1º HIDROGEOMINAS
SIMPÓSIO MINEIRO DE HIDROGEOMORFOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS
07 – 10 de setembro de 2026
Departamento de Geografia – UFMG
Belo Horizonte - MG

DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA EM ÁREAS HIDROLOGICAMENTE SENSÍVEIS DA APA DO RIO PANDEIROS (MG) ENTRE 1985 E 2024

Wallace Vinicius Martins Ruas [1]
Aldenice Barbosa Alves [2]
Georgyann Victoria Muniz Soares [3]
Lucas Augusto Pereira da Silva [4]
Carlos Henrique Jardim [5]

RESUMO

A expansão das atividades antrópicas próximas aos cursos hídricos tem intensificado pressões sobre ambientes sensíveis, especialmente em regiões do Cerrado. Nesse contexto, o presente estudo analisou a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra entre 1985 e 2024 nas áreas hidrologicamente sensíveis (AHS) da Área de Proteção Ambiental (APA) do rio Pandeiros, no norte de Minas Gerais. A metodologia baseou-se em técnicas de sensoriamento remoto e classificação supervisionada por meio do algoritmo *Random Forest*, utilizando imagens Landsat e variáveis espectrais e topográficas. As AHS foram delimitadas a partir de critérios geomorfológicos, com foco em planícies e terraços fluviais. Os resultados indicaram elevada acurácia das classificações e revelaram mudanças expressivas na paisagem, marcadas pela redução de formações naturais e expansão de atividades antrópicas, sobretudo pastagens. Embora tenham sido observados sinais recentes de recuperação em áreas úmidas e formações florestais, a tendência geral aponta para a intensificação do uso da terra. Essas transformações possuem implicações diretas sobre a dinâmica hidrológica da bacia, afetando processos como regulação de vazões e recarga hídrica. Conclui-se que, apesar da importância da APA na proteção ambiental, persistem desafios relacionados à gestão e ao controle das pressões antrópicas, reforçando a necessidade de estratégias mais eficazes para a conservação das AHS.

Palavras-chave: Hidrologia; Geomorfologia; Sensoriamento remoto; Unidade de conservação.

INTRODUÇÃO

A ocupação humana próxima aos cursos hídricos é histórica, estando relacionada à disponibilidade de recursos naturais essenciais para a sobrevivência. Esse padrão, associado à expansão de atividades antrópicas, como a agricultura, a urbanização e a expansão de pastagens, altera

[1] Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, wallaceruas25@gmail.com;
[2] Doutoranda do Curso de Ecologia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, aba@aluno.ifnmg.edu.br;
[3] Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, georgyannm@gmail.com;
[4] Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, lucas.augusto@servidor.uepb.edu.br;
[5] Professor orientador: Doutor, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, dxhenrique@gmail.com.

processos fundamentais como infiltração, escoamento superficial e recarga hídrica, refletindo diretamente sobre as vazões dos rios e a qualidade da água (RUAS *et al.*, 2025). É amplamente reconhecido que as transformações no uso e cobertura da terra (LULC, do inglês *Land use and Land Cover*) impactam a disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas, porém, os efeitos tendem a ser mais pronunciados em áreas de maior sensibilidade hidrológica, onde pequenas mudanças podem gerar respostas significativas nos fluxos hídricos (ASSIS *et al.*, 2025).

Nesse contexto, compreender como diferentes unidades da paisagem respondem às transformações antrópicas torna-se essencial. O conceito de áreas variáveis de afluência (AVA), proposto por Hewlett e Hibbert (1967), destaca a importância das zonas saturadas e hidrologicamente ativas na geração de escoamento. Esse entendimento serviu de base para o desenvolvimento de abordagens aplicadas, como o conceito de áreas hidrologicamente sensíveis (AHS) (WALTER *et al.*, 2000). As AHS são definidas como as áreas de uma bacia hidrográfica com maior propensão à geração de escoamento, maior conectividade hidrológica, e sujeitas a atingirem o estado de saturação do solo, possibilitando a delimitação das zonas críticas de manejo.

