

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

USO DA TERRA E IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MARIANINHO, MANAUS-AM (2016-2024)

Karine Galvão Lima¹ ; Flavio Wachholz²

Abstract: The article presents the environmental impacts resulting from urban expansion, which is manifested through the construction of high-cost housing developments and condominiums located in the Marianinho Watershed (Manaus-AM). The study seeks to understand the significant and direct relationship of human activity through the mapping of different land uses in the watershed during the years 2016 and 2024, and the impacts these changes have on water quality and the landscape. Remote sensing was used to assess these impacts through the production of land use maps of the Marianinho Watershed, as well as field sampling at two points for the analysis of the water's physical-chemical parameters and the capture of aerial imagery. The study indicates the growth of built-up areas to the detriment of vegetation and exposed soil areas, with a reduction of 14.63 ha and 46.96 ha, respectively. Furthermore, vegetation fragmentation has direct consequences for the watershed, such as the increase in water temperature in areas where human activity is more intense, reinforcing the need for urban planning and land-use regulation to minimize environmental impacts.

Resumo: O artigo apresenta os impactos ambientais decorridos da expansão urbana que é manifestada através da construção de loteamentos e condomínios residenciais de alto custo, que estão localizados na Bacia Hidrográfica do Marianinho (Manaus-AM). Busca-se, então, compreender a expressiva e direta relação da ação antrópica através do mapeamento dos diferentes usos do terra na Bacia Hidrográfica, nos anos de 2016 e 2024, e dos impactos que estes apresentam para a qualidade da água e para a paisagem. Fez-se, então, o uso do sensoriamento remoto para averiguar os impactos, a partir da produção de mapa de uso da terra, além da coleta de amostras em campo de dois pontos para análise dos parâmetros físico-químicos da água e captura de imagens aéreas. O estudo indica o crescimento das áreas construídas em desfavor das áreas de vegetação e solo exposto, numa redução de 14,63 ha e 46,96 ha, respectivamente. Além disso, a fragmentação vegetal apresenta consequências diretas para a bacia hidrográfica, como no aumento da temperatura da água em áreas onde a ação antrópica é mais intensa, reforçando a necessidade de ações de planejamento urbano e ordenamento territorial para minimizar os impactos ambientais.

Palavras-Chave – Expansão urbana, uso da terra, qualidade da água.

INTRODUÇÃO

A implementação da Zona Franca de Manaus (ZFM), em 1967, trouxe desenvolvimento industrial e econômico à cidade de Manaus, capital do Amazonas (região norte do Brasil). Todavia,

¹) Discente UEA: Av Djalma Batista, 2470- Chapada, (92) 99400-4135, kgl.geo22@uea.edu.br

²) Docente UEA: Av Djalma Batista, 2470- Chapada, (92) 98444-5383 fwachholz@uea.edu.br

a atração populacional, que se instaurou, repercutiu na expansão acelerada da mancha urbana na cidade.

Modifica-se, então, através dos processos vigentes de ocupação, a relação do homem com este determinado espaço, principalmente com a paisagem urbana, de forma que, “virtualmente, todos os aspectos do ambiente são alterados pela urbanização e a industrialização, inclusive o relevo, o uso da terra, a vegetação, a fauna, a hidrologia e o clima” (Drew, 1989).

A expansão urbana atual direciona-se às áreas que até então se diferenciam do centro da cidade e dos agitos urbanos e se encontram longe desta. Isto é, áreas com presença de cobertura vegetal, redes de drenagem e grande espaçamento entre os empreendimentos. É o caso dos conjuntos habitacionais planejados e de alto custo financeiro que se localizam principalmente nos bairros Ponta Negra e Tarumã, na Zona Oeste de Manaus.

Os bairros citados estão inseridos na Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu (BHTA) que tem como canal principal o Rio Tarumã Açu, afluente da margem esquerda do Rio Negro, caracterizados como rios de águas pretas. A BHTA trata-se de uma bacia periurbana, e sua margem esquerda do baixo curso está cercada de condomínios e loteamentos residenciais de alto padrão, além de outros empreendimentos de recreação, como casas flutuantes e chácaras.

