

Uma breve análise sobre a espacialização de áreas urbanizadas, na Bacia do Alto Paraguai (BAP), no ano de 2019

Natália de Souza Santos
João Paulo da Silva
Marcos de Castro Santos Junior
Jean Victor Barrozo Chaves
Eduardo Antonio Speranza
João dos Santos Vila da Silva

Embrapa Agricultura Digital - CNPTIA
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
{natalia.santos, joao-paulo.silva, marcos.junior, jean.chaves}@colaborador.embrapa.br
{eduardo.speranza, joao.vila}@embrapa.br

Resumo. O estudo do crescimento urbano possibilita a identificação e a análise de tendências quanto à expansão preferencial da mancha urbana. Essas informações auxiliam na definição de estratégias de planejamento para atender aos aspectos sociais, econômicos e ambientais. Este estudo tem por objetivo realizar uma descrição analítica do mapeamento da área urbanizada realizado pelo projeto MapBiomias nos municípios da Bacia do Alto Paraguai, referente ao ano de 2019, relacionando com o mapeamento de referência gerado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Nos métodos, foi realizada a quantificação das áreas urbanas mapeadas pelo projeto MapBiomias e uma análise das conformidades e discrepâncias dos fragmentos urbanizados de ambos os inventários, em 2019 na Bacia do Alto Paraguai. Tendo como base o processo de reclassificação das imagens Sentinel, com resolução espacial de 10m. Os resultados apontam que ambos os mapeamentos apresentam uma acurácia de 86%. Outro resultado importante desse levantamento de dados, dentro dos 93 municípios que fazem parte da Bacia do Paraguai, 64 municípios possuem menos de 500ha de área urbanizada, enquanto 29 municípios apresentam mais de 500ha de áreas urbanizadas.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, área urbanizada e fragmentos urbanos.

Abstract. The study of urban growth allows us to identify and analyze trends regarding the preferential expansion of urban areas. This information helps define planning strategies to address social, economic, and environmental aspects. This study aims to provide an analytical description of the mapping of urban areas carried out by the MapBiomias project in the municipalities of the Upper Paraguay Basin, for the year 2019, relating it to the reference mapping generated by the Brazilian Institute of Geography and Statistics. The methods used included the quantification of urban areas mapped by the MapBiomias project and an analysis of the conformities and discrepancies of the urbanized fragments of both inventories in 2019 in the Upper Paraguay Basin. Based on the process of reclassifying Sentinel images, with a spatial resolution of 10m, the results indicate that both mappings have an accuracy of 86%. Another important result of this data survey is that of the 93 municipalities that are part of the Paraguay Basin, 64 municipalities have less than 500ha of urbanized area, while 29 municipalities have more than 500ha of urbanized area.

Key-words: watershed, urbanized area and urban fragments.

1. Introdução

A expansão urbana é um fenômeno humano natural que ocorre ao longo do tempo, “pois espontaneamente atrai pessoas de diversos lugares e regiões, sendo acelerado o adensamento populacional, de acordo com características empreendedoras de cada município e/ou necessidades específicas” (Vendramini et al., 2016).

Na maioria das cidades, o ampliamiento urbano ocorre sem planejamento prévio, o que acarreta a degradação do meio ambiente devido às ações humanas exageradas neste processo. Espaços inapropriados são ocupados de forma irregular como, por exemplo, o estabelecimento em margens de rios, que ocorrendo a supressão da vegetação que ajuda a reter a água dos rios em épocas de alagamento. A expansão desordenada também traz problemas para o meio urbano, como, as ilhas de calor e a poluição do ar, ambos com impactos na saúde da população (MMA, 2021).