Nesse sentido, as unidades de conservação assumem um papel importante ao estabelecer diretrizes para a proteção de ambientes estratégicos do ponto de vista hidrológico, especialmente em regiões sujeitas a intensas transformações no LULC. A criação da Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APA do Rio Pandeiros) em 1995, configura-se como uma iniciativa crucial diante das pressões antrópicas, resguardando uma região que abriga uma das maiores concentrações de veredas do Cerrado, além do pântano do Pandeiros, conhecido como “pantanal mineiro” (SILVA, 2022). Esses ambientes desempenham funções essenciais na regulação hídrica, atuando na manutenção da vazão, na recarga de aquíferos e na conservação da qualidade da água.

Diante da importância desses ambientes, a literatura tem adotado diferentes recortes espaciais para análises voltadas a áreas hidrologicamente sensíveis, que incluem desde recortes institucionais, como as APPs, até unidades baseadas em condições hidrológicas e geomorfológicas (SIEFERT; DOS SANTOS, 2010; SIEFERT; DOS SANTOS, 2015). Estudos como os de De Oliveira, Guedes e Costa (2017) e Muraro, Pereira e Brum (2023) utilizam planícies aluviais e áreas de inundação como unidades de análise para discutir os riscos hidrológicos associados às mudanças no uso da terra ao longo do tempo. Esses trabalhos mostram que áreas próximas aos canais fluviais respondem mais rapidamente às intervenções antrópicas, o que reforça a escolha dessas unidades geomorfológicas como base para análise. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra entre 1985, 2000, 2010 e 2024 nas áreas hidrologicamente sensíveis no contexto da APA do Rio Pandeiros.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no Norte de Minas Gerais, entre os Municípios de Bonito de Minas, Januária e Cônego Marinho, entre as coordenadas 14º57'0" e 15º35'0 de latitude sul até 44º28'0" e 45º25'0" de longitude oeste, compreendendo a bacia hidrográfica do rio Pandeiros que totaliza por volta de 3.960 km² de extensão (fig. 1).

