práticas agrícolas inadequadas. Por exemplo, em 2015, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e a Superintendência Federal de Agricultura de Minas Gerais estimaram que “cerca de 75% das pastagens no estado encontram-se em estágio moderado ou fortemente degradado” (Brasil, 2015, p. 8). Essa degradação decorre, principalmente, de práticas de manejo ineficientes, ausência de reposição de nutrientes, superpastejo, uso intensivo sem respaldo tecnológico, baixa rentabilidade das atividades pecuárias e queima recorrente da vegetação nativa, especialmente no bioma Cerrado. Tais fatores comprometem áreas de infiltração e recarga hídrica, alteram o balanço hídrico e intensificam os processos erosivos e a perda de fertilidade dos solos, reduzindo a eficiência produtiva dos sistemas agropecuários (Brasil, 2015).

Inserido nesse contexto, o município de Alfenas (MG) apresenta uma dinâmica histórica de uso e cobertura da terra marcada pela cafeicultura, pastagens e culturas temporárias, que têm promovido alterações morfodinâmicas significativas na paisagem. Essas transformações favorecem a intensificação de processos erosivos superficiais, os quais se concentram em setores específicos do município, conforme as condições ambientais e o uso antrópico local.

De acordo com Guerra (2020), os processos erosivos constituem agentes morfodinâmicos exógenos, ativos e atuais na paisagem. Iniciam-se com o impacto das gotas de chuva (*splash*), que desagrega partículas do solo, forma crostas e pequenas depressões (*ponds*). Com a saturação do solo, o escoamento superficial (*runoff*) passa a ocorrer de forma difusa, ocasionando erosão laminar, ou de forma concentrada, resultando em feições lineares como sulcos, ravinas e voçorocas. A intensidade e a concentração desses processos estão diretamente relacionadas a fatores como declividade, tipo de solo e uso e cobertura da terra, que definem o grau de fragilidade ambiental (Ross, 1994).

Essas formas erosivas, ao se desenvolverem no terreno, geram impactos que se expressam tanto no local de origem quanto em áreas a jusante. Conforme Poesen et al. (2003), os efeitos da erosão podem ser classificados em impactos *on site*, como a perda de fertilidade, desestruturação do solo e formação de ravinas e voçorocas; e *off site*, quando os sedimentos transportados atingem áreas adjacentes, promovendo o



assoreamento de corpos d'água, redução da qualidade da água, entupimento de drenagens e impactos socioambientais em áreas urbanas ou agrícolas.

Diante da complexidade desses impactos, torna-se necessário compreender a erosão para além de sua dimensão física, incorporando-a como um fenômeno integrado às dinâmicas da paisagem. Nesse sentido, este estudo adota o conceito de paisagem como uma “herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades” (Ab’Saber, 2003, p. 9). Ao analisá-la com ênfase no relevo, Ab’Saber (1969) propõe três níveis de abordagem: compartimentação da topografia regional, estrutura superficial da paisagem e fisiologia da paisagem. Este estudo se concentra no terceiro nível, voltado à compreensão dos processos morfoclimáticos e pedogenéticos contemporâneos, considerando a atuação humana como agente transformador das dinâmicas naturais.

A partir dessa concepção, a erosão dos solos é tratada neste trabalho como uma problemática socioambiental, com implicações diretas na qualidade ambiental e na funcionalidade das paisagens. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo identificar os setores de maior incidência de processos erosivos e analisar suas causas naturais e antrópicas na bacia hidrográfica do Córrego Pedra Branca, localizada no município de Alfenas (MG).