Conhecer e monitorar a dinâmica da evolução das áreas urbanas é uma tarefa trabalhosa operacionalmente e financeiramente para ser executada em escala de campo com abrangência espacial e temporal. Dessa forma, a perspectiva de utilizar imagens de satélite para monitoramento de áreas urbanas tem sido promissora, mas também demanda a aplicação de técnicas e metodologias para facilitar o processamento e a extração de informações úteis a respeito dessas áreas. Nesse contexto, a detecção de áreas urbanas e suas características empregam técnicas baseadas em algoritmos e modelos de mineração de dados para executar esta tarefa (Arif et al., 2023; Khusni et al., 2020; Shafique et al., 2022).

No Brasil, a iniciativa promovida pelo projeto MapBiomias (MapBiomias, 2022) tem o objetivo de mapear, entre outras classes, as áreas urbanizadas a partir de algoritmos de classificação supervisionada. Além desta, e seguindo uma metodologia própria, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) também se dispõe a mapear as áreas urbanizadas do Brasil, classificando os arranjos e estruturas em tipologia que facilitam o entendimento da dinâmica de expansão e desenvolvimento urbano.

2. Objetivo

Realizar uma descrição analítica do mapeamento da área urbanizada realizado pelo consórcio MapBiomias nos municípios da Bacia do Alto Paraguai, referente ao ano de 2019, relacionando com o mapeamento de referência gerado pelo IBGE.

3. Material e métodos

A estrutura adotada no desenvolvimento deste trabalho (**Figura 1**) envolve o emprego de

técnicas de estatística descritiva e geoprocessamento para avaliar a qualidade da sobreposição do mapeamento realizado pelo projeto MapBiomas em relação ao levantamento realizado pelo IBGE (ano), em área total e sobre os fragmentos urbanos.