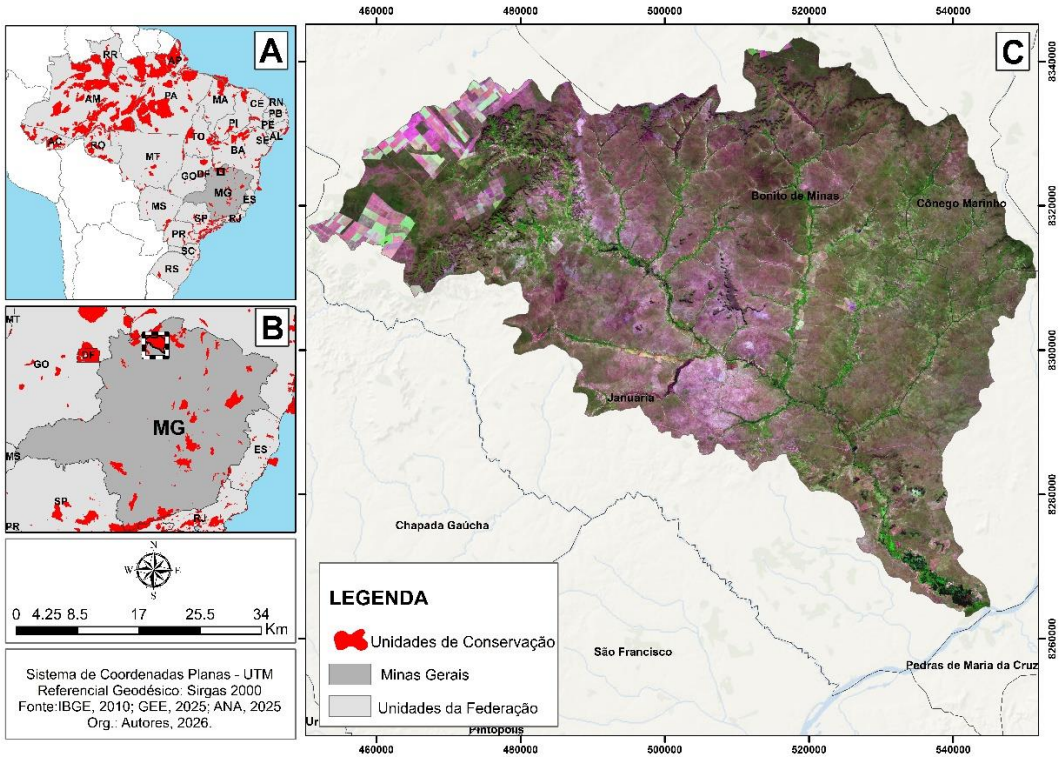


Figura 1: Mapa de localização da APA do rio Pandeiros. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2026).

O contexto geológico na região, é marcado principalmente pelo Cráton do São Francisco, e pelas rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Nos níveis superiores afloram os arenitos do Grupo Urucuia além da presença de coberturas lateríticas. Ao longo das planícies de inundação tem-se depósitos aluvionares, com sedimentos inconsolidados (COSTA *et al*., 2024). A bacia encontra-se inserida no clima semiúmido, possuindo duas estações bem definidas: Verão quente e chuvoso e inverno mais ameno e seco. A sazonalidade climática exerce um papel fundamental na região, moldando o relevo a partir da intensificação dos ciclos de intemperismo, escoamento superficial e dissecação. As formas de relevo são caracterizadas pela presença de superfícies de aplanamento em diferentes estágios de conservação e dissecação. Nas áreas a montante, o relevo atinge altitudes de até 847 metros, enquanto próximo à jusante a altitude chega a 432 metros (RUAS *et al*., 2025).

As fitofisionomias predominantes incluem cerrado stricto sensu, floresta estacional decidual, veredas e matas ciliares, representativas da diversidade estrutural do bioma Cerrado. Essas formações naturais contrastam com áreas convertidas para uso antrópico, especialmente pastagens e, mais recentemente, agricultura mecanizada, evidenciando a substituição da vegetação nativa e a intensificação do uso da terra (SILVA, 2022).

MATERIAIS E MÉTODOS

O mapeamento do LULC para a APA foi desenvolvido a partir de técnicas de sensoriamento remoto orbital associadas a algoritmos de aprendizado de máquina. A construção da série temporal baseou-se na utilização de imagens provenientes dos satélites Landsat 5, por meio do sensor (Thematic Mapper - TM), para os anos de 1985, 2000 e 2010, e do Landsat 9, equipado com o sensor (Operational Land Imager 2 - OLI-2), para o ano de 2024. Esses recortes temporais foram selecionados por representarem momentos-chave na área de estudo, antes e depois da criação da APA.

Com base nessas imagens, foram coletados pontos amostrais por meio de fotointerpretação, obtidas de forma independente para cada ano analisado. Para cada período, foram reunidas aproximadamente 5.000 amostras, distribuídas espacialmente e representativas das respostas espectrais típicas de cada classe de uso e cobertura da terra. A distribuição foi definida a partir da necessidade de uma amostragem estratificada, proporcional à área ocupada pelas classes e à sua complexidade espectral, garantindo o balanceamento do conjunto de dados e contribuindo para o desempenho do algoritmo *Random Forest* (RF) (MELICHAR *et al*., 2023). As classes consideradas foram: formação savânica, pastagem, formação florestal, agricultura, área úmida, área urbana, solo exposto, silvicultura, água e afloramento rochoso.

A classificação por meio de algoritmos de aprendizagem de máquina permitiu a incorporação de covariáveis espectrais e topográficas, possibilitando a discriminação das classes com base em seus atributos de reflectância e relação com a paisagem (BOLFE *et al*., 2023; MARTINS RUAS *et al*., 2025). Foram utilizadas bandas espectrais dos sensores Landsat 5 (B1–B5 e B7) e Landsat 9 (B2–B7), além de índices como NDVI, SAVI e EVI (vegetação), NDWI e MNDWI (umidade/água), NDBI (áreas construídas) e MDMI (solo). Também foram incorporadas variáveis topográficas derivadas do MDE, como altitude, declividade, curvatura, direção e largura de fluxo, profundidade de vale, orientação e índice topográfico de umidade (TWI).