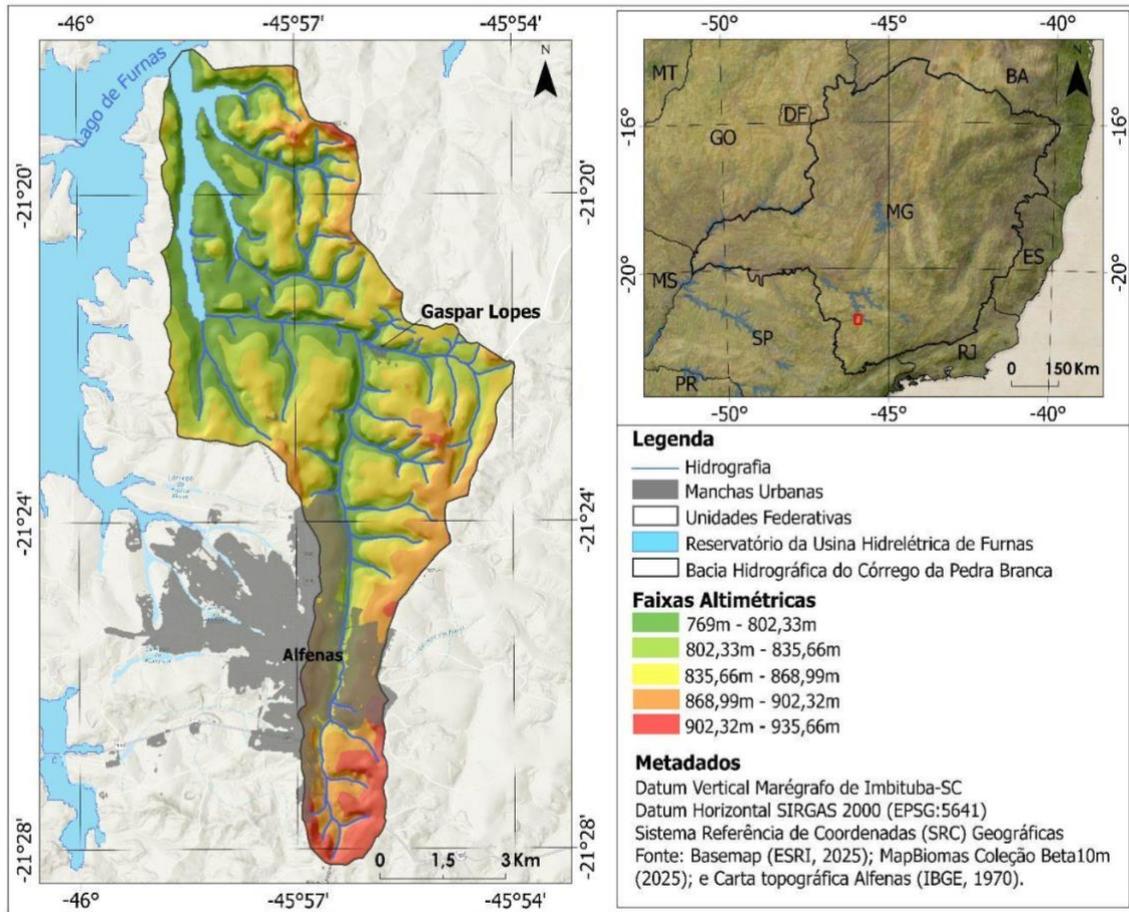
A relevância da pesquisa reside em fornecer subsídios técnicos que orientem ações de recuperação de áreas degradadas, planejamento do uso agropecuário e urbano e mitigação dos processos que favorecem a sedimentação excessiva. Ao contribuir para o controle do assoreamento, espera-se prolongar a vida útil do reservatório de Furnas, cuja vida útil tem sido comprometida por estiagens prolongadas.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Córrego da Pedra Branca, afluente do rio Grande, localizada em áreas urbanas e rurais do município de Alfenas, no sul do estado de Minas Gerais (Figura 1). A bacia abrange uma área de aproximadamente 69,75 km² e contribui para o abastecimento do reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas, com altitudes que variam entre 769 m e 935,66 m (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Córrego da Pedra Branca



Fonte: Elaborado pelos autores

A vegetação nativa de Alfenas, composta pela transição entre os biomas de Mata Atlântica e de Cerrado, foi amplamente substituída por pastagens e pelo manejo inadequado de cultivos agrícolas voltados para exportação, como café, soja e milho.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (1928), a área apresenta duas classes climáticas: Cwa, predominante em altitudes inferiores a 800 m (próximas ao Lago de Furnas), e Cwb nas demais áreas (Alvares et al., 2013). Ambas são caracterizadas como climas subtropicais úmidos com inverno seco. O tipo Cwa apresenta verões quentes e temperatura média anual em torno de 21 °C, enquanto o tipo Cwb possui verões amenos a moderadamente quentes, com média anual de aproximadamente 19 °C (Alvares et al., 2013). O índice pluviométrico médio anual no município, com base na série histórica de 1984 a 2016, varia entre 1000 mm e 1500 mm por ano, com registros de chuvas intensas capazes de gerar enxurradas (Souza; Sanches; Santos, 2021).



