

Transformações da Paisagem Urbana: Impactos da Urbanização nas Áreas Verdes de Manaus-AM

Urban Landscape Transformations: Impacts of Urbanization on Green Areas in Manaus-AM

Elizabeth dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7033-2422>
Universidade Federal do Amazonas - UFAM, AM
E-mail: elizabsantos95@gmail.com

Vinicius Souza e souza

Engenheiro Agrônomo
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0011-3569>
Universidade Federal do Amazonas
E-mail: vinsouza392@gmail.com

Carliza Luz da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0904-8292>
Universidade Federal do Amazonas - UFAM
E-mail: carliza.luz@gmail.com

Mônica Suani Barbosa da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9274-4327>
Instituição: Universidade Federal do Amazonas- UFAM
Email: monicasuanicosta@gmail.com

Jurandir Moura Dutra

<https://orcid.org/0000-0002-3198-3818>
Universidade Federal do Amazonas
E-mail: jurandirdutra@ufam.edu.br

Cloves Farias Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7928-2562>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: cloves@ufam.edu.br

Suzy Cristina Pedroza da Silva

<https://orcid.org/0000-0001-8256-7542>
Universidade Federal do Amazonas
E-mail: suzyycris@ufam.edu.br

RESUMO

O mapeamento do uso e ocupação do solo desempenha um papel importante na compreensão da organização e das mudanças espaciais no ambiente, isso é possibilitado pelos crescentes avanços geotecnológicos. O objetivo desta pesquisa foi identificar a estrutura da paisagem em áreas urbanizadas na zona urbana de Manaus, no Amazonas. Para a análise utilizou-se o método quantitativo e ferramentas de geoprocessamento. Foram processadas imagens de Landsat de 2015 e 2023, corrigidas geometricamente e classificadas com a ferramenta DZetsaka e pelo algoritmo gaussiano, e métricas de paisagem com a ferramenta Landscape Ecology Statistics. A análise das imagens revelou mudanças significativas na cobertura do solo e na paisagem urbana de Manaus ao longo dos últimos anos, impulsionadas pela expansão da Zona Franca de Manaus e do aumento populacional. A falta de um planejamento urbano eficaz resultou em um aumento de ocupações irregulares com a destruição da cobertura vegetal e da ocorrência de problemas ambientais, como poluição e infraestrutura precária. Portanto, a integração de métricas de paisagem pode fornecer insights para orientar o planejamento urbano e a conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Planejamento Urbano 2; Biodiversidade.

ABSTRACT

The mapping of land use and occupation plays an important role in understanding the organization and spatial changes in the environment, enabled by advancing geotechnological tools. The objective of this research was to identify the landscape structure in urbanized areas within the urban zone of Manaus, Amazonas. For the analysis, quantitative methods and geoprocessing tools were used. Landsat images from 2015 and 2023 were processed, geometrically corrected, and classified using the DZetsaka tool and the Gaussian algorithm, with landscape metrics analyzed using the Landscape Ecology Statistics tool. The image analysis revealed significant changes in land cover and the urban landscape of Manaus over the past years, driven by the expansion of the Manaus Free Trade Zone and population growth. The lack of effective urban planning has resulted in an increase in irregular occupations, destruction of vegetation cover, and the occurrence of environmental problems such as pollution and inadequate infrastructure. Therefore, the integration of landscape metrics can provide insights to guide urban planning and biodiversity conservation.

Keywords: Geoprocessing; Urban Planning; Biodiversity.

INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada representa um dos principais desafios contemporâneos para a conservação da biodiversidade, especialmente em regiões ambientalmente importantes, como a cidade de Manaus. Compreender como essa urbanização afeta a biodiversidade e identificar estratégias eficazes para sua conservação são relevantes para promover o desenvolvimento sustentável e melhorar a qualidade de vida nas áreas urbanas. Como se sabe, o processo de urbanização resulta na fragmentação dos habitats, impactando os processos ecológicos e levando à perda de biodiversidade (Tannier et al., 2016). As áreas próximas aos centros urbanos frequentemente enfrentam ocupações irregulares e fragmentação das áreas verdes (Sousa, 2013).

De acordo com Souto e Mundstock (2024), os grandes marcos que estabelecem o 'boom' de crescimento urbano de Manaus são o ciclo da borracha e a fundação da Zona Franca de Manaus. Em ambos os períodos, a cidade recebeu uma grande quantidade de imigrantes em busca de trabalho e de melhores condições de vida. Com o crescimento da população não natural da região, tornou-se necessária a expansão da cidade. A urgência dessa expansão, para acomodar a população crescente, desconsiderou qualquer medida sustentável, pois a floresta, a vegetação e os aspectos naturais eram vistos como obstáculos à evolução e urbanização, sendo substituídos por ruas e edificações. Dessa forma, a cidade avançou sobre a natureza, destruindo-a e aterrando os igarapés para possibilitar seu crescimento urbano.