A Bacia Hidrográfica do Marianinho (BHM), sub-bacia do Tarumã-Açu, apresenta este mesmo padrão. No entanto, principalmente através da construção do Loteamento Caminho das Marinas II, localizado no bairro Ponta Negra, enfrenta, agora, alterações em sua paisagem devido à ação antrópica, mais precisamente, de ocupação, através da exposição do solo e remoção da cobertura vegetal.

A análise das constantes alterações da dinâmica do uso e cobertura da terra possibilitam o entendimento da intensidade dessas mudanças na paisagem, do período em que elas ocorrem ou se intensificam, assim como o tipo de mudança que está ocorrendo. Ou seja, traz uma dimensão espacial e temporal dos impactos da remoção da cobertura vegetal em nome da urbanização (Seabra; Cruz, 2013).

O presente estudo trata da análise dos impactos antrópicos para com a Bacia Hidrográfica do Marianinho. É a partir da ciência geográfica, que, ao estudar o espaço, permite a compreensão e debate acerca da relação do homem com as bacias hidrográficas. Logo, nesta tarefa, o sensoriamento remoto, através da captura e processamento de imagens aéreas nos auxilia a elucidar visualmente essas relações, através de seus produtos cartográficos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa se caracteriza como um estudo de caso a partir de uma abordagem quali-quantitativa. Inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico a partir de livros, artigos e periódicos para revisão teórica acerca do estudo de bacias hidrográficas, expansão urbana e impactos ambientais.

O software QGIS foi usado para a delimitação da BHM, a partir de arquivos shapefile da hidrografia e curvas de nível da área urbana de Manaus, para a localização espacial dos impactos ambientais, bem como dos principais empreendimentos localizados na bacia.

A imagem adquirida do satélite PlanetScope (disponível a partir da licença para fins educacionais em: <https://www.planet.com/>), em composição colorida 4B-3G-2R, que realça a área urbana. A classificação digital, segundo Crosta (1993) é a associação de cada pixel da imagem a um

“rótulo”, descrevendo um objeto real. Ou seja, as características de cada pixel são associadas a um tipo de cobertura do terreno, no caso: vegetação, solo exposto, área construída e espelho d’água.

A classificação do uso do terra do recorte espacial fora feita de maneira supervisionada (semiautomática) por meio de amostragem e classificação no Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), também foi usado a ferramenta ThRasE do Plugin Dzetsaka Classification Dock para a correção supervisionada das classificações.

As imagens do Google Earth Pro foram utilizadas para a produção de cartas-imagens para identificação das mudanças temporais na APP (Área de Proteção Permanente) utilizando o buffer de 30 metros, da rede de drenagem nos anos de 2013, 2016, 2019 e 2023. As imagens foram capturadas de acordo com um espaçamento temporal de 3 a 4 anos e entre os meses de julho e agosto, durante o verão amazônico, para que não apresentassem sombreamento de nuvens.

Em trabalho de campo, dois pontos do médio curso do Igarapé do Marianinho foram analisados em 31 de julho de 2024. O primeiro à montante do Loteamento Caminho das Marinas, e o segundo, localizado após o empreendimento. Os dados coletados com a sonda multiparâmetro AK 88, referem-se ao pH (potencial Hidrogênio), oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, totais de sólidos dissolvidos e temperatura da água; a turbidez da água foram capturados com o turbidímetro digital portátil Instrutherm. Os dois equipamentos foram previamente calibrados.