A litologia predominante da bacia corresponde a rochas ígneas e metamórficas, principalmente gnaisses e granitos, além de depósitos aluviais restritos às margens fluviais (Ribeiro et al., 2020). Quanto à cobertura pedológica, identificam-se quatro principais classes de solos: Latossolo Vermelho Distrófico, dominante na porção central da bacia; Gleissolo Melânico Distrófico, presente a jusante, nas proximidades do reservatório de Furnas; Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, distribuído a leste; e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, predominante nos setores a montante (UFV et al., 2010).

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo baseou-se em revisão bibliográfica, trabalho de campo e elaboração de mapeamentos temáticos das classes de solo, densidade hidrográfica, hipsometria, declividade e distribuição espacial das feições erosivas. As análises foram realizadas com o auxílio dos softwares ArcGIS Pro e Google Earth Pro, adotando-se o datum SIRGAS 2000, projeção UTM, fuso 23S e sistema de coordenadas geográficas.

As classes de solo foram obtidas a partir da base cartográfica de solos do estado de Minas Gerais, na escala 1:650.000 (UFV et al., 2010). A densidade hidrográfica (Dh) foi calculada segundo a metodologia proposta por Christofolletti (1969) cujos parâmetros estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Equação, variáveis e valores indicativos da densidade hidrográfica

Parâmetro	Equação	Variáveis	Valores indicativos
Dh – densidade hidrográfica (Christofolletti, 1969)	$Dh = \frac{N}{A}$	N = número total de canais A = área da bacia (km ²)	Indica a frequência de cursos de água em uma determinada área e a capacidade de se gerar novos canais: $Dh < 3$ = Densidade hidrográfica Baixa $Dh = 3$ a 7 = Densidade hidrográfica Média $Dh = 7$ a 15 = Densidade hidrográfica Alta $Dh > 15$ = Densidade hidrográfica Muito Alta

Fonte: Christofolletti (1969).

Para o mapeamento da densidade hidrográfica, utilizou-se a hidrografia da Carta Topográfica de Alfenas (SF-23-I-I-3), na escala 1:50.000 (IBGE, 1970). Os dados vetoriais foram obtidos no site do IBGE e a carta georreferenciada acessada por meio do portal SisGeo da UNIFAL-MG (Alvarenga et al., 2022). As feições hidrográficas foram editadas com base no datum original da carta (Córrego Alegre) e posteriormente

reprojetadas para o SIRGAS 2000, garantindo compatibilidade com os demais dados. A área da bacia foi subdividida em uma malha regular com células de 1km², gerada por meio da ferramenta ‘*grid index features*’. Em seguida, aplicou-se a função ‘*intersect*’ para identificar os trechos de canais inseridos em cada célula, identificando os trechos de canais contidos em cada célula. A contagem consolidada de canais foi obtida com a ferramenta ‘*dissolve*’ e os valores resultantes incorporados à tabela de atributos. Esses dados foram convertidos em pontos (*feature to point*) e interpolados pelo método ‘*spline*’, possibilitando a espacialização da densidade hidrográfica ao longo da bacia.

As análises hipsométricas e de declividade foram baseadas nas curvas de nível da mesma carta topográfica. As curvas e os topos cotados foram digitalizados e reprojetados para o SIRGAS 2000. Em seguida, foi gerado um Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução espacial de 10 metros, por meio da ferramenta ‘*topo to raster*’, correspondendo à metade da equidistância entre curvas. O MDT foi classificado em cinco faixas altimétricas com intervalos regulares de 33,33 metros para a construção do mapa hipsométrico. A declividade foi derivada com a ferramenta ‘*slope*’, adotando-se a classificação clinográfica da EMBRAPA (1979), conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Equação, variáveis e valores indicativos da declividade

Parâmetro	Equação	Variáveis	Valores indicativos
<i>D</i> <i>declividade</i> (EMBRAPA, 1979)	$D = \left(\frac{h}{dt}\right) \cdot 100$	<i>h</i> = amplitude altimétrica (m) <i>Dt</i> = distância horizontal (m)	D = 0% a 3% = Plano D = 3% a 8% = Suavemente ondulado D = 8% a 20% = Ondulado D = 20% a 45% = Fortemente ondulado D = 45% a 75% = Montanhoso D >75% = Escarpado

Fonte: EMBRAPA (1979).

