

MONITORAMENTO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUARDA-MOR, RIO GRANDE DO SUL, ENTRE OS ANOS DE 2019 E 2023: INTEGRAÇÃO DE PRODUTOS SENTINEL-2 E MAPBIOMAS UTILIZANDO GOOGLE EARTH ENGINE

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.16.25.VI-006>

Thales Augusto Ulrich (*), Gabriela Lançanova Santiago, Luciano Marquetto, Pedro Daniel da Cunha Kemerich, Jean Paolo Gomes Minella

* Grupo de Pesquisa em Monitoramento e Planejamento Ambiental @GPMOPA – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - pedro.kemerich@ufsm.br

RESUMO

A bacia hidrográfica é compreendida como um sistema natural integrado, no qual elementos físicos e antrópicos interagem dinamicamente (Christofoletti, 1980). Também pode ser vista como um sistema vivo, resultante das tensões entre sociedade e natureza (Bertrand, 2004). Para Ross e Prette (1998), constitui unidade fundamental para planejamento e gestão ambiental. Assim, a análise do uso e ocupação da terra nessas unidades é essencial para compreender dinâmicas socioambientais e apoiar a gestão sustentável dos recursos. A Bacia do Rio Guarda-Mor, localizada no Alto Jacuí (RS), destaca-se por sua geologia de transição, relevo acidentado e uso agrícola intensivo. Essas características tornam-na estratégica para estudos temporais sobre uso da terra, com potencial de aplicação em outras bacias semelhantes no Rebordo do Planalto. O presente estudo objetiva analisar a evolução do uso e ocupação da terra entre 2019 e 2023, a partir de imagens Sentinel-2, processadas no Google Earth Engine, validadas e comparadas com dados do Projeto MapBiomas (2023). A pesquisa foi conduzida no Google Earth Engine (GEE), utilizando imagens Sentinel-2 (COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED) filtradas entre julho e outubro, com até 10% de nuvens, e processadas para gerar mosaicos anuais com índices NDVI e MNDWI. A área de estudo foi delimitada por shapefile da Bacia do Rio Guarda-Mor, e a classificação multitemporal foi realizada pelo algoritmo CART, treinado em quatro classes (Água, Agricultura, Floresta e Vegetação Arbustiva), com divisão 70/30 para treino e validação. Acurácia Geral, Índice Kappa e matriz de confusão foram calculados para avaliar o desempenho. Os resultados foram comparados aos dados do MapBiomas (Coleção 9), considerando diferenças de resolução (10 m vs. 30 m). Os mapas finais foram exportados em formato GeoTIFF e analisados em SIG.

PALAVRAS-CHAVE: Mapbiomas, multitemporal, geoprocessamento, Guarda-Mor.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica, segundo Christofoletti (1980), é um sistema natural integrado, onde os elementos físico-naturais e antrópicos coexistem em interação dinâmica. É também um sistema vivo, resultado das conexões e tensões entre sociedade e natureza (Bertrand, 2004). Ross e Prette (1998) defendem ainda que as bacias são unidades fundamentais para planejamento e gestão ambiental. Dessa forma, a análise do uso e ocupação da terra nestas unidades territoriais constitui uma ferramenta essencial para a compreensão das dinâmicas socioambientais e para a gestão sustentável dos recursos naturais.

Nesse contexto, a Bacia hidrográfica do Rio Guarda-Mor, situada na Unidade de Planejamento Hídrico do Alto Jacuí, Rio Grande do Sul, destaca-se por características específicas. Sua geologia de transição, o relevo acidentado e o uso agrícola intensivo tornam-na um território estratégico para a análise temporal do uso da terra, sendo os resultados desta passíveis de utilização em outras bacias hidrográficas com características semelhantes existentes no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar a evolução do uso e ocupação da terra na Bacia do Rio Guarda-Mor entre 2019 e 2023, utilizando imagens do satélite Sentinel-2, classificadas na plataforma Google Earth Engine (GEE), com posterior validação e comparação com dados do Projeto MapBiomas (Projeto MapBiomas, 2023).

A compreensão das mudanças no uso da terra em uma bacia hidrográfica permite identificar não apenas os processos de substituição de cobertura vegetal por atividades agropecuárias, mas também avaliar os impactos cumulativos sobre os recursos hídricos e a biodiversidade. Esse tipo de estudo fornece subsídios fundamentais para a tomada de decisão em políticas públicas de ordenamento territorial, gestão de recursos hídricos e conservação ambiental.