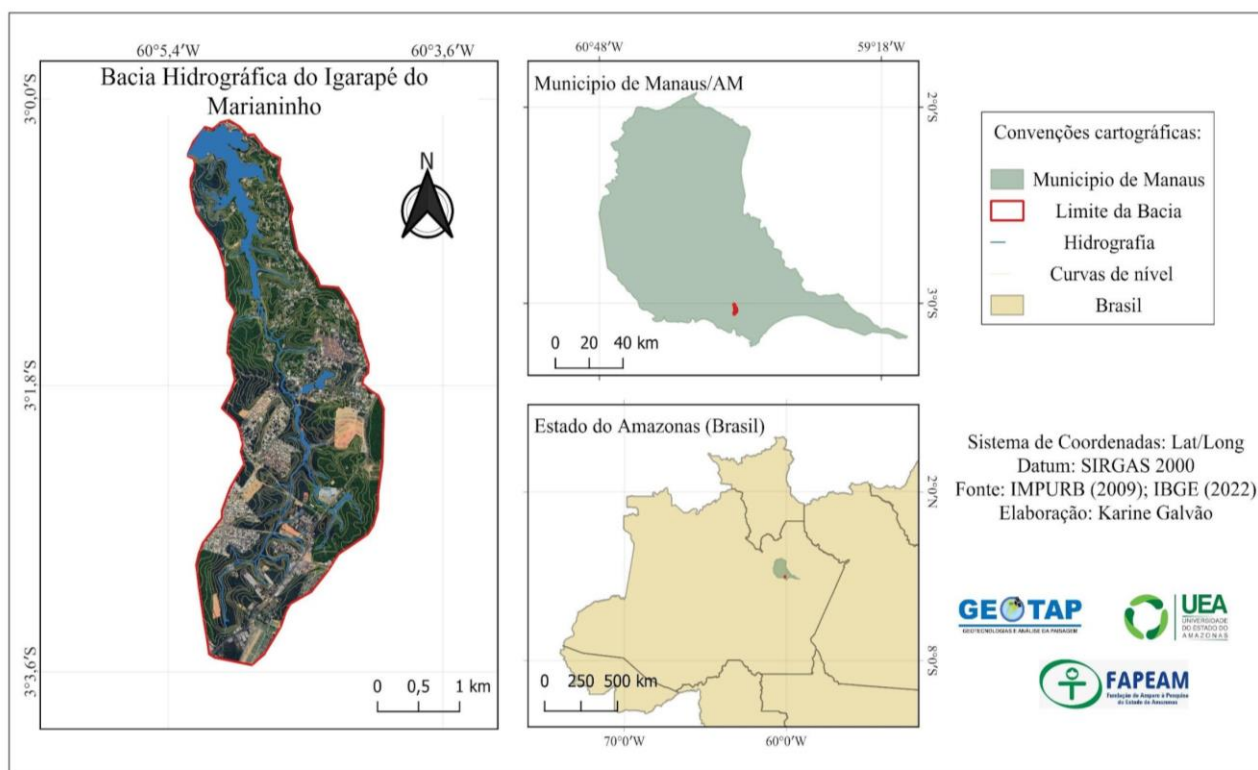
Área de estudo

A BHM está localizada em Manaus, no estado do Amazonas, região Norte do Brasil. Manaus está situada à margem esquerda do rio Negro e está inserida, então, na bacia hidrográfica do rio Amazonas, a maior bacia hidrográfica do mundo, um sistema hidrológico composto por cerca de 1.700 rios de maior porte e uma infinidade de pequenos igarapés de grande importância ecológica e social (OZORIO, 2011).

Entende-se como bacia hidrográfica, à ótica de Finkler (2011), um conjunto de superfícies vertentes constituídas pela superfície do solo e de uma rede de drenagem formada pelos cursos d’água que confluem até chegar a um leito único no ponto de saída. Esse conjunto também abriga ecossistemas que podem e são diretamente afetados pela ação humana.

A Figura 1 apresenta a localização da BHM. A área de drenagem possui cerca de 860 hectares e abrange os bairros da Ponta Negra e Tarumã, localizados na Zona Oeste, uma das seis zonas administrativas da cidade de Manaus.

Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Marianinho



RESULTADOS

Uso e cobertura da terra na BHM

O mapa de uso e cobertura da terra da BHM dos anos de 2016 e 2024 (Figura 2) é resultante da classificação das imagens de satélite PlanetScope dos dias 17/08/2016 e 08/09/2024, sinalizando as seguintes classes: áreas construídas, solo exposto, vegetação e espelho d'água. A quantificação dos classes encontram-se na tabela 1.