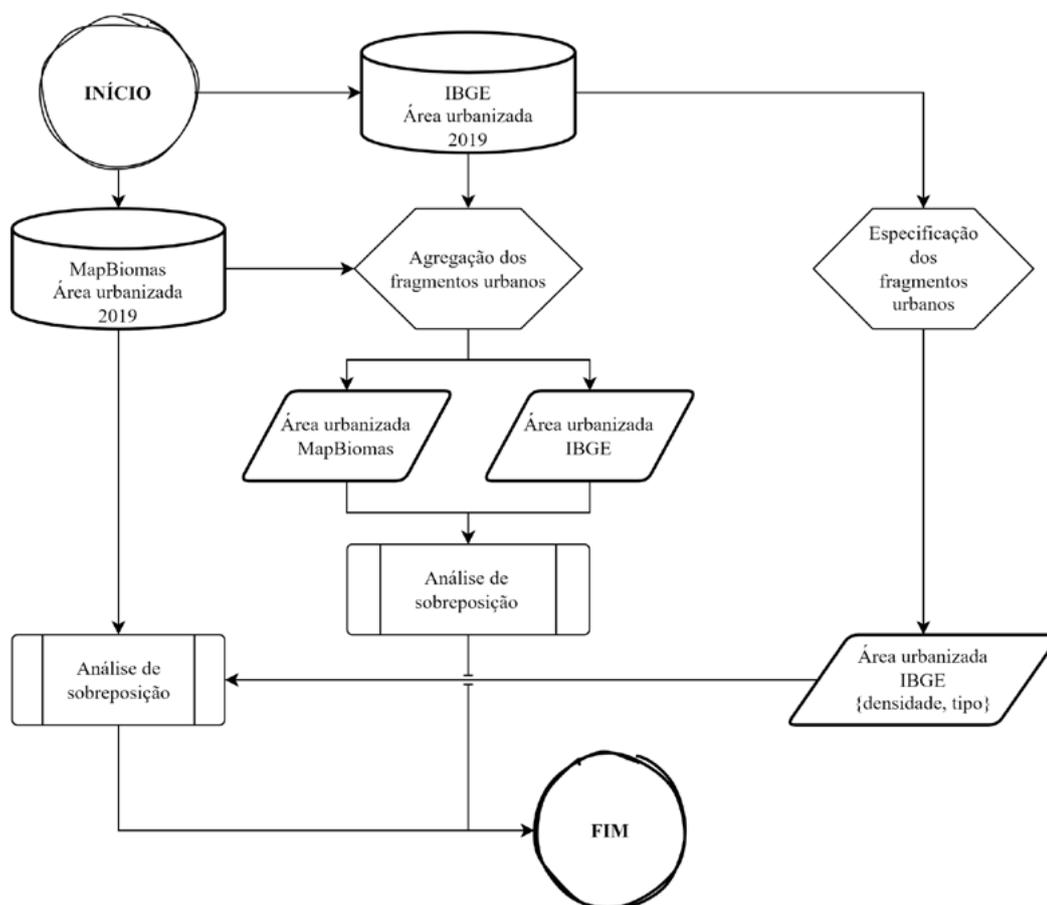


Figura 1. Estrutura adotada no desenvolvimento do estudo.
Fonte: Autores (2024).

A delimitação espacial da área de estudo é a Bacia do Alto Paraguai com 361.66 mil km² (Silva & Abdon, 1998), englobando o bioma Pantanal na sua totalidade. Compreende 94 municípios dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (**Figura 2**).

A tipologia do mapeamento de referência para áreas urbanizadas (IBGE, 2022) classificou os fragmentos urbanizados com relação a sua densidade (áreas densas, áreas pouco densas e loteamentos vazios) e tipo (áreas urbanizadas, loteamento vazio, outros equipamentos urbanos e vazios intraurbanos). Nessa classificação, a estrutura das áreas densas representa predominantemente centros urbanos bem estabelecidos, com ruas bem definidas e poucos espaços verdes e, quando presentes, quintais com espaços reduzidos. No caso das áreas pouco densas, esta classificação se distingue por apresentar maior espaçamento entre as construções e arruamento menos definido, sendo, portanto, características de áreas periféricas.

Quanto aos loteamentos vazios, estes representam áreas antropizadas e preparadas para urbanização, porém ainda aquém das características necessárias para classificá-los como áreas pouco adensadas ou adensadas. O tipo das áreas se aplica apenas às áreas densas ou pouco densas, e na sua classificação se encontram as seguintes categorias: (i) vazios intraurbanos, que são áreas dentro do perímetro urbano não ocupadas por construções (e.g., áreas verdes) e