Além disso, a adoção de metodologias baseadas em sensoriamento remoto e em plataformas computacionais como o Google Earth Engine amplia as possibilidades de análise temporal e espacial, garantindo maior precisão e eficiência no processamento dos dados. A integração com bases de referência nacionais, como o Projeto MapBiomas, fortalece a robustez das análises, ao permitir a comparação entre diferentes escalas de mapeamento e a avaliação da consistência dos resultados obtidos.

Assim, espera-se que os resultados da análise da Bacia do Rio Guarda-Mor contribuam não apenas para o entendimento das dinâmicas locais, mas também sirvam como modelo de aplicação em outras áreas do Rebordo do Planalto. Dessa maneira, o estudo reforça a relevância de pesquisas voltadas à sustentabilidade socioambiental em territórios marcados pela intensificação agrícola e por condições naturais que demandam atenção especial quanto à conservação e ao manejo adequado dos recursos naturais.

OBJETIVOS

- Monitorar a resiliência da vegetação na Bacia Hidrográfica do Arroio Guarda-Mor em função das mudanças climáticas.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida inteiramente na plataforma GEE, adotando um fluxo de trabalho computacional (figura 1) que incluiu: (1) definição de parâmetros; (2) pré-processamento de imagens; (3) treinamento e validação do classificador; (4) classificação multitemporal; e (5) exportação de resultados.

A área de estudo foi delimitada por um shapefile da Bacia do Rio Guarda-Mor, servindo como máscara para as operações espaciais. As imagens utilizadas foram do Sentinel-2 (coleção COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED), tendo sido aplicado um filtro temporal para selecionar imagens dos meses de julho a outubro, período que tende a apresentar menor cobertura de nuvens na região, seguido de um filtro para descartar imagens com mais de 10% de cobertura de nuvens. Após normalização da reflectância para valores entre 0 e 1, foram calculados os índices NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada) e MNDWI (índice de água por diferença normalizada modificado), visando ampliar a distinção espectral entre as classes. Por último, foram compostos mosaicos anuais com redutor de mediana, visando remover ruídos residuais (ex.: nuvens e sombras).

O processo de classificação do uso e ocupação da terra foi realizado com o algoritmo CART (*Classification and Regression Trees*), treinado com amostras coletadas sobre quatro classes: Água, Agricultura, Floresta e Vegetação Arbustiva. A divisão dos dados foi feita em 70% para treinamento e 30% para validação, sendo que o classificador foi treinado uma única vez, utilizando os valores de pixel extraídos do mosaico de referência de 2023. A matriz de confusão, a Acurácia Geral e o Índice Kappa do classificador foram calculados na sequência.

As imagens do MapBiomass (Coleção 9) foram então recortadas para a área da bacia, permitindo uma análise comparativa entre os mapas de classificação gerados pelo código elaborado pelos autores e utilizando imagens Sentinel-2 (resolução de 10 m) e os mapas do MapBiomass (resolução de 30 m). Os resultados foram exportados em formato GeoTIFF e analisados em software SIG. Os passos utilizados para o desenvolvimento metodológico estão apresentados na Figura 1.