As áreas construídas representam a variável de maior crescimento na BHM, num crescimento de 71,90 ha (+8,36%). Em consonância com o crescimento destas áreas, as áreas de vegetação reduziram cerca de 14,63 ha (-1,70%) e as de solo exposto, reduziram 46,95 ha (-5,46%). Nota-se, então, a intensificação da área construída na bacia hidrográfica, bem como sua proximidade à rede de drenagem e, principalmente, o processo da fragmentação vegetal. Também é possível observar que a intensidade de áreas construídas se concentra à jusante, são maiores próximos à nascente e mais rarefeitas quando próximas à foz.

Alguns dos empreendimentos construídos, que são majoritariamente voltados para a habitação, ainda se encontram em fase de construção, o que reproduz as áreas de solo exposto, que ora também se tornarão área construída. As áreas de solo exposto, por sua vez, representam uma forte vulnerabilidade ambiental, onde a falta de cobertura vegetal somada a alta incidência pluviométrica da região ocasionam significativos danos ambientais como erosão e assoreamento de igarapés (Bühning, 2010).

Embora os bairros Ponta Negra e Tarumã estejam inseridos no contexto urbano da cidade de Manaus, de acordo com o levantamento, a vegetação ainda é a classe de uso predominante, correspondendo a mais da metade da área da bacia hidrográfica nos dois anos. No entanto, o aumento

exponencial da área construída denota a pressão, também crescente, sobre a vegetação e os recursos hídricos locais.

Figura 2 – Mapa de Uso e Cobertura da terra da Bacia Hidrográfica (2016 e 2024)