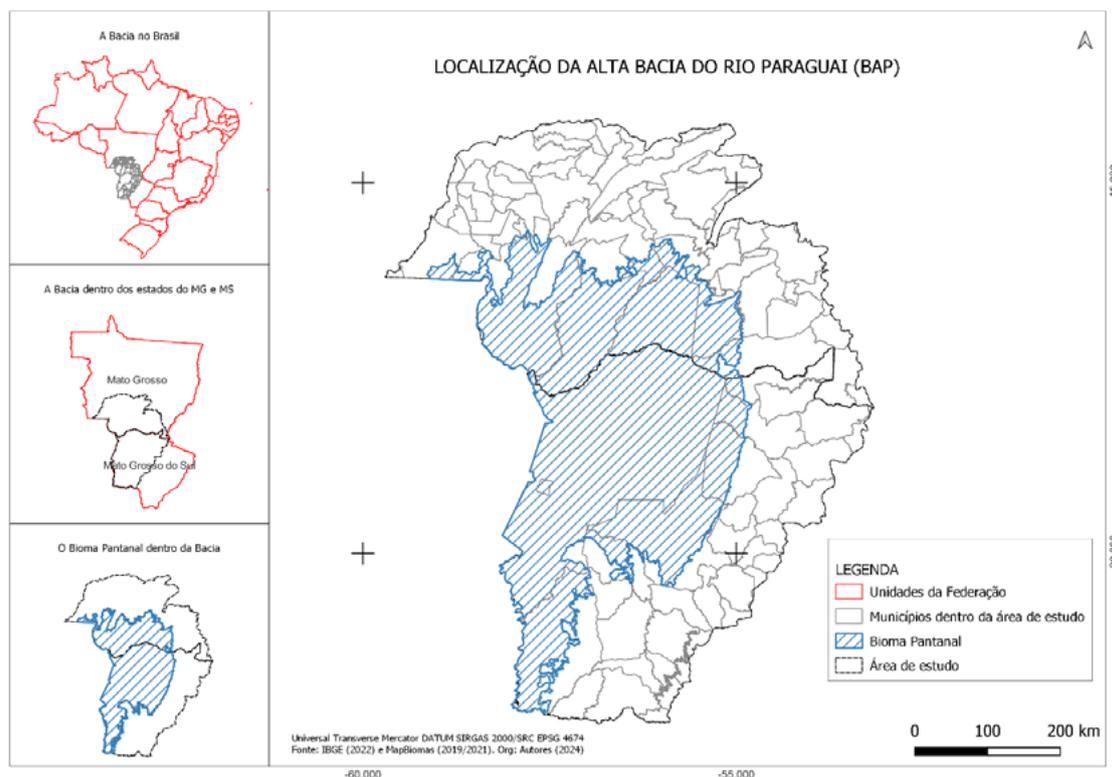


Figura 2. Mapa da Área de Estudo, Bacia do Alto Paraguai (BAP).
Fonte: Autores (2024).

limitadas à 0,25km² e 2,5km²; (ii) outros equipamentos urbanos, caracterizados por instrumentos de infraestrutura não residenciais (e.g., prédios públicos, pistas de poucos, shoppings, estações de energia, dentre outros); (iii) loteamentos vazios, que são as mesmas áreas definidas na classificação homônima de densidade; e (iv) áreas urbanizadas, que são as áreas que não se encaixam nas categorias anteriores. Mais detalhes relacionados aos critérios de identificação e classificação estão disponíveis na publicação original (IBGE, 2022).

Os dados de mapeamento das áreas urbanas gerados pelo MapBiomias (MapBiomias, 2022) foram gerados a partir de algoritmos de aprendizado de máquina (Machine learning) que analisaram a série histórica de imagens dos satélites Landsat (30m de resolução espacial) para quantificar e qualificar a evolução dessas áreas desde 1985. Nesse caso, apenas o ano de 2019 foi considerado por ser a data mais próxima do mapeamento de referência (IBGE, 2022).

A análise da convergência entre as duas bases se deu de duas maneiras, uma para análise em área total dos municípios e outra para comparação das áreas tipológicas do mapeamento de referência. Em ambos os casos, a métrica adotada foi a acurácia (ACC), que também significa o percentual de sobreposição entre as duas classificações (**Equação 1**):

$$ACC = \frac{CC}{TC}$$

Sendo:

ACC:

CC: Classificações Corretas entre o mapeamento do MapBiomias;

TC: Todas as Classificações.

4. Resultados

No contexto geral, a comparação das áreas mostrou concordância entre as áreas mapeada e de referência e resultou em uma ACC mediana (Q2) de 86%. Do conjunto de municípios destacam-se Ribas do Rio Pardo-MS (ACC=95,89%) e Jangada-MT (ACC=95,75%), com as maiores intersecções entre os dois mapeamentos, e Porto Murtinho-MS (ACC=53,58%) e Ladário-MS (ACC=09,27%) com as menores. As duas capitais, Cuiabá-MT e Campo Grande-MS, apresentaram, respectivamente, ACC iguais a 87,13% e 91,63%, evidenciando a convergência entre os dois mapeamentos (**Figura 3**).