Assim na cidade de Manaus, a modernização e urbanização, especialmente nas áreas centrais, resultam em fronteiras sociais e ambientais problemáticas. Assim, planejar paisagens urbanas que atendam às necessidades humanas, ao mesmo tempo que protegem a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos das florestas urbanas, se torna um desafio significativo. A expansão urbana e o adensamento das áreas urbanas tornam a vegetação e outros componentes naturais os elementos mais vulneráveis da paisagem (Smith et al., 2018). É fundamental que os fragmentos de vegetação no ambiente urbano possuam a estrutura adequada para sustentar populações e garantir conectividade com outras áreas. Isso exige a identificação de áreas prioritárias para conservação e restauração (Kudo et al., 2016).

Nesse contexto, as métricas de paisagem são uma metodologia central na Ecologia da Paisagem e estão diretamente relacionadas à estrutura da paisagem e aos processos ecológicos (Lang e Blaschke, 2009), como os fragmentos de vegetação no ambiente

urbano. Esses indicadores medem a configuração espacial da paisagem e permitem análises sobre a fragmentação e o isolamento de habitats (Barbosa, 2019). A Ecologia da Paisagem, conforme McGarigal e Marks (1994), investiga os padrões e as interações entre os componentes da paisagem ao longo do tempo, considerando a heterogeneidade espacial e seus efeitos nos processos ecológicos. Essa abordagem é fundamental para entender como os padrões de "manchas" influenciam os processos ecológicos (Pereira, 2001).

Assim a quantificação da estrutura da paisagem é essencial para investigar sua função e evolução, utilizando índices de classe para medir a quantidade e a distribuição dos fragmentos em áreas urbanas (Pereira, 2001).

Diante desse cenário, é vital uma abordagem planejada em relação ao ambiente. O mapeamento do uso da terra é uma estratégia oportuna para avaliar como o solo está sendo utilizado (Alves, 2016). Técnicas de processamento digital e análises de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas valiosas para esse mapeamento (Souza, 2012; Forster, 1985; Grigio, 2003). E o sensoriamento remoto, que permite monitorar recursos da superfície terrestre à distância, é fundamental nesse contexto.

A quantificação das diferentes classes de uso do solo possibilita o desenvolvimento de políticas de planejamento territorial e ambiental mais eficazes, além de apoiar medidas de proteção e preservação ambiental (Papastergiadou et al., 2007).

O objetivo deste estudo foi identificar a estrutura da paisagem de área urbanizada, utilizando técnicas de geoprocessamento e fundamentos de ecologia de paisagens visando fornecer subsídios para a conservação das áreas verdes na cidade de Manaus-AM.

METODOLOGIA

Manaus está localizada na confluência dos rios Negro e Solimões, é circundada por uma variedade de ecossistemas, incluindo floresta tropical úmida, vegetação pioneira, aluvial, campinas e campinaranas (IBGE, 2022). Manaus registra uma população de 2.063.689 habitantes, com uma densidade demográfica de 181,01 hab./km² de acordo com o censo do IBGE 2022 e concentra a maior parte da atividade econômica do estado, apresentando um Produto Interno Bruto (PIB) per capita em 2021 de R\$ 45.782,75 (IBGE, 2022). A malha urbana de Manaus abrange uma área territorial de 11.401,092 km² (IBGE, 2022), dividida em seis zonas: Norte, Leste, Sul, Oeste, Centro-Sul e Centro-Oeste, com pelo menos 63 bairros oficiais (PMM, 2010). Em 2019, a área urbanizada

totalizava 277,09 km², com adequado esgotamento sanitário, arborização das vias públicas e urbanização das mesmas, correspondendo a 62,4%, 23,9% e 26,3%, respectivamente (IBGE, 2022).

Para desenvolver a pesquisa descritiva e quantitativa deste estudo primeiramente fez-se o recorte espacial e a demarcação da região de estudo. Para isso, foram empregadas as cartografias dos limites da unidade de conservação, juntamente com outras bases fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Agência Nacional de Águas (ANA) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que incluem dados vetoriais da área delimitada (limites territoriais e sede, 2021) e imagens provenientes de sensoriamento remoto.

Para a elaboração da análise da expansão urbana foram utilizadas imagens de Satélite Landsat 8 e 9 dos seguintes anos: 2015 e 2023, por se tratar de imagens com uma porcentagem menor de nuvens, pois a obstrução da visibilidade impede a visualização das características e padrões desejados, dificultando assim, a análise e interpretação dos dados. As imagens foram obtidas gratuitamente pelo site Earth Explorer. As imagens possuem sete bandas espectrais, mas para esta análise foram selecionadas apenas as bandas 3, 4 e 5. Com o objetivo de gerar um produto de resolução espacial mais detalhada, foi aplicado um método de fusão da imagem de resolução espacial menos detalhada (normalmente multiespectral) com uma imagem mais detalhada (normalmente pancromática), utilizando a ferramenta *pansharpening* do Software QGIS. Na correção geométrica, as coordenadas foram padronizadas para o sistema de coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*) e Sistema de referência Datum Sirgas 2000.