Para reduzir ruídos temporais, foi calculada a mediana da coleção de imagens, gerando composições representativas das condições espectrais médias ao longo do ano, conforme Gorelick *et*

al. (2017). Também foram selecionadas apenas cenas com cobertura de nuvens inferior a 10%, visando minimizar interferências atmosféricas. Os dados foram obtidos via *Google Earth Engine* (GEE), com resolução espacial de 30 m. Antes da classificação, realizou-se a seleção de variáveis com o pacote *caret*, utilizando a função *findCorrelation* baseada na correlação de Pearson ($r \geq 0,90$) para remover variáveis altamente correlacionadas. Em seguida, a base foi organizada e dividida em conjuntos de treinamento (60%) e validação (40%) por meio da função *createDataPartition*.

As classificações supervisionadas foram realizadas com o algoritmo RF no ambiente RStudio. O método baseia-se na construção de múltiplas árvores de decisão a partir de subconjuntos aleatórios dos dados e das variáveis preditoras, utilizando amostragem *bootstrap*, com a classificação final definida por voto majoritário entre as árvores. Essa abordagem reduz o risco de sobreajuste e confere maior robustez e estabilidade ao modelo, sendo amplamente aplicada em análises espaço-temporais.

Diante da heterogeneidade dos padrões espectrais observados na área de estudo, a classificação foi estruturada de forma hierárquica. Inicialmente (nível 1), realizou-se a separação em três grandes classes (natural, antrópico e água), seguida de refinamentos sucessivos até o nível 5, permitindo maior detalhamento das categorias. Durante o treinamento, as variáveis mais relevantes foram identificadas por meio da função *varImp*. O desempenho do modelo foi avaliado com base em 40% das amostras independentes, utilizando os índices Kappa e Acurácia Global.

Se tratando de áreas hidrologicamente sensíveis, há uma grande dificuldade para se identificar e delimitar pois não existe consenso sobre qual a metodologia deve ser adotada para seu estabelecimento. Diversos métodos já foram utilizados no sentido de buscar a melhor maneira, tais como a delimitação a partir de características (p.ex. morfométricas) das bacias hidrográficas ou pela avaliação das práticas de uso e manejo utilizadas diretamente nas áreas geradoras de escoamento (LYON *et al*., 2006; QIU, 2014; SIEFERT; DOS SANTOS, 2015).

Desta forma, o presente trabalho considerou a primeira abordagem, adaptando a partir do mapeamento geomorfológico da área de estudo, seguida pela identificação das unidades correspondentes às planícies e terraços fluviais. A etapa foi realizada a partir da proposta metodológica descrita por Ross (1992), e Souza-Sena *et al*., (2013). Para isso, foi feito o download via GEE, do MDE com resolução espacial de 30 metros, da declividade e curvatura.

As variáveis derivadas foram normalizadas para 8 bits (0–255), garantindo padronização espacial e de resolução entre os dados. Em seguida, foi elaborada uma composição RGB (MDE–R, declividade–G e curvatura–B) no ambiente SIG, utilizando a ferramenta *Composite Bands*, o que permitiu maior realce das feições do relevo e melhor interpretação da imagem (SOUZA-SENA *et al.*, 2013). Dessa forma, o mapeamento foi realizado com base nessa composição, com apoio do

sombreamento (*hillshade*) e de dados geológicos e geomorfológicos da CPRM (2010). A delimitação ocorreu por vetorização em tela, a partir da interpretação de padrões de cores e texturas, auxiliada pela chave proposta por Souza-Sena *et al.* (2013).