As feições erosivas foram identificadas por interpretação visual de imagens do Google Earth Pro (cenas de 2024), complementada por verificação em campo e registros fotográficos. A densidade dessas feições foi estimada com a ferramenta ‘*Kernel Density*’ do ArcGIS Pro. Segundo Câmara e Carvalho (2002), a estimativa de densidade de *Kernel* é uma técnica estatística de análise espacial que permite identificar áreas com maior concentração de eventos, considerando um raio de influência. Neste estudo, foi adotado um raio de 1.000 metros e resolução espacial de 10 metros para interpolação e geração do mapa de densidade de feições erosivas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da interpretação visual de imagens do Google Earth Pro (cenas de 2024) e da verificação em campo, foram identificadas 48 feições erosivas, sendo elas: 26 erosões laminares, 14 trilhas de gado, 4 ravinas, 2 sulcos e 2 voçorocas (Figura 2).

Figura 2 - Fotografias dos principais processos erosivos identificados

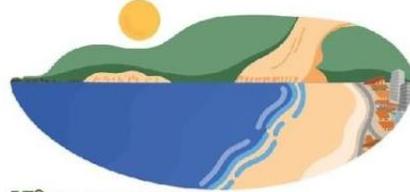


Fonte: autores (2025); Google Earth Pro (2025).

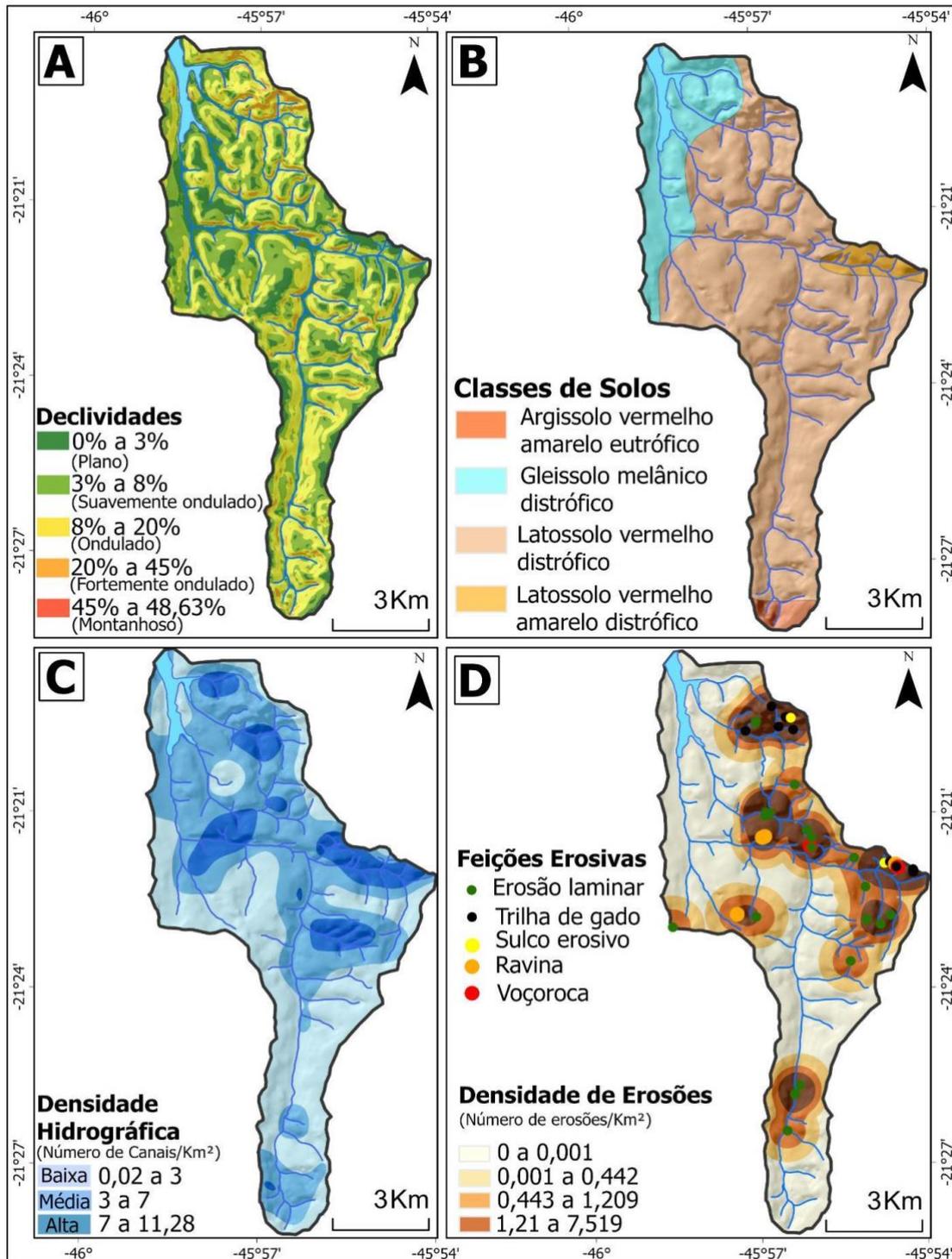
As erosões laminares, os sulcos, ravinas e voçorocas identificados concentram-se, predominantemente, em vertentes mais inclinadas com uso intensivo para pastagem. As trilhas de gado, comuns nesses setores, compactam o solo e estabelecem caminhos preferenciais para o escoamento superficial, acelerando os processos morfodinâmicos e favorecendo o desenvolvimento de feições lineares.