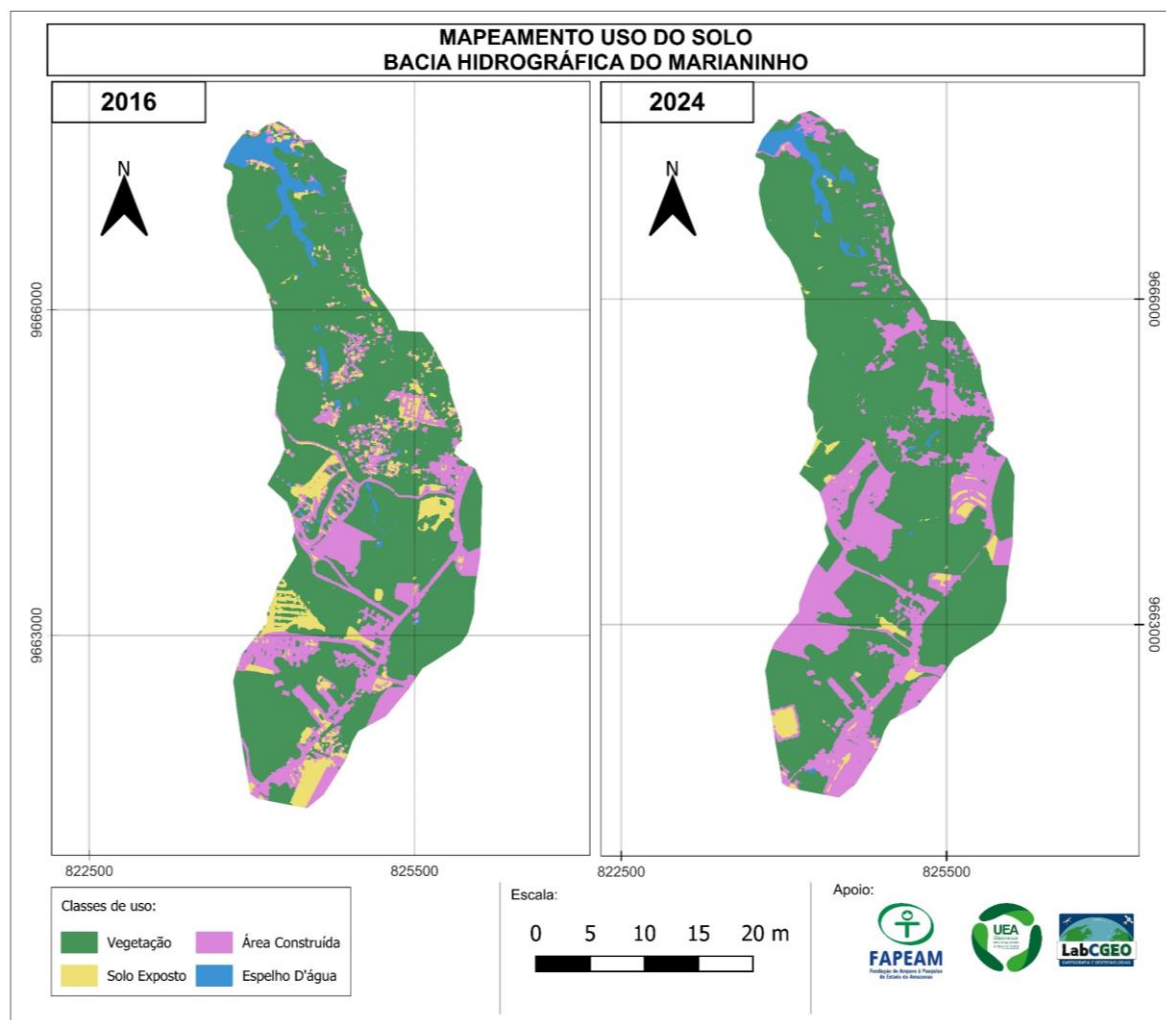


Tabela 1: Quantificação das classes de Uso e Cobertura da Terra

| Classes | 2016 | | 2024 | | Variação (%) |
|-----------------|---------------|------------|---------------|------------|--------------|
| | Área (ha) | Área (%) | Área (ha) | Área (%) | |
| Vegetação | 486,71 | 56,60 | 591,45 | 68,80 | -1,70 |
| Área construída | 307,03 | 35,71 | 214,91 | 24,99 | +8,36 |
| Água | 35,06 | 4,09 | 29,89 | 3,48 | -5,46 |
| Solo Exposto | 30,87 | 3,60 | 23,42 | 2,73 | -1,20 |
| Total | 859,67 | 100 | 859,67 | 100 | - |