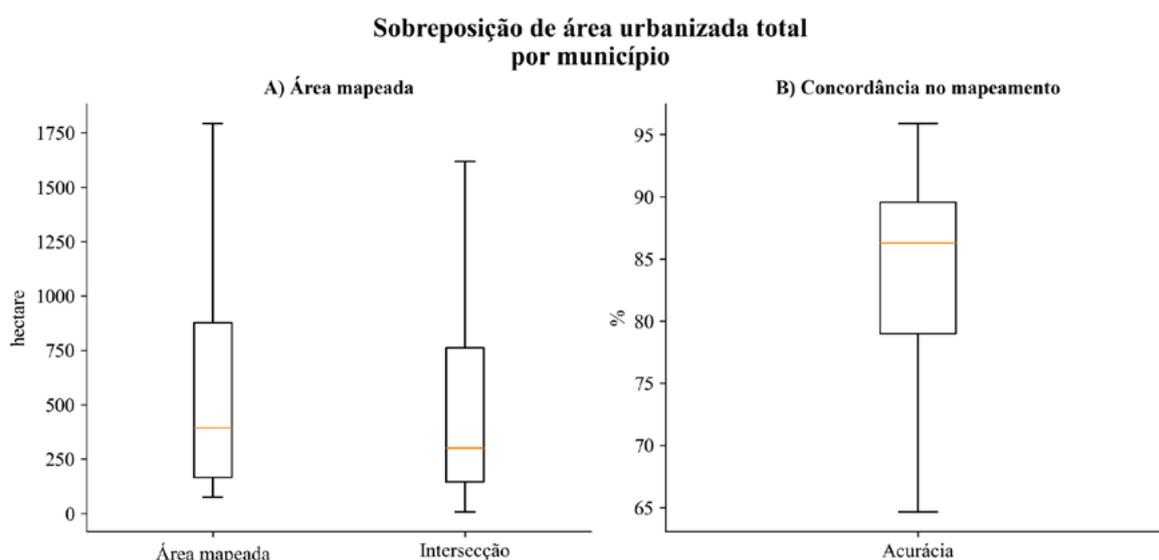


Figura 3. Sobreposição de área urbanizada total por município: (A) área mapeada e (B) Concordância no mapeamento.

Fonte: Autores (2024).

Segmentando os fragmentos urbanos mapeados verificou-se que, quantitativamente, os mapeados foram equivalentes a aqueles que o procedimento adotado pelo MapBiomass foi capaz de detectar (**Figura 4A**). Entretanto, a incapacidade de detectar os fragmentos em alguns municípios é explicada pelo tamanho reduzido desses fragmentos (**Figura 4B**), fator que pode estar relacionado à estrutura desses alvos, ou, ainda, terem sido eliminados em etapas de tratamento das imagens classificadas.

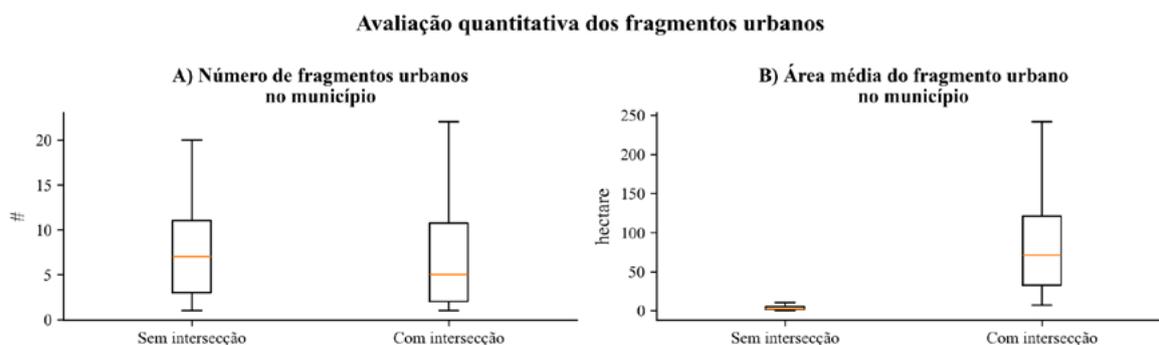


Figura 4. Avaliação quantitativa dos fragmentos urbanos: (A) Diferença dos fragmentos sem intersecção e com intersecção (B) Hectares dos Fragmentos sem e com intersecção.