Por fim, foi realizada uma etapa de verificação e validação em campo. Durante essa etapa, foi visitado pontos estratégicos, previamente definidos por imagens de satélite. Foram selecionados pontos próximos a drenagem em diferentes contextos estruturais, além de áreas de contato entre diferentes classes de LULC. Ademais, também foram observadas áreas que geraram dúvidas nos mapeamentos, para uma eventual futura correção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação do LULC apresentou elevado desempenho em todos os anos analisados, e a abordagem hierárquica contribuiu para reduzir ambiguidades entre classes espectralmente semelhantes. A acurácia global variou entre 99,05% e 100%, com coeficiente Kappa entre 0,9712 e 1, indicando excelente confiabilidade na distinção das classes. Valores extremamente elevados como esses podem sugerir possível *overfitting*. No entanto, isso é menos provável neste estudo, uma vez que tais valores ocorreram principalmente nos níveis iniciais da classificação, especialmente na separação entre água, áreas antrópicas e áreas naturais, onde a distinção foi facilitada pelas covariáveis espectrais. Os erros de omissão e comissão foram baixos, evidenciando mínima confusão entre classes e as variáveis mais importantes incluíram índices espectrais, como NDVI, MNDWI e NDWI, além de bandas no SWIR.

A partir da metodologia proposta, foi delimitada a AHS da APA do Rio Pandeiros, composta por planícies e terraços fluviais, caracterizados pela presença de sedimentos aluvionares e detríticos indiferenciados, totalizando 416,31 km². No contexto hidrológico, essas áreas desempenham funções relacionadas à regulação do escoamento em microbacias, ao aumento da capacidade de armazenamento hídrico e à manutenção da qualidade da água, além de promoverem a estabilidade das margens dos rios e o equilíbrio térmico da água (ATTANASIO *et al.*, 2012).

A análise da dinâmica do LULC na APA entre 1985 e 2024 revelou transformações significativas na configuração da paisagem, caracterizadas, de modo geral, pela redução das formações naturais e pela expansão das atividades antrópicas (fig 2a). A classe água apresentou variações ao longo do período, porém sem tendência definida, possivelmente associadas à dinâmica sazonal das áreas alagáveis do baixo curso do rio Pandeiros. As áreas úmidas, representadas principalmente pelas veredas e pelo pântano no baixo curso, apresentaram redução entre 1985 e 2010,

seguida por uma recuperação, ocupando 16.79% do recorte em 2024. Essa retomada pode refletir processos de regeneração ambiental ou a efeitos de medidas de conservação implementadas a partir dos anos 2000.