As classes de uso e cobertura do solo foram definidas da seguinte forma:

- 1) Área verde ou fragmentos florestais;
- 2) Áreas urbanizadas, englobando regiões ocupadas por construções, bairros rurais, condomínios localizados nas proximidades dos principais centros urbanos, solos sem cobertura vegetal próximos a áreas urbanas e outras formas de ocupação do solo onde predominam as edificações; e
- 3) Corpos d'água, compreendendo lagos, reservatórios e cursos d'água, como rios e córregos.

Para fazer as classificações citadas, foi utilizado o plug-in Dzetsaka, desenvolvido para classificar diferentes tipos de vegetação, a partir de amostras coletadas na área de estudo.

As amostras de treinamento foram obtidas por meio da digitalização de polígonos na tela, sobre as áreas que representam as classes de uso e cobertura do solo previamente determinadas, a fim de adquirir as estatísticas necessárias para o algoritmo de classificação (Meneses e Almeida, 2012).

Posteriormente foi aplicado o algoritmo gaussiano. Conforme descrito por Meneses e Almeida (2012), a modificação gaussiana é um processo de normalização particularmente útil para igualar as imagens, em termos de média e desvio padrão, o que ajuda a obter composições coloridas, com bom equilíbrio de cores. Ou seja, esse algoritmo associa os pixels da imagem a um conjunto predefinido de classes individuais (amostras de treinamento), representando os objetos do mundo real, sendo o resultado da classificação o reconhecimento dos padrões de uso e cobertura do solo.

Em seguida, foi feita uma comparação entre os mapeamentos realizados, considerando a dinâmica de uso e cobertura da terra por meio das diferentes classes, e foram realizadas as quantificações usando os dados tabulares de área de cada classe mapeada, para análise da dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra durante o período estudado.

Essa análise foi realizada utilizando o plug-in *Landscape Ecology Statistics* (LecoS), uma ferramenta capaz de calcular uma variedade de métricas de paisagem básicas e avançadas de forma automatizada, integrando-as por meio de uma camada vetorial opcional fornecida (Jung, 2013), sendo elas:

- Área de cada classe na camada (km²): área total da paisagem ocupada por uma classe, manchas maiores tem maior probabilidade de conter espécies de interior, dependendo da sua configuração.
- Proporção da área da classe (%): representa a proporção da paisagem composta por uma determinada classe, permitindo quantificar a extensão relativa que cada classe ocupa na paisagem.
- Comprimento de borda (km): corresponde ao somatório de todos os comprimentos dos segmentos de borda contidos em uma área, sendo uma métrica derivada do perímetro, que expressa o total de borda.
- Densidade de borda (m/m²): é calculada a partir do comprimento total de borda da paisagem pela área total da paisagem, representando a quantidade de borda por unidade de área.

- Número de manchas: é uma métrica comumente utilizada na análise de paisagem que se refere à contagem do número total de áreas distintas de um determinado tipo de cobertura do solo em uma região.
- Área do maior fragmento (km²): refere-se à porção da paisagem ocupada pela maior ou menor mancha, permitindo observar se a paisagem é dominada por uma única mancha e avaliar sua homogeneidade.
- Média da área dos fragmentos (km²): indica o tamanho médio das manchas de uma classe ou paisagem, fornecendo insights sobre como o tamanho das manchas se distribui na classe ou paisagem.

A fragmentação de um habitat pode afetar uma espécie ou um processo ecológico, uma vez que as populações de uma espécie podem se isolar nos fragmentos e eventualmente conectar-se com outras. Quanto maior a distância entre as manchas, maior será a fragmentação do ambiente, resultando em menos áreas contínuas de vegetação e espaços reduzidos para a reprodução de fauna e flora, o que pode diminuir as populações nessas áreas (Alves et al., 2016).

Portanto, também foram calculados o número de manchas (fragmentos), que representavam o número total de manchas em uma paisagem, sendo que quanto maior o número de manchas, maior será a fragmentação do local; e a densidade de manchas, que é o número total de manchas em uma classe ou paisagem por unidade de área. Por fim, foi proposta uma integração entre os fragmentos florestais existentes, visando conservar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos providos pelas florestas urbanas.