Fonte: Autores (2024).

Os municípios com a maior quantidade de fragmentos urbanos não detectados (**Figura 4A**) foram Cuiabá-MT (183 fragmentos), Campo Grande-MS (80), Várzea Grande-MT (66), Coxim-MT (59) e Ponta Porã-MS (36). Esses municípios, entretanto, não foram aqueles com maior área média dos fragmentos urbanos não detectados pelo MapBiomas, sendo esta propriedade liderada pelos municípios de Diamantino-MT (15ha), Acorizal-MT (13ha), Maracaju-MS (13ha), Pontes e Lacerda-MT (11ha) e Corguinho-MS (11ha). Esses dados mostram que áreas urbanizadas em municípios menores ou com maior fragmentação podem estar sendo negligenciadas pelo sistema de mapeamento (**Figura 5**).

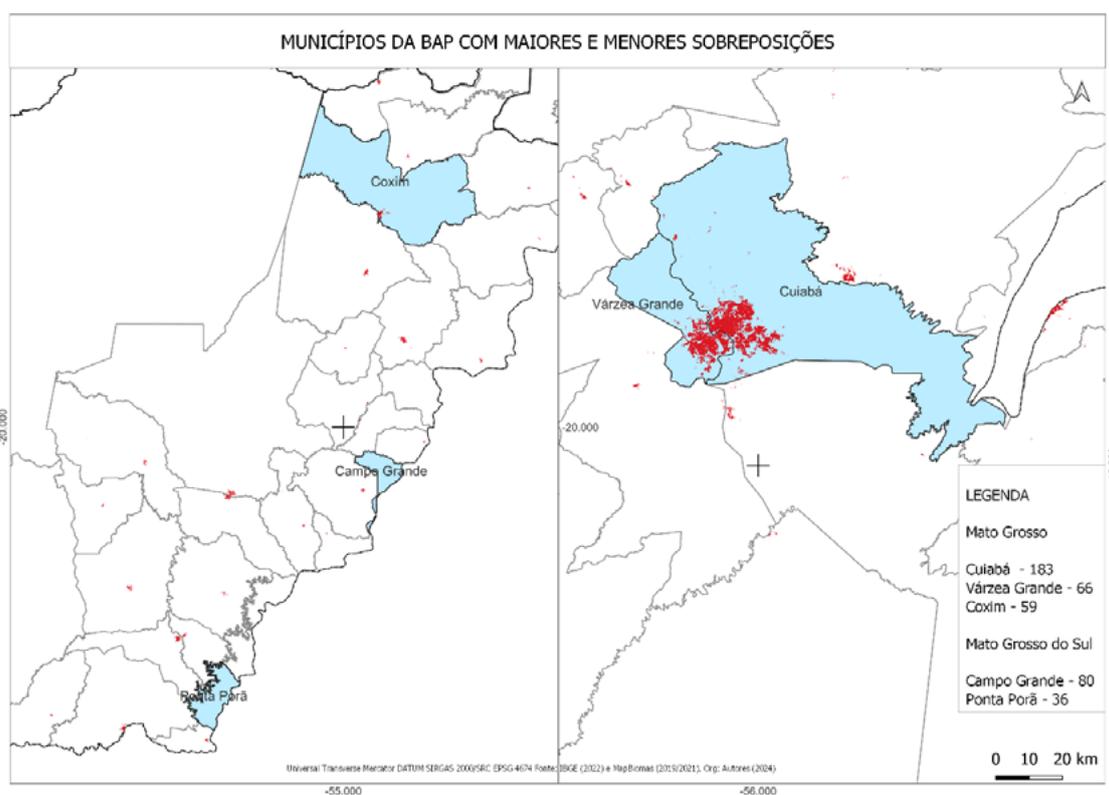


Figura 5. Áreas urbanas nos municípios da Bacia do Alto Paraguai (BAP) do estado do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, respectivamente.
Fonte: Autores (2024).