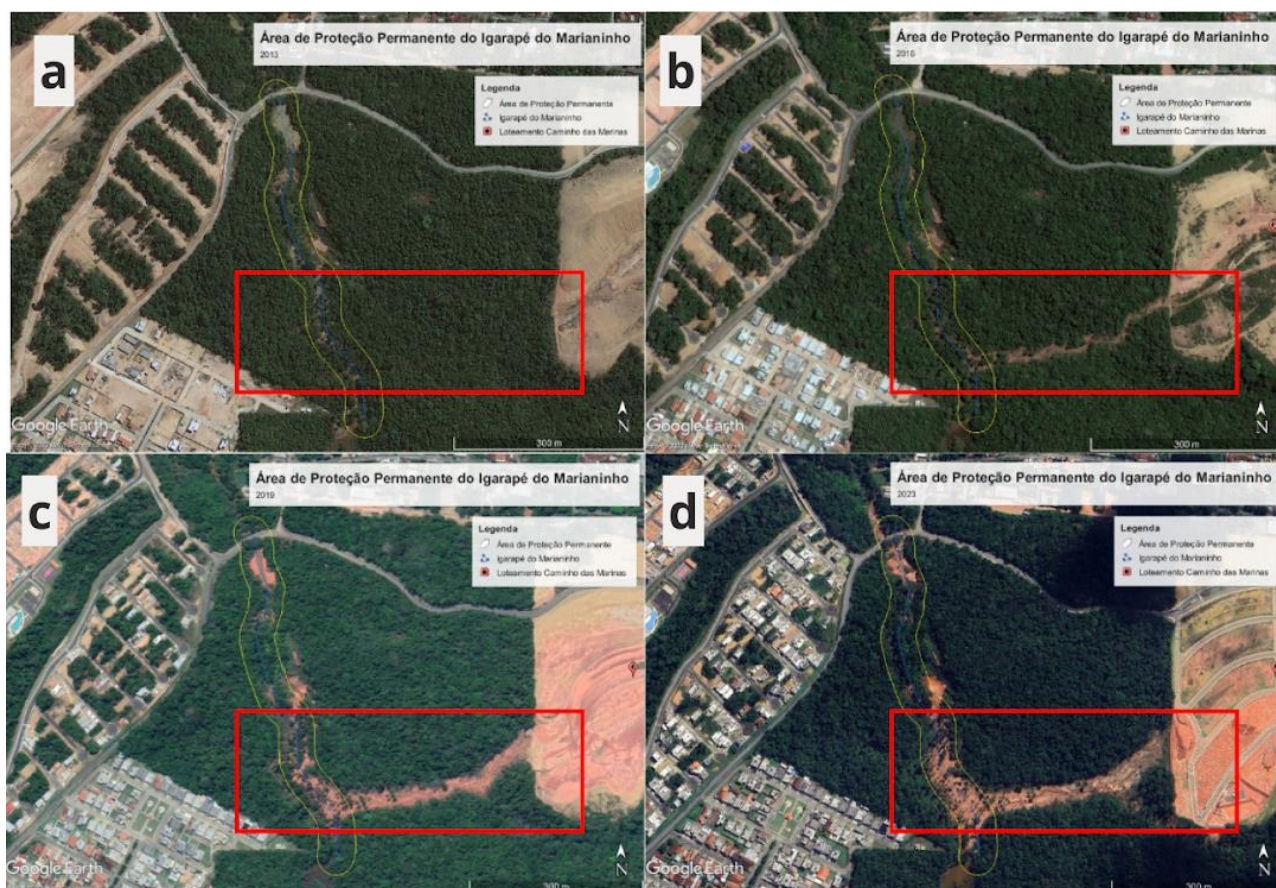
Impactos Ambientais sobre a Área de Proteção Permanente (APP)

Na margem direita do Igarapé do Marianinho, encontra-se a área de maior impacto ambiental visível, trata-se do Loteamento Caminho das Marinas II ($3^{\circ}2'1,04''S$, $60^{\circ}4'7,49''W$). O loteamento conta com uma área total de $149.742,48m^2$ dos quais $25.759,12m^2$ são de Área de Proteção Permanente (SB IMÓVEIS, 2022).

O Código Florestal Brasileiro segundo a Lei 12.651/2012 estabelece como Área de Proteção Permanente (APP) pelo menos 30 metros da faixa marginal de uma rede de drenagem, para que se exerça a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade (BRASIL, 2012).

Na Figura 4, a partir dos itens a, b, c e d constam capturas temporais dos anos de 2013, 2016, 2019 e 2023 num recorte do Igarapé do Marianinho que destaca a APP do Igarapé e o Loteamento Caminho das Marinas II.

Figura 3 – Comparativo temporal de 2013 a 2024 (Google Earth)



De acordo com as imagens, nota-se que desde o ano de 2013 a área do loteamento já havia sido sujeita ao processo de decapeamento. À medida que os processos de construção e implementação dos condomínios circunvizinhos avançam, as alterações na rede de drenagem também ocorrem. Na Figura 4, é visível o alargamento da área impactada, como o assoreamento e impacto na vegetação.

Figura 4 – Foto Área do Igarapé do Marianinho (2024)



Qualidade da água

A qualidade da água pode ser expressa de acordo com alguns parâmetros, que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas. Estes são definidos pela legislação, como o que é estabelecido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente na resolução 357/2005 (CONAMA, 2005). No entanto, os igarapés de águas pretas apresentam algumas particularidades quando se diz sobre os parâmetros definidos pela legislação, como em relação ao das águas e temperaturas elevadas.