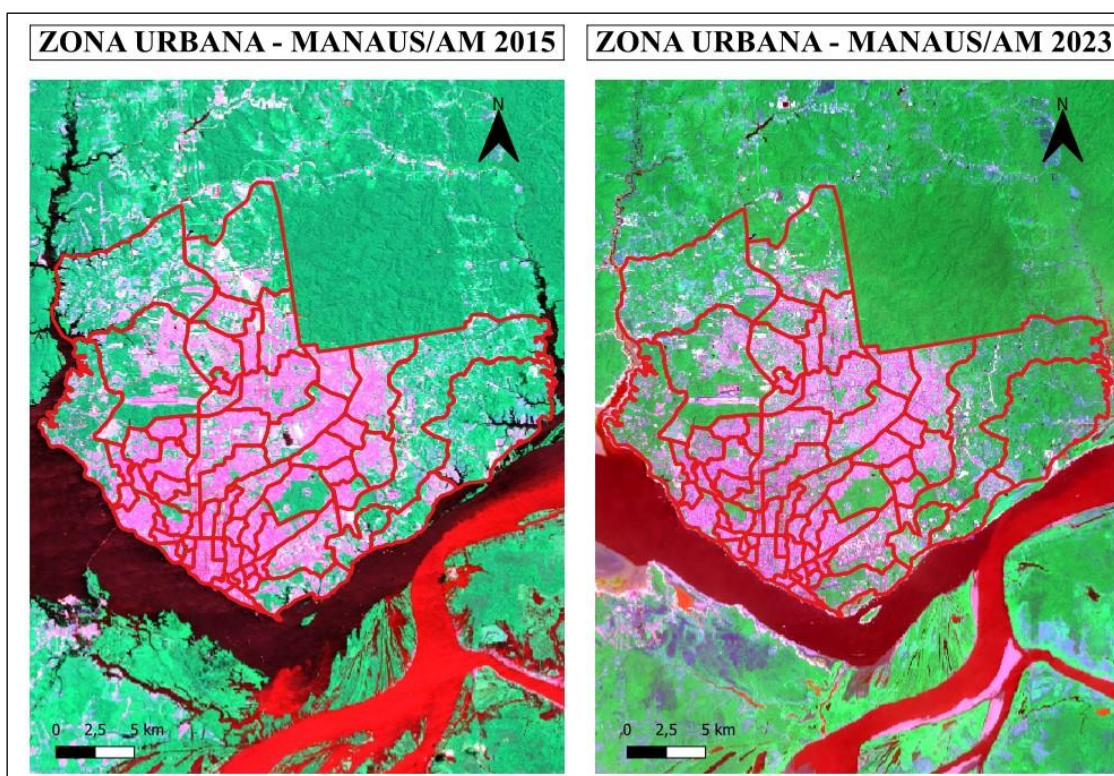
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas últimas décadas, Manaus-AM experimentou um crescimento significativo, principalmente devido à criação da Zona Franca de Manaus em 1967, resultando na expansão das áreas urbanas. Assim como outras grandes capitais brasileiras, a cidade enfrenta desafios relevantes devido à falta de um planejamento urbano sistemático e ao controle inadequado do crescimento, o que tem gerado sérios problemas ambientais (Nogueira, 2007). Para Maciel (2016), em Manaus, as alterações e danos ambientais estão diretamente relacionados ao aumento populacional. Os fragmentos florestais são frequentemente invadidos por ocupações irregulares que removem completamente a vegetação. Em um estudo recente aponta que Manaus é uma cidade em plena expansão, e os fragmentos florestais urbanos, se não transformados em Unidades de Conservação,

são os primeiros a serem suprimidos pela ocupação irregular. Essas áreas verdes sofrem diretamente os efeitos das ações antrópicas (Souza et al., 2023).

Na primeira etapa da pesquisa foram processadas as imagens de satélite Landsat 8 e 9, resultando na composição das bandas de interesse. Essa abordagem gerou novos arquivos geotiff contendo informações de três bandas, além de dados espectrais coloridos, o que proporcionou uma visualização aprimorada da cobertura do solo na área de estudo (Figura 1). As imagens produzidas apresentam uma resolução de 30 metros mostrando a perda de vegetação em algumas zonas da cidade. Uma das consequências desse cenário é a alta concentração populacional nas zonas Leste e Norte, exacerbando questões relacionadas à ocupação desordenada do solo, como a destruição da cobertura vegetal, a poluição dos corpos d'água e a ausência de infraestrutura de saneamento básico.

Figura 1 – Expansão Urbana no município de Manaus-AM, nos anos de 2015 e 2023.