De modo geral, os processos erosivos se distribuem principalmente no setor central da bacia e ao longo do trecho médio do canal principal, em áreas caracterizadas pela presença de Latossolo Vermelho, uso predominante com pastagens, alta densidade hidrográfica e relevo ondulado (Figura 3). Essa concentração está relacionada à combinação de fatores morfopedológicos e antrópicos que elevam o grau de fragilidade ambiental (o qual pode ser estudado futuramente).

Figura 3: (A) Declividade; (B) Solos; (C) Densidade hidrográfica; (D) Densidade de erosões.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em regiões com maiores declividades, observa-se o predomínio da morfogênese, que intensifica o retrabalhamento dos materiais superficiais e os processos erosivos. Em áreas de relevo plano ou suavemente ondulado, prevalecem os processos pedogenéticos, que tendem a estabilizar a superfície, limitando a atuação da erosão.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concentração dos processos erosivos na bacia do Córrego Pedra Branca resulta da interação entre fatores naturais e antrópicos. Observou-se maior incidência de feições erosivas em áreas de relevo ondulado, sob Latossolos e com uso agropecuário intensivo, especialmente onde há alta densidade hidrográfica e ausência de práticas conservacionistas. Nessas condições, o pisoteio do gado compacta o solo e favorece o escoamento superficial, intensificando a erosão laminar e linear.

Em escala local, os impactos incluem a perda de fertilidade, redução da capacidade de infiltração e degradação da estrutura do solo. Em escala regional, contribuem para o aumento da carga sedimentar e o assoreamento do reservatório de Furnas, comprometendo sua funcionalidade, sobretudo em períodos de estiagem prolongada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio concedido por meio da Chamada 016/2024 - Participação Coletiva em Eventos Técnico-Científicos. Também agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento e suporte institucional.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, Igeog-USP, n. 18, p. 1-23, 1969.

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7ª Ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALVARENGA, S. H. et al. Sistema de Compartilhamento de Dados Geoespaciais: SisGEO. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 32, n. 69, 2022.

ALVARES, C. C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.



BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Superintendência Federal de Agricultura de Minas Gerais. **Estado da Arte das Pastagens em Minas Gerais**. Belo Horizonte: INAES, 2015.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S. Análise Espacial de Eventos. IN: CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

GOUDIE, A. **The human impact on the natural environment**. Oxford: Basil Blackwell Ltd, 1990, 388p.

GUERRA, A.J.T. O início do processo erosivo. In GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 11ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020, 340p.

IBGE. **Carta Topográfica de Alfenas, Folha SF-23-I-I-3**. Rio de Janeiro: IBGE, 1970. Escala 1: 50.000.

LENSE, G. H. E., et al. Modeling of Soil Loss by Water Erosion and Its Impacts on the Cantareira System, Brazil. **Water**, v.15, n.8, 1490, 2023.

POESEN, J. et al. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**, v. 50, p. 91–133, 2003.

RIBEIRO, A. et al. **Geologia e recursos minerais da folha Alfenas SF.23-V-D-I: escala 1:100.000**, estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro: CPRM e UFRJ, 2020.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, nº 8, p. 63-74, 1994.

SOUZA, P. H.; SANCHES, R. G.; SANTOS, B. C. Análise das chuvas no município de Alfenas/MG: índices climáticos e chuvas intensas na série histórica, 1984-2016. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, 2021.

UFV; CETEC-MG; UFLA; FEAM. **Mapa de solos do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. Escala 1:650.000.