Os parâmetros físico-químicos foram medidos em dois pontos de coleta (Tabela 2). A primeira coleta aconteceu à margem da avenida Sócrates Bonfim, onde há ainda a presença de mata ciliar e o principal fator de impacto visível é o escoamento de efluentes pluviais da avenida. No entanto, o ponto 2 encontra-se visivelmente mais impactado, há uma presença mínima de vegetação secundária e despejo direto de efluentes domésticos. Os valores reduzidos de Oxigênio dissolvido traduzem a poluição por matéria orgânica dos corpos hídricos analisados (SPERLING, 2014), assim como os parâmetros de condutividade e totais de sólidos dissolvidos estão alterados. Os indicadores de temperatura também expõem como a ausência da cobertura vegetal afeta os corpos d'água a partir do desequilíbrio das dinâmicas de troca de energia entre o calor latente e sensível, visto que o ponto 1 apresentou menor temperatura da água (26,3°C) em comparação com o ponto 2 (28,2°C), significativamente mais antropizado.

Tabela 2: Parâmetros Físico-Químicos da água

| Parâmetro | Ponto 1 | Ponto 2 | Referência (Conama, 2005 – Classe 2) |
|--------------------------------------|---------|---------|--------------------------------------|
| pH | 6,81 | 6,63 | 6 a 9 |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | 3,6 | 3,9 | >5 |
| Condutividade Elétrica (µS/cm) | 93 | 92,5 | - |
| Temperatura da Água (°C) | 26,3 | 28,2 | - |
| Totais de Sólidos Dissolvidos (mg/L) | 50,3 | 45,9 | <500 |
| Turbidez (NTU) | 5,85 | 11,55 | <100 |

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do sensoriamento remoto para o acompanhamento das mudanças temporais do uso da terra e da paisagem é fundamental para a análise do espaço geográfico. A utilização do software QGis, bem como o plugin de classificação SCP, auxiliaram na quantificação e, portanto, visualização dessas dinâmicas espaciais de uso e ocupação da área estipulada. A partir da observação temporal do Igarapé do Marianinho, percebe-se que a retirada da cobertura vegetal, processo inicial da intensificação urbana, é uma manifestação primária dos impactos ambientais do homem para a bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, que segue sofrendo interferência através da ação do homem.

A BHM, exemplifica bem as transformações que a urbanização apresenta para as bacias hidrográficas amazônicas, de modo que, mesmo se tratando em certos moldes, de uma expansão territorialmente ordenada, apresenta significativas alterações no meio ambiente, e que este deve ser o orientador para as medidas de planejamento, acima da especulação econômica.

Retifica-se, então, a importância de políticas de retenção desses impactos ambientais a partir de órgãos e ações competentes, de maneira a preservar e restaurar a qualidade da água das bacias hidrográficas, tão presentes na cidade de Manaus e tão influentes na construção do homem na sociedade e que vise o manejo correto e consciente dos elementos hídricos de forma estrutural.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a concessão de bolsa de iniciação científica no âmbito PAIC/FAPEAM. O segundo autor agradece a concessão da Gratificação de Produtividade Acadêmica da UEA.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.651, Art 3º de 25 de Maio de 2012. *Área de Proteção Permanente*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 de Maio de 2012. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm . Acesso em: 12 de abril de 2025.

BÜHRING, R. (2010). *Estudo da dinâmica de uso do solo e cobertura vegetal e elaboração de uma proposta de zoneamento para a Bacia Hidrográfica do Tarumã, Manaus, Amazonas*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Ministério do Meio Ambiente, 2005.

CROSTA, A. P. (1993). *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. 3º Edição. Campinas – SP, UNICAMP.

DREW, D. (1989). *Processos Interativos Homem- Meio Ambiente*. Editora Bertrand, Rio de Janeiro.

OZORIO, F. M. J. (2011). *Pensando a Amazônia*. Editora Valer, Manaus.

SB Imóveis. *Implantação do Loteamento Caminho das Marinas*. Manaus, Maio de 2022, disponível em: <https://sbimoveis.com/portfolio-items/caminho-das-marinas-ii/#>

SEABRA, V. da S.; CRUZ, C. M. (2013). *Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio São João, RJ*. Uberlândia.

SPERLING, M.V. (2014). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. UFMG, Belo Horizonte.