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

De forma geral, o rápido crescimento urbano nas últimas décadas na Amazônia tem suscitado desafios de ordem social, refletindo diretamente em questões ambientais. A aceleração do processo de urbanização tem gerado disparidades significativas na infraestrutura, especialmente nos extremos das cidades, onde a falta de informações e/ou

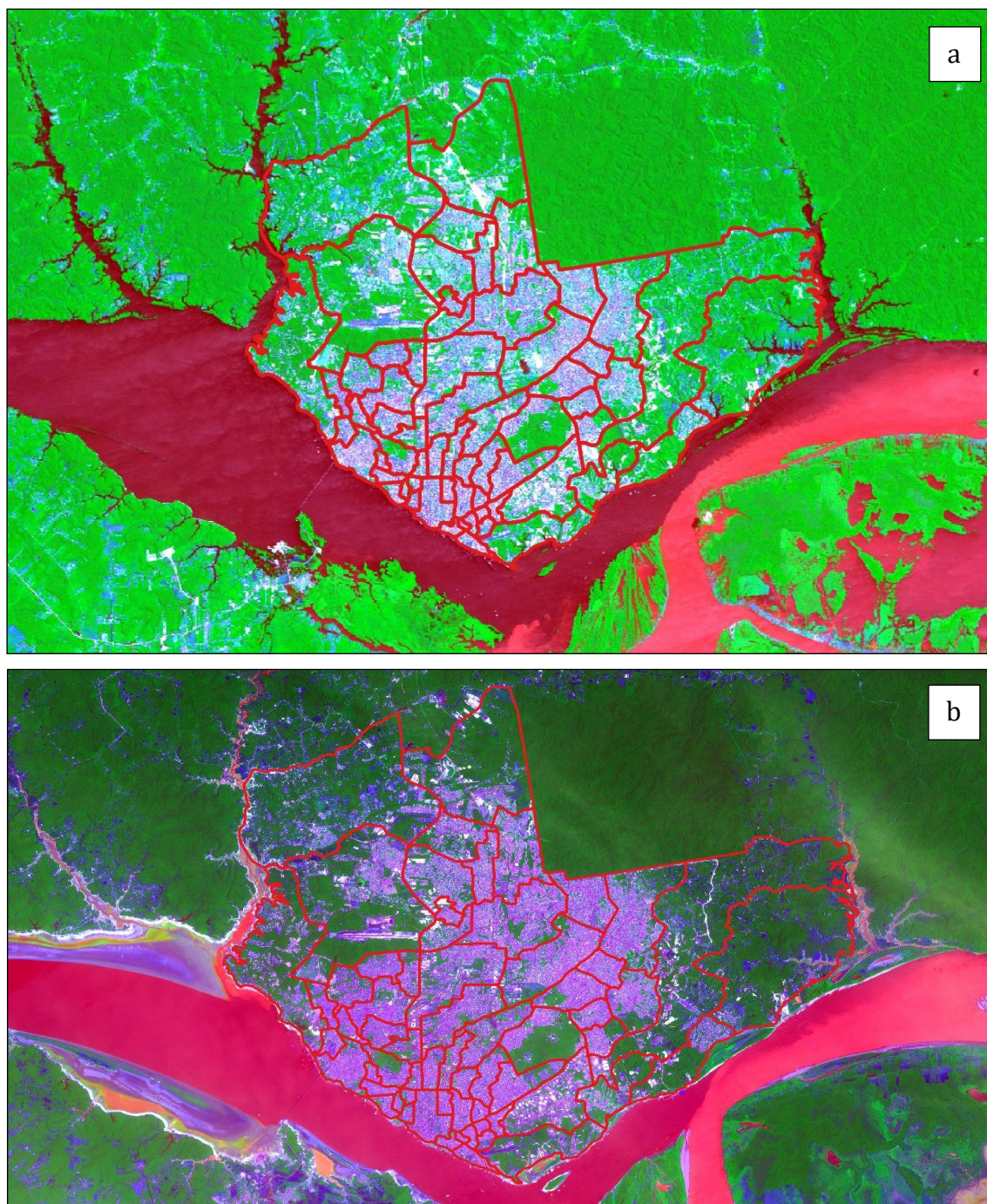
a carência no atendimento das necessidades básicas à população residente nas periferias são evidenciadas (Sousa et al., 2024).

Em Manaus, esses espaços urbanos em que as áreas se constituem a partir de ocupações irregulares, combinam precárias condições de vida urbana e graves problemas socioambientais, gerando tanto problemas de ordem física quanto de saúde pública (Nogueira, 2007).

Sem contar que estes fragmentos florestais presentes na malha urbana de Manaus abrigam uma abundante riqueza de espécies vegetais, além de oferecer abrigo e alimentação à fauna local, entretanto, por encontrarem-se espalhados na cidade, sem conectividade, não fornecem ou possibilitam a ocorrência de interações ecológicas e por meio da arborização urbana é possível criar corredores ecológicos a fim de contribuir para a conservação desses espaços verdes urbanos (Souza et al., 2023).