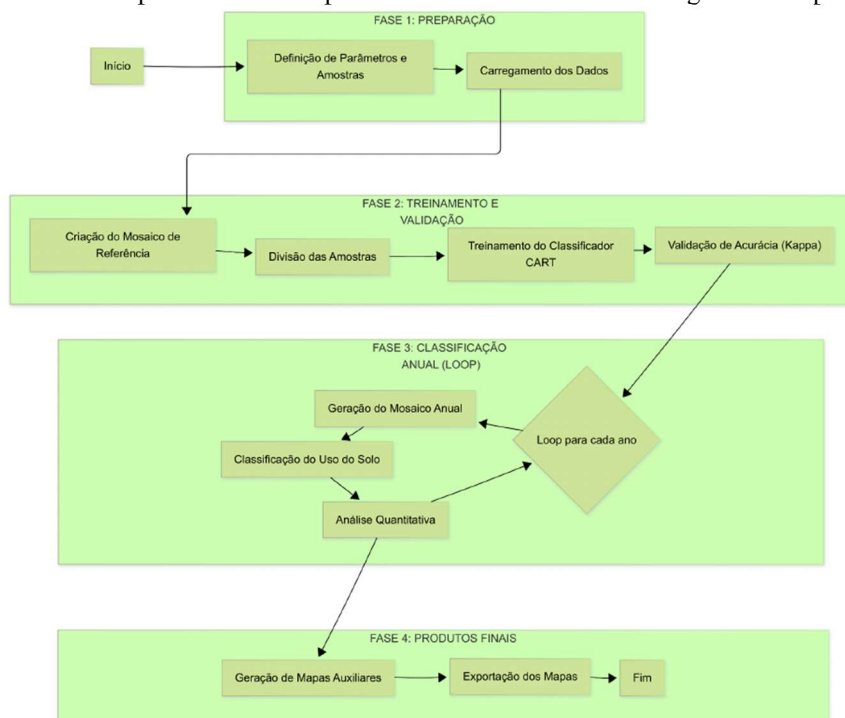


Figura 1 – Metodologia utilizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Acurácia Geral e o Índice Kappa do modelo foram, respectivamente, de 90,31% e 0,84, indicando um grau de concordância classificado como substancial entre os dados classificados e as amostras de validação e conferindo um alto grau de confiança estatística aos resultados apresentados.

Durante o período analisado, duas das quatro classes predominaram: Floresta e Agricultura, somando consistentemente mais de 80% da área da bacia (4389,52 ha). De 2019 a 2022, houve aumento da agricultura, passando de 38,40% (1685,79 ha) para 42,99% (1886,95 ha), à custa da redução da vegetação arbustiva. A classe Floresta manteve-se estável nesse intervalo. Contudo, em 2023, observou-se uma reversão expressiva: a Agricultura recuou para 37,81% (1659,69 ha), e a Floresta expandiu-se para 47,02% (2063,91 ha) (Figura 2).