No caso dos fragmentos urbanos com intersecção entre os dois mapeamentos, também estão na liderança deste parâmetro as duas capitais, Campo Grande-MS e Cuiabá-MT, com 152 e 144 fragmentos urbanos, respectivamente, seguidas pelos municípios de Várzea Grande-MT (93), Rondonópolis-MT (61) e Chapada dos Guimarães-MT (58). Do mesmo modo, contudo, esses municípios não lideram a continuidade da área de intersecção entre as duas metodologias de mapeamento, sendo esta posição ocupada por Porto Murtinho-MS (498ha, em média), Corumbá-MS (323ha), Costa Rica-MS (241ha), Guia Lopes da Laguna-MS (230ha) e Rio Verde do Mato Grosso (185ha). O município com o menor fragmento urbano contínuo com intersecção é Ladário-MS, com 7ha, em média.

A intersecção dos fragmentos urbanos entre as duas metodologias, mas discriminados pela tipologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), mostra maior frequência na detecção de áreas urbanizadas densas (**Figura 6A**) e de áreas urbanizadas (**Figura 6B**), que por sua vez engloba áreas consideradas densas e pouco densas.

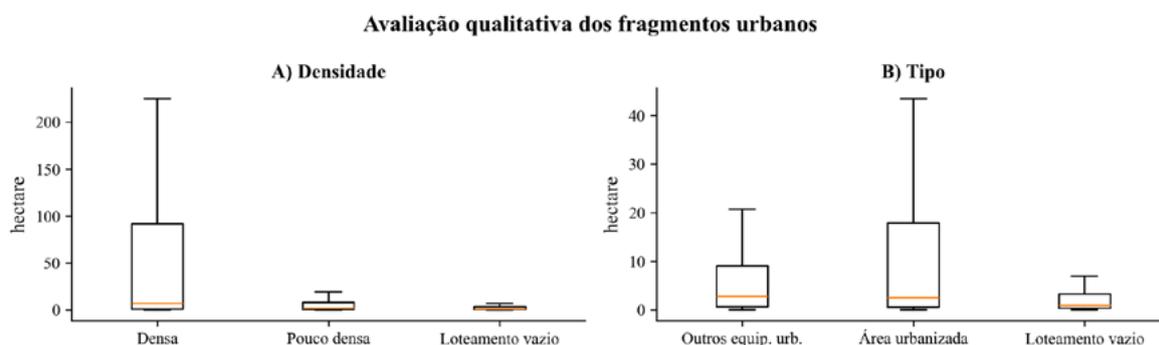


Figura 6. Descrição estatística da sobreposição do mapeamento por tipologia: (A) densidade e (B) tipo.
Fonte: Autores (2024).

Considerando que a superioridade na frequência dessas classes seja esperada devido à natureza do mapeamento explorado (áreas urbanizadas), é preciso entender melhor se as estruturas das áreas urbanizadas, principalmente aquelas presentes em municípios menores (**Figuras 4 e 5**), não estão sendo subestimadas na etapa de classificação devido a variações estruturais.

Considerar o dinamismo da infraestrutura das áreas urbanas também faz parte das conclusões de Sırmaçek e Ünsalan (2010), que empregaram uma abordagem de análise local para identificar registros candidatos a áreas urbanas. Shi et al. (2015) utilizaram uma metodologia que combina imagens de diferentes resoluções como uma forma de filtro escalonado que permitiu segmentar áreas urbanas num primeiro estágio, em seguida individualizando as características físicas das construções, considerando seus cantos e vértices construídos. Além do uso de sensores óticos, a integração com ou substituição destas fontes de dados por dados SAR também é uma opção, dado que também é possível modelar as características de áreas urbanizadas, a partir das suas características mensuráveis por sistemas SAR (Cho et al., 2021).