Ainda que seja notável pelas imagens pré-processadas, que a expansão urbana trouxe várias consequências não só no âmbito ambiental como no âmbito social a cidade, as resoluções de cada uma delas foi melhorada utilizando-se o plug-in do Software QGIS *pansharpening*, que deixou as imagens com 15m de resolução (Figura 2). Isto é conseguido utilizando o método de nitidez pancromática onde as bandas de cor de baixa resolução são combinadas com a banda de alta resolução em escala de cinza (PAN) para produzir uma imagem de cor de alta resolução (Meneses e Almeida, 2012).

Figura 2 – Expansão Urbana no município de Manaus-AM, nos anos de a) 2015 e b) 2023.

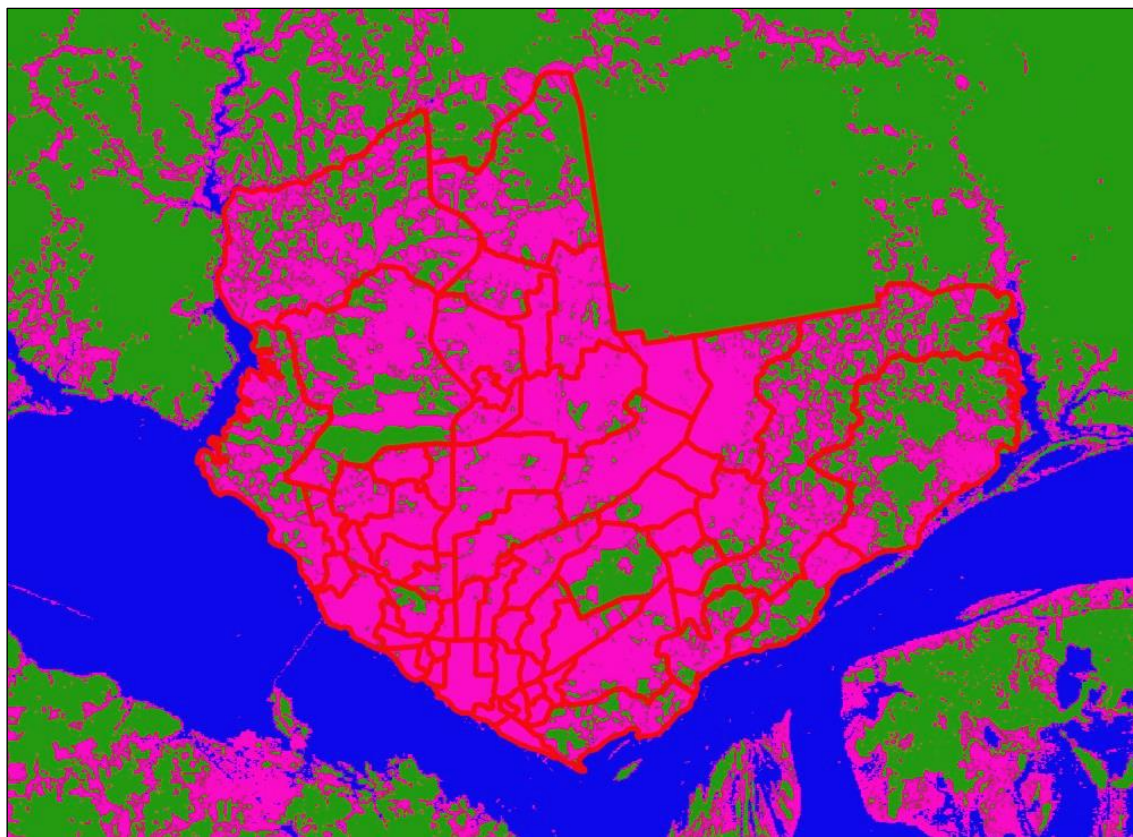


Fonte: Elaboração dos autores (2024).

A partir da obtenção de uma imagem com melhor resolução, realizou-se as amostras de treinamento com base nas imagens pancromáticas. Poligonais foram sendo digitalizadas em tela, para que se pudesse classificar as áreas urbanizadas, áreas de vegetação e os corpos d'água no *plug-in* Dezetsaka, que utiliza o algoritmo gaussiano.

A figura 3 mostra os resultados das classificações após o processamento dos dados. As áreas em verde representam a vegetação; as áreas em rosa representam as áreas urbanizadas e as áreas em azul representam os corpos d'água.

Figura 3 – Processamento da imagem contendo as classificações da ocupação do solo em 2015.



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Após a classificação das classes, as imagens foram submetidas ao plug-in LecoS para que fosse possível calcular todas as métricas de paisagem propostas. Com esses dados, é possível identificar padrões de ocupação e alterações na vegetação, além de fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias de conservação e planejamento urbano mais eficazes. Essa análise não apenas enriquece a compreensão sobre as transformações ocorridas, mas também orienta ações futuras em prol da sustentabilidade e da proteção da biodiversidade na região. Os dados extraídos foram tabulados em planilhas com extensão (xls) e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Métricas de Paisagem nos anos de 2015 a 2023.