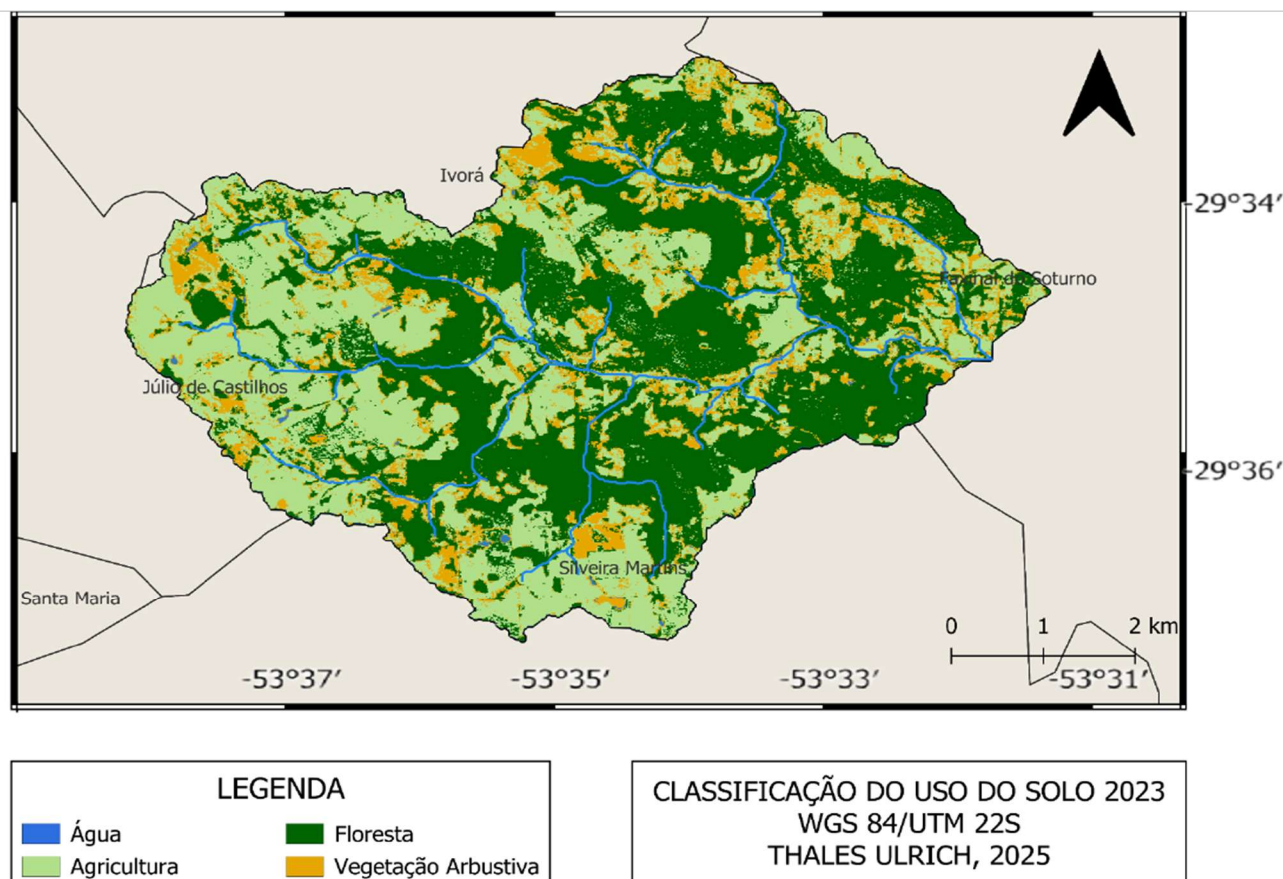


Figura 2 - Classificação do uso da terra em 2023 utilizando o algoritmo CART

A fase de análise entre 2019 e 2022 evidencia um processo de intensificação do uso da terra, e pode ser vista como expressão da fragilidade ambiental da bacia (Ross, 1994), onde o uso antrópico intensifica processos de degradação do solo. A inversão observada em 2023 (aumento da “Floresta”), no entanto, pode ser atribuída a diferentes fatores.

A primeira hipótese é a ocorrência de um processo de sucessão ecológica, onde áreas de agricultura abandonadas ou de vegetação arbustiva atingiram um estágio de regeneração que as tornou espectralmente classificáveis como floresta - efeito este causado pela série de eventos climáticos extremos que assolaram o estado do Rio Grande do Sul em 2023, que, embora não tão extremos quanto os de 2024, causaram enchentes e danos generalizados, particularmente no setor agrícola, forçando muitas áreas agricultáveis a serem temporariamente ou permanentemente abandonadas.

A segunda hipótese é um possível erro de classificação do algoritmo, que pode ter classificado as lavouras abandonadas que foram rapidamente cobertas por uma vegetação pioneira densa e uniforme (ervas daninhas e gramíneas), como florestas, devido à sua semelhança espectral.

Os resultados obtidos nesta etapa foram então comparados com os produtos do MapBiomass, e demonstraram tanto convergências quanto divergências, que destacam as particularidades de cada abordagem (Figura 3). Ambos os mapeamentos concordam sobre a predominância das classes Floresta e Agricultura, com valores consistentemente ultrapassando 80% da área total da bacia para todos os anos analisados, validando a caracterização da paisagem. A classe “Floresta” também apresentou valores similares: entre 40% e 47% neste estudo, e aproximadamente 46% no MapBiomass.

A maior resolução do Sentinel-2 (10 m) contribuiu para uma representação mais detalhada das feições menores, como bordas e corpos d'água.

A principal diferença entre os dois modelos, no entanto, reside na classificação agrícola: enquanto este estudo agrupou todas as lavouras como "Agricultura", o MapBiomas detalhou subclasses como Soja (Classe 39) e Mosaico de Agricultura e Pastagem (Classe 21). Entende-se que, em conjunto, os dois produtos são complementares: o MapBiomas contribui com detalhamento temático, enquanto a classificação local oferece maior precisão espacial. Essa integração proporciona um diagnóstico mais completo da dinâmica da paisagem da bacia.