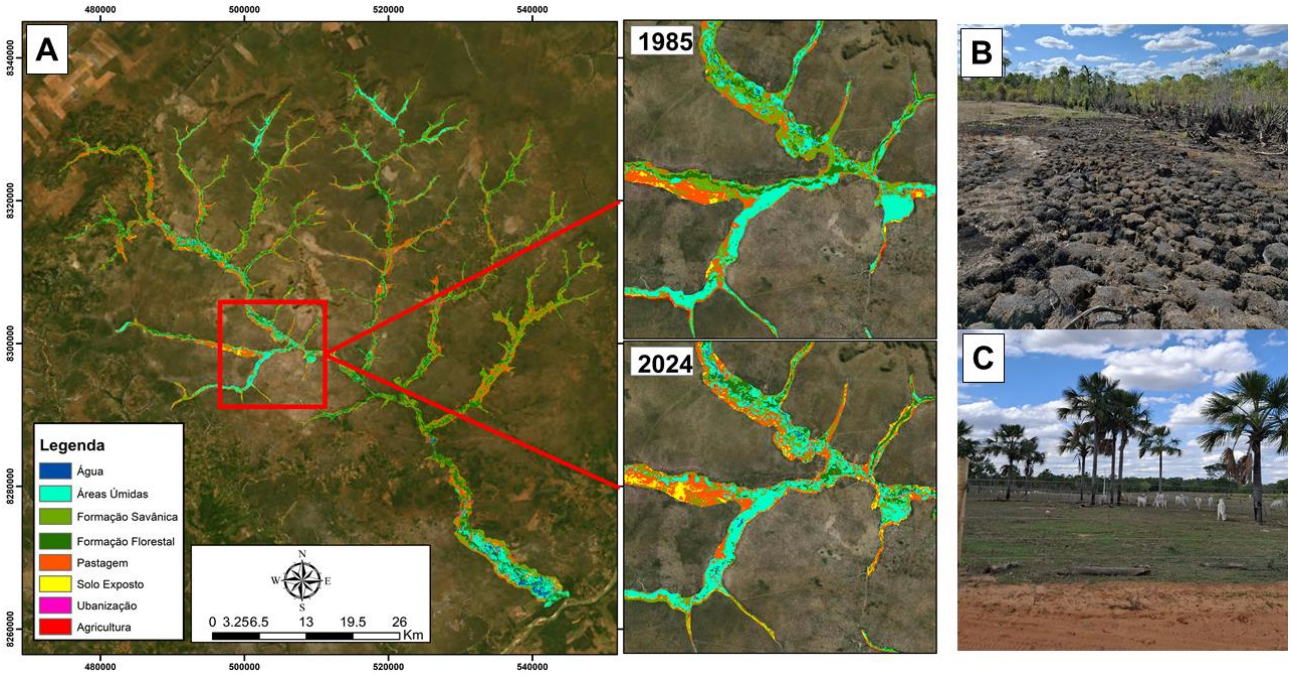


Figura 2: A) Mapa das áreas hidrologicamente sensíveis e recortes do uso da terra de 1985 e 2024. B) Área úmida afetada por incêndio. C) Transformação de área úmida em pastagem.
Fonte: Os autores (2026).

A formação savânica constituiu a classe dominante ao longo de toda a série temporal, apresentando expansão entre 1985 e 2000 e posterior redução contínua, totalizando uma perda de aproximadamente 13% até 2024. Esse comportamento pode refletir uma fase inicial de regeneração, possivelmente associada à criação da unidade de conservação na década de 1990, considerando a elevada capacidade regenerativa do Cerrado. No entanto, limitações na fiscalização e na gestão da unidade podem ter favorecido a expansão de usos antrópicos ao longo do tempo.

A formação florestal manteve-se relativamente estável até 2010, seguida por um incremento de aproximadamente 5% no período seguinte. Esse padrão pode estar associado a processos de regeneração secundária, considerando que formações florestais, compostas por espécies de maior porte e ciclos mais longos, apresentam recuperação mais lenta. Esse comportamento também pode estar relacionado em parte, com os efeitos da implementação da APA, especialmente no que se refere à proteção de áreas mais sensíveis. Assim como observado para as áreas úmidas, a vegetação florestal está frequentemente associada a ambientes ripários, como matas ciliares, desempenhando papel fundamental na manutenção dos processos hidrológicos e na estabilidade ambiental dessas áreas.

A pastagem foi a principal classe antrópica em todos os períodos analisados, apresentando expansão entre 1985 e 2010, seguida por uma leve retração no intervalo posterior, ocupando 22,64% das AHS em 2024 (tab. 2). Sua ampla distribuição levanta preocupações relevantes quanto à integridade e ao funcionamento dessas áreas sensíveis, uma vez que a atividade pecuária está associada a pressões como queimadas, desmatamento e pisoteio do gado, especialmente em ambientes frágeis como as veredas (fig 2a, b).

Tabela 2: Distribuição dos usos e coberturas da terra na área de estudo.