Classes	Vegetação		Malha Urbana	
	2015	2023	2015	2023
Anos				

Classes	Vegetação		Malha Urbana	
Métricas				
Área de Cada Classe na Camada (km²)	1.653,72	1.514,65	3.152,11	3.328,36
Proporção da Área da Classe %	34,42	31,27	65,58	68,73
Comprimento da Borda (km)	3.418,92	2.848,92	3.609,36	2.945,67
Densidade da Borda (m/m²)	0,007	0,006	0,007	0,006
Número de Fragmentos	3244	2501	1954	1294
Maior Área de Fragmento (km²)	32.407,42	35.324,32	297.201,15	304.833,15
Média de Área de Fragmento (km²)	0,50	0,60	2,57	4,11

Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Nota-se que a área de estudo apresentou, em 8 anos, uma drástica diminuição da vegetação, enquanto a área urbana teve uma maior expansão de seus valores. Oliveira e Pinheiro (2010) relata que com o elevado crescimento econômico e populacional de Manaus, determinou a necessidade de ocupação de novas áreas, muito mais ocupadas por florestas primárias, assim como o surgimento de novos conjuntos habitacionais tem impactado o ambiente, resultando em mudanças na paisagem e na substituição da cobertura vegetal por habitações e vias urbanas. Isso reflete na proporção da área da classe, onde há a diminuição da porcentagem, quando se leva em conta a classe de Vegetação e o aumento da Malha Urbana de Manaus.

Em relação ao comprimento de borda da área de estudo, verificou-se a diminuição de 570 km de 2015 a 2023 na vegetação e no aumento de 663,69 km da malha urbana de Manaus.

Interessante também notar que para o número de fragmentos das duas classes em estudo, se observa um declínio significativo. A diminuição do número de fragmentos pode estar indicando uma tendência de fragmentos vizinhos unirem-se formando manchas maiores, porém diminuindo o número das mesmas (Pereira, 2001). Cabral et al. (2018) argumentaram que o número de manchas indica a extensão do impacto antrópico, ou seja, os números mais elevados de manchas sugerem processos intensos de desmatamento.

A maior área de fragmento se observa na vegetação do ano de 2023, juntamente com a Malha Urbana do mesmo ano, quando comparada a 2015. Essa métrica de paisagem quantifica o tamanho do maior fragmento contínuo de uma determinada classe

de cobertura do solo dentro da paisagem, ou seja, é útil para entender a distribuição e a configuração dos diferentes tipos de cobertura do solo (Pereira, 2001).

O maior valor de Média de área dos fragmentos se observa nas classes de Vegetação e Malha Urbana do ano de 2023, sendo útil para compreender a distribuição e a configuração dos diferentes fragmentos na paisagem e pode indicar a heterogeneidade do habitat e a distribuição espacial dos elementos da paisagem (McGarigal et. al., 1995), isto é, pode sugerir a presença de grandes áreas contínuas de habitat.

O planejamento e monitoramento das áreas verdes urbanas é uma tarefa complexa, que exige a incorporação de uma equipe multidisciplinar e a aplicação dos instrumentos legais vigentes no município, como o Plano Diretor Urbano e Ambiental de Manaus e suas alterações. Essa tarefa necessita da integração e do comprometimento do poder público, pois a pressão antrópica sobre esses fragmentos florestais urbanos é intensa (Souza et al.2023).

Assim as métricas como a média de área dos fragmentos são importantes para avaliar a heterogeneidade do habitat e a distribuição espacial dos elementos da paisagem, fornecendo informações para o planejamento urbano e a conservação da biodiversidade. Essa ferramenta de análise de paisagem se mostrou essencial para monitorar as transformações ambientais e orientar estratégias de gestão sustentável.

CONCLUSÕES

A análise das imagens de sensoriamento remoto e o processamento dos dados proporcionaram uma visão detalhada das mudanças na cobertura do solo e na paisagem urbana de Manaus ao longo dos anos. O crescente desenvolvimento urbano, impulsionado pela expansão da Zona Franca de Manaus e pelo aumento populacional, tem levado a uma série de desafios ambientais na região. A falta de um planejamento urbano eficaz resultou em ocupações irregulares, destruição da cobertura vegetal e problemas relacionados à poluição e infraestrutura urbana precária.

A melhoria da resolução das imagens, utilizando o método de nitidez pancromática, possibilitou uma classificação mais precisa das áreas e a realização de amostragens de treinamento para a identificação das classes de interesse.