5. Considerações e sugestões

O mapeamento realizado pelo MapBiomas em relação à metodologia do IBGE, tomada como referência, apresentou acurácia maior que 50%. Tal fator implica na semelhança de mapeamentos e pesquisas que ocorrem dentro de ambas as instituições. No entanto, analisando municípios separadamente, é possível ver que alguns ainda apresentam redução na sobreposição dos resultados. Dito isso, é importante levar em consideração, que o desafio técnico-científico de mapear áreas urbanizadas descontínuas, é evidente, especialmente em municípios com áreas urbanas menores, que podem ser subdimensionadas durante o processo de classificação. Assim, podemos concluir que ambos os documentos possuem uma excelente eficiência para o estudo, principalmente em uma pequena escala. Entretanto, o Mapbiomas possui menor espaçamento entre os dados, em relação ao IBGE, o qual possui um intervalo maior entre seus metadados.

6. Agradecimentos

Ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) pelo financiamento do projeto de pesquisa “Aperfeiçoamento do Cadastro Ambiental Urbano (CAU), com ênfase na agricultura”, por meio Embrapa Agricultura Digital e pela Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (FAPED) pela concessão das bolsas de estudos.

7. Referências

- Arif, M.; Sengupta, S.; Mohinuddin, S. K.; Gupta, K. Dynamics of land use and land cover change in peri urban area of Burdwan city, India: a remote sensing and GIS based approach. **GeoJournal**, v. 88, n. 4, p. 4189-4213, 2023.
- Cho, K.; Park, S. E.; Cho, J. H.; Moon, H.; Han, S. H. Automatic urban area extraction from SAR image based on morphological operator. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, 18(5), p. 831-835, 2020. Disponível na biblioteca digital da IEEE: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9085385>>. Acesso em: 03/09/2024.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas Urbanizadas do Brasil** - 2019. Brasília: IBGE, 2022, 32p. Disponível na biblioteca digital do IBGE: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101973>>. Acesso em: 03/09/2024.
- MapBiomias. **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra do Brasil - Coleção 7**, acessado em 27/08/2024 através do link: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/MapBiomias_Area_Urbanizada_2022_01_11_comentMH_2.pdf
- Ministério do Meio Ambiente. **Programa Cidades+Verdes**, acessado em 03/09/2024 através do link: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/cidadesmaisverdes/ProgramaCidadesmaisVerdes.pdf>
- Khusni, U.; Dewangkoro, H. I.; Arymurthy, A. M. Urban area change detection with combining CNN and RNN from sentinel-2 multispectral remote sensing data. In: 2020 3rd International Conference on Computer and Informatics Engineering (IC2IE). **Proceedings...**: IEEE, 2020, p. 171-175.
- Shafique, A.; Cao, G.; Khan, Z.; Asad, M.; Aslam, M. Deep learning-based change detection in remote sensing images: A review. **Remote Sensing**, v. 14, n. 4, p. 871, 2022. Disponível na biblioteca digital da MDPI: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/14/4/871>>. Acesso em 03/09/2024.
- Shi, H.; Chen, L.; Bi, F. K.; Chen, H.; Yu, Y. Accurate urban area detection in remote sensing images. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, 12(9), 1948-1952, 2015. Disponível na biblioteca digital da IEEE: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7128711>>. Acesso em : 03/09/2024.
- Sirmaçek, B.; Ünsalan, C. Urban area detection using local feature points and spatial voting. **IEEE geoscience and remote sensing letters**, 7(1), p. 146-150, 2009. Disponível na biblioteca digital da IEEE: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5235099>>. Acesso em: 03/09/2024.
- Silva, J. S. V.; Abdon, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.33, Número Especial, p.1703-1711, 1998.
- Vendramini, William James. et al. **Análise espacial do crescimento urbano de Cáceres/MT, Pantanal mato-grossense**. 2016.