Classe	1985 (Km²)	1985 (%)	2000 (Km²)	2000 (%)	2010 (Km²)	2010 (%)	2024 (Km²)	2024 (%)
Água	4.84	1.16	5.46	1.31	7.22	1.74	6.21	1.49
Áreas Úmidas	79.31	19.08	64.34	15.48	48	11.55	69.78	16.79
Formação Savânica	172.52	41.51	184.6	44.41	163.21	39.27	129.41	31.14
Formação Florestal	80.46	19.36	77.19	18.57	82.66	19.89	102.72	24.71
Pastagem	69.43	16.71	78.93	18.99	105.82	25.46	94.09	22.64
Solo Exposto	5.72	1.38	4.5	1.08	7.01	1.69	10.43	2.51
Urbanização	0.01	0	0.15	0.04	0.17	0.04	0.56	0.13
Silvicultura	3.24	0.78	0	0	0.08	0.02	0	0
Agricultura	0	0	0.5	0.12	1.44	0.35	2.43	0.58

Fonte: Os autores (2026)

A agricultura e a urbanização, embora pouco representativas espacialmente, com menos de 1% cada, apresentaram crescimento contínuo ao longo da série temporal, indicando um processo de intensificação do uso da terra. Apesar da baixa proporção, essas classes exercem impactos significativos sobre o equilíbrio hidrológico, como exemplificado pela expansão urbana no município de Bonito de Minas, nas proximidades do córrego Borrachado. O aumento da classe de solo exposto entre 2000 e 2024 também se destaca, podendo estar relacionado tanto à expansão de atividades agrícolas quanto à degradação de áreas de pastagem. Esse padrão pode ser interpretado como um indicativo de intensificação do uso da terra, ocorrência de processos erosivos e assoreamento de cursos hídricos, como foi verificado em campo.

As dinâmicas observadas sugerem que, embora a criação da APA tenha contribuído para a recuperação de formações naturais, persiste uma tendência de expansão de atividades antrópicas, especialmente associadas às pastagens. Esse cenário evidencia a importância da manutenção da integridade desse sistema, que desempenha papel fundamental na conectividade hidrológica da paisagem e dos corpos hídricos (SIEFERT; DOS SANTOS, 2010). Atividades inadequadas nessas áreas podem resultar em alterações no equilíbrio dos processos naturais, com potenciais impactos sobre a dinâmica hidrológica na bacia do rio Pandeiros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da dinâmica de uso e cobertura da terra evidenciou os desafios associados à conservação na APA do rio Pandeiros, especialmente em função da presença de vilas e de uma cidade em seu interior. O auge das classes vegetacionais em diferentes períodos, pode estar relacionado à criação da unidade de conservação em 1995, bem como aos diferentes tempos necessários para os processos de regeneração e recuperação da vegetação. No entanto, as limitações na gestão e fiscalização de áreas protegidas com ocupação humana contribuem para explicar o declínio observado em períodos seguintes, especialmente na formação savânica.

Embora tenham sido identificados sinais de recuperação em classes como áreas úmidas e formações florestais em períodos mais recentes, a tendência geral ainda indica a intensificação do uso da terra e o aumento da pressão sobre esses ambientes. Essas mudanças possuem implicações diretas sobre a dinâmica hidrológica da bacia, uma vez que desempenham papel fundamental na regulação das vazões e na manutenção da conectividade da paisagem. Nesse contexto, a conservação das AHS mostra-se essencial para a sustentabilidade e funcionamento ambiental da bacia do rio Pandeiros.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro, através da bolsa de mestrado concedida.

REFERÊNCIAS

ASSIS, P. C.; SILVA, A. P. M.; FARIA, K. M. S. D.; BAYER, M. Implicações das transformações no uso e cobertura da terra na gestão hídrica da bacia hidrográfica do rio Araguaia. **Revista Geotemas**, v. 15, p. 01-25, 2025.

ATTANASIO, C. M.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; VENEZIANI-JUNIOR, J. C. T.; LIMA, W. D. P. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p. 493-501, 2012.

BOLFE, E. L.; PERREIRAS, T. C.; SILVA, L. A. P. D.; SANO, E. E.; BETTIOL, G. M.; VICTORIA, D. D. C.; SANCHES, I. D.; VICENTE, L. E. Mapping agricultural intensification in the Brazilian savanna: A machine learning approach using harmonized data from Landsat Sentinel-2. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 12, n. 7, p. 263, 2023.