A análise das métricas de paisagem revelou uma diminuição da vegetação ao longo dos anos, juntamente com uma expansão significativa das áreas urbanas. A análise

das métricas também mostrou um declínio no número de fragmentos, sugerindo uma tendência de fragmentos vizinhos se unirem para formar áreas maiores.

A integração de métricas de paisagem em estudos futuros pode fornecer insights importantes para orientar o planejamento urbano e a conservação da biodiversidade em áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

AGGARWAL, S. Principles of Remote Sensing. In: SIVAKUMAR, M.V.K. et al. **Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology**. Dehra Dun, India, World Meteorological Organization, 2004.

ALVES, et al, Planejamento, ordenamento e gestão integrada ecologia de paisagem e análise integradora da paisagem da sub-bacia do rio dos patos. **Anais. XIV ENEEAmb, II Fórum Latino SBEA–Centro-Oeste**,2016.

BARBOSA, F. M. F. **Mapeamento da Expansão Agropecuária sobre as Florestas do Cerrado Baiano: Um Estudo na Região Oeste (1985 –2017)**. 2019. Dissertação de Mestrado. Salvador: Universidade Federal da Bahia- UFBA, 2019.

CABRAL, A. et al. Deforestation pattern dynamics in protected areas of the Brazilian Legal Amazon using remote sensing data. **Applied Geography**, v. 100, p. 101-115, 2018.

FORSTER, B.C. An examination of some problems and solutions in urban monitoring from satellite platforms. **International Journal of Remote Sensing**, 1985.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. Dissertação (Mestrado e Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama dos municípios**. Censo IBGE 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>>. Acesso em abril de 2024.

JUNG, M. LecoS-A QGIS plugin for automated landscape ecology analysis. **PeerJ PrePrints**, 2013.

KUDO, S. A.; PEREIRA, H; SILVA, S. C. P. A proteção jurídica dos fragmentos florestais urbanos: um estudo da paisagem e da legislação ambiental e urbanística da cidade de Manaus. **Desenvolvimento e Meio ambientes**, v. 38, 2016.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Landscape analysis with GIS**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MACIEL, F. B. Assentamentos precários: caso de Manaus. In: Maria da Piedade Morais; Cleandro Krause; Vicente Correia Lima Neto. (Org.). **Caracterização e tipologia de assentamentos precários: estudos de caso brasileiros**. Brasília: Ipea, 1, 2016.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS**:spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, USA, 1995.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

NOGUEIRA, A. C. F. et al. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. **Anais**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, v. 21, p. 26, 2007.

OLIVEIRA, M. S; PINHEIRO, E. Geoprocessamento aplicado a identificação de corredores ecológicos em Manaus/AM. **Anais**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba, PR, Brasil, p. 4563, 2010.

PAPASTERGIADOU, E. S. et al. Land use changes and associated environmental impacts on the Mediterranean shallow Lake Stymfalia, Greece. In: **Shallow Lakes in a Changing World: Proceedings of the 5th International Symposium on Shallow Lakes**, held at Dalfsen, The Netherlands, 5–9 June 2005. Springer Netherlands, 2007.

PEREIRA, J. L. G. et al. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, 2001.

PMM. Prefeitura Municipal de Manaus. **Diário Oficial do município de Manaus**. 2010. Disponível em: <<http://dom.manaus.am.gov.br/pdf/2010/janeiro/dom2365cad1.pdf>>. Acesso em 25/03/2024.

SMITH, W. S. et al. Urban biodiversity: how the city can do its management? **Biodiversity International Journal**, Oklahoma, v. 2, n. 3, 2018.

SOUSA, I. S. **A ponte Rio Negro e a Região Metropolitana de Manaus: adequações no espaço urbano-regional à reprodução do capital**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2013.

SOUSA, L. H. S. et al. Abordagens integradas à gestão sustentável de resíduos urbanos: uma análise do projeto Descarte's na orla de Santarém-PA. **Peer Review**, v. 6, n. 3, 2024.

SOUTO, C. R. B.; MUNDSTOCK, A. C. S. Manaus: o Desafio Do Desenvolvimento Urbano Sustentável. **ContraCorrente: Revista do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas**, [S.l.], n. 21, 2024.

SOUZA, I. M. **Sensoriamento Remoto Orbital aplicado a Estudos Urbanos**. Material Didático. INPE, São José dos Campos, 2012.

SOUZA, V.; et al. "Pressão urbana sobre os fragmentos florestais: estudo de caso da área de proteção ambiental-APA Reserva Adolpho Ducke na cidade de Manaus-AM." **Research, Society and Development**, 2023.

TANNIER, C. et al. Impact of urban developments on the functional connectivity of forested habitats: a joint contribution of advanced urban models and landscape graphs. **Land Use Policy**, Enschede, v. 52, 2016.