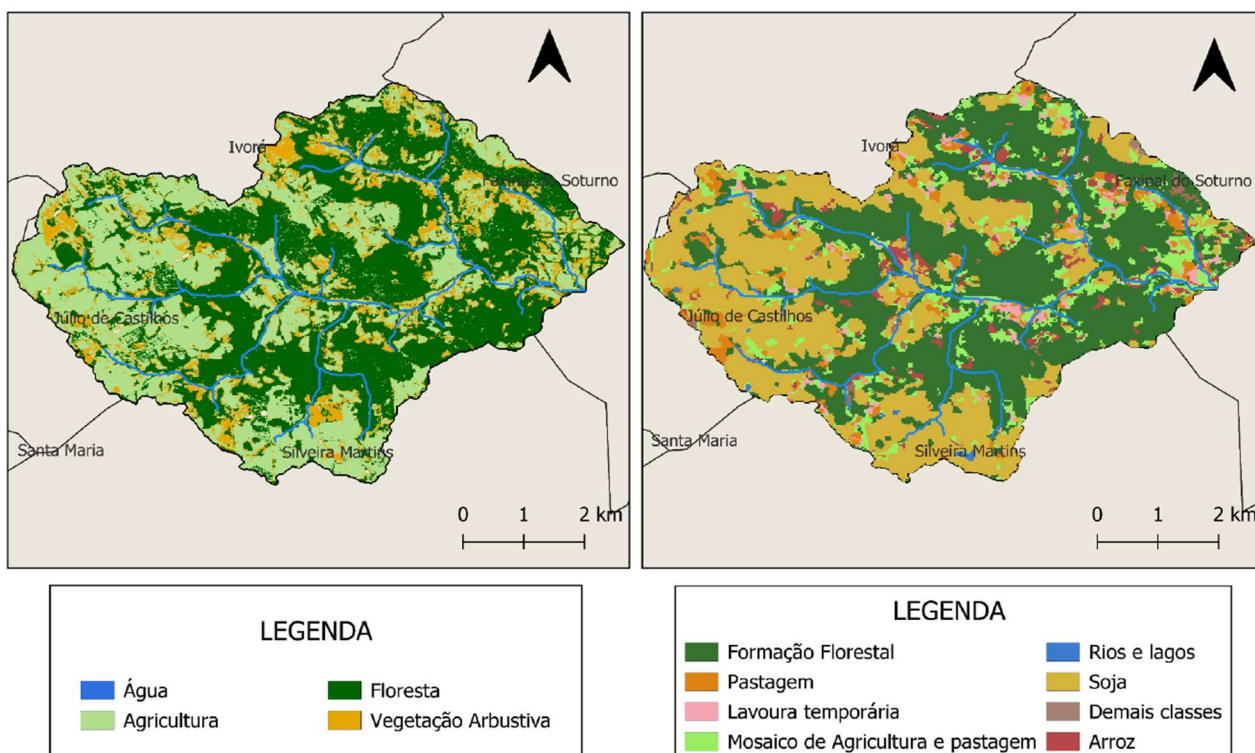


Figura 3 - Comparação entre o mapa gerado pelo algoritmo CART (esquerda) e Mapbiomas (direita) para o ano de 2023.

CONCLUSÃO

O estudo temporal da Bacia do Rio Guarda-Mor entre 2019 e 2023 revelou transformações significativas no uso da terra em dois momentos distintos, com destaque para a oscilação entre expansão agrícola e possível regeneração florestal. De 2019 a 2022 os resultados obtidos neste trabalho sugerem que a bacia exibiu um padrão de intensificação do uso agrícola, enquanto que em 2023 houve a redução de mais de 200 hectares na classe 'Agricultura' e um aumento expressivo na cobertura classificada como 'Floresta' e 'Vegetação Arbustiva', alteração essa que pode ser interpretada tanto como a regeneração de áreas agrícolas em retorno à sua condição natural, quanto como um possível erro de classificação do algoritmo CART. Ainda assim, a abordagem metodológica demonstrou índice Kappa de 0,84 e acurácia geral de 90,31%. Os resultados indicam que a paisagem da bacia é dinâmica, reagindo tanto às pressões da atividade agrícola quanto aos distúrbios climáticos, como as inundações de 2023. O uso combinado das classificações locais e do MapBiomas mostrou-se eficaz, reunindo precisão espacial e riqueza temática. Dessa forma, o presente trabalho fornece subsídios atualizados e de alta resolução que podem apoiar ações de monitoramento contínuo quanto planejamento ambiental estratégico por parte de órgãos gestores, como o Comitê de Bacia do Alto Jacuí.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERTRAND, G. Paisagem e Geografia física global: esboço metodológico. RA'E GA: O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.
2. CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Editora Blucher, 1980.
3. PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil. 2023. Disponível em: [<https://brasil.mapbiomas.org/>].

-
4. ROSS, J. L. S.; PRETTE, M. E. Recursos hídricos e bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. Revista do Departamento de Geografia, n. 12, p. 89-121, 1998.
 5. ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, n. 8, p. 63-74, 1994.