COSTA, L. R. F. D.; SENA SOUZA, J. P., BAGGIO FILHO, H., CAVALCANTI, J. A. D.; LEITE, M. R. Geomorfologia da Mesorregião Norte de Minas Gerais –Brasil. **Revista Da Angepe**, v. 19, n. 40, 2024.

DE OLIVEIRA, A. M.; GUEDES, J. C. F.; COSTA, D. F. D. S. Usos e ocupações da terra na planície de inundação do baixo curso do rio Piancó-Piranhas-Açu (RN). **Os Desafios Da Geografia Física Na Fronteira Do Conhecimento**, v. 1, p. 3917-3927, 2017.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

HEWLETT, J. D.; HIBBERT, A. R. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. International Symposium of Forest Hydrology. **Oxford: Pergamon Press**, p. 275-290, 1967.

LYON, S. W.; MCHALE, M. R.; TODD-WALTER, M., STEENHUIS, T. S. The impact of runoff generation mechanisms on the location of critical source areas 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 42, n. 3, p. 793-804, 2006.

RUAS, W. V. M.; SILVA, L. A. P. D.; DURÃES, N. V. S.; BORGES, M. B.; SOUZA, C. M. P.; ALVES, A. B.; LEITE, M. E. Uso e Cobertura da terra em Áreas de Preservação Permanente – Montes Claros, Norte do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 18, n. 4, p. 3101–3113, 2025.

MELICHAR, M.; DIDAN, K.; BARRETO-MUÑOZ, A.; DUBERSTEIN, J. N.; HERNÁNDEZ, E. J.; CRIMMINS, T.; LI, H.; TRAPHAGEN, M.; THOMAS, K. A.; NAGLER, P. L. Random forest classification of multitemporal Landsat 8 spectral data and phenology metrics for land cover mapping in the Sonoran and Mojave deserts. **Remote Sensing**, v. 15, n. 5, p. 1266, 2023.

Muraro, L. E. O.; Pereira, S. Y.; Brum, P. R. Uso e ocupação da terra na planície aluvial do Rio Atibaia, Campinas, SP. **Terræ Didatica**, v. 19, p. 1-13, 2023.

QIU, Z.; HALL, C.; DREWES, D.; MESSINGER, G.; PRATO, T.; HALE, K.; VAN-ABS, D. Hydrologically sensitive areas, land use controls, and protection of healthy watersheds. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 140, n. 7, p. 04014011, 2014.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do departamento de Geografia**, v. 6, p. 17-29, 1992

RUAS, W. V. M.; BORGES, M. G.; ALMEIDA, M. I. S. D.; LEITE, M. E. Caracterização das vazões e condicionantes fisiográficas da Bacia hidrográfica do rio Pandeiros (MG). **Revista Geoaraguaia**, v. 15, n. 1, p. 1-25, 2025.

SIEFERT, C. A. C.; DOS SANTOS, I. Áreas hidrologicamente sensíveis: teoria e aplicação para a bacia do rio Barigui, PR, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 2, p. 61-76, 2010.

SIEFERT, C. A. C.; SANTOS, I. D. Identificação de áreas hidrologicamente sensíveis por meio de modelagem hidrológica e da distribuição espacial de solos e vegetação em ambientes hidromórficos. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 1, p. 141-155, 2015.

SILVA, Nayara Lage. *Mudanças do uso e cobertura da terra e avaliação do potencial de impactos na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros-MG*. 2022. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

SOUZA-SENA, J. P.; MARTINS, E. D. S.; COUTO-JÚNIOR, A. F.; BRAGA, A. R. D. S.; VASCONCELOS, V.; GOMES, M. P; CARVALHO-JÚNIOR, O. A.; REIS, A. M. Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, escala 1: 100.000. **Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento**, 2013.

WALTER, M. T.; WALTER M. F.; BROOKS E. S.; STEENHUIS T. S.; BOLL, J.; WEILER, K. R. Hydrologically sensitive areas: variable source area hydrology implications for water quality risk assessment. **Journal of Soil Water Conservation**, v. 55, p. 277-284, 2000.