

Antropogeomorfologia e Transformações Morfológicas na Bacia Hidrográfica do Igarapé Água Branca, Manaus (Am)

Anthropogeomorphology and Morphological Transformations in the Água Branca River Basin, Manaus (Am)

Alan Kristian Nunes Machado¹

Matheus Silveira de Queiroz²

Flávio Wachholz³

Michel Watanabe⁴

Palavras-chave

Geomorfologia Fluvial
Uso e Cobertura da Terra
Antropogeomorfologia
Bacias urbanas amazônicas

Resumo

O presente estudo analisa a bacia hidrográfica do igarapé Água Branca, localizada na zona oeste de Manaus (AM), com o objetivo de analisar as transformações morfológicas da bacia, as alterações no uso e cobertura da terra no período de 2016 a 2024 e a qualidade ambiental do curso d'água. A pesquisa está inserida no contexto dos impactos antrópicos sobre as bacias urbanas amazônicas, nas quais a expansão imobiliária, o adensamento populacional e as deficiências de planejamento urbano têm intensificado os processos de degradação ambiental. Para entender a morfologia do canal foram realizadas pesquisas de campo no ano de 2024. As análises do uso e cobertura do solo foram realizadas através de imagens da constelação PlanetScope entre os anos de 2016 e 2024. Além disso, foi realizado o mapeamento hipsométrico e de declividade. Os resultados indicaram que a vegetação, embora permaneça como classe predominante (68,3% em 2024), apresentou redução de 3,6% em relação a 2016, enquanto as áreas urbanizadas e o solo exposto aumentaram 1,8%. Essas mudanças refletem a intensificação da ocupação antrópica, especialmente nos cursos médio e baixo da bacia, onde a impermeabilização do solo e o desmatamento de vegetação ciliar modificam a dinâmica hidrogeomorfológica. Conclui-se que a bacia do igarapé Água Branca apresenta um cenário típico de degradação fluvial urbana, reforçando a necessidade de planejamento territorial que integre conservação ambiental e expansão urbana planejada.

Keywords

Fluvial Geomorphology
Land Use and Land Cover
Anthropogeomorphology
Amazonian urban basins

Abstract

This study analyzes the Água Branca River Basin, located in the western zone of Manaus (AM), with the objective of analyzing the morphological transformations of the basin, changes in land use and land cover between 2016 and 2024, and the environmental quality of the river. The research is situated within the context of anthropogenic impacts on Amazonian urban basins, where real estate expansion, population density, and deficiencies in urban planning have intensified environmental degradation processes. To understand the morphology of the river, field research was conducted in 2024. Land use and land cover analyses were performed using images from the PlanetScope constellation between 2016 and 2024. In addition, hypsometric and slope mapping was carried out. The results indicated that vegetation, although remaining the predominant class (68.3% in 2024), showed a 3.6% reduction compared to 2016, while urbanized areas and exposed soil increased by 1.8%. These changes reflect the intensification of human occupation, especially in the middle and lower reaches of the basin, where soil impermeability and deforestation of riparian vegetation modify the hydrogeomorphological dynamics. It is concluded that the Água Branca River Basin presents a typical scenario of urban fluvial degradation, reinforcing the need for territorial planning that integrates environmental conservation and planned urban expansion.

¹Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Porto Velho, RO, Brasil. aknm.geografia@gmail.com

²Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, AM, Brasil. matheussilveiradequeiroz@gmail.com

³Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Manaus, AM, Brasil. fwachholz@uea.edu.br

⁴Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Porto Velho, RO, Brasil. michelwatanabe@unir.br

INTRODUÇÃO

Os rios desempenham um papel fundamental no transporte de sedimentos, água e matéria orgânica, servindo como corredores naturais que conectam diferentes ecossistemas. Os cursos d'água atuam como sistemas de fluxo contínuo, redistribuindo sedimentos e materiais provenientes da paisagem. Esse processo pode ser alterado por intervenções antrópicas, que modificam a estabilidade dos rios urbanos (Sioli, 1975; Stevaux; Latrubesse, 2017).

A dinâmica dos rios urbanos reflete a complexa interação entre processos naturais e a ação antrópica. Em cidades como Manaus, onde os igarapés desempenham um papel importante na drenagem e no equilíbrio ecológico, a urbanização desordenada tem provocado impactos nesses corpos d'água (Couceiro, 2005), comprometendo sua estabilidade e aumentando a vulnerabilidade ambiental.

Essas alterações não se limitam às mudanças de cobertura vegetal, mas também afetam a morfologia das encostas e dos canais fluviais. Além das características naturais, como declividade e forma de relevo, as intervenções humanas intensificam os processos erosivos e elevam os riscos geomorfológicos (Queiroz; Alves, 2020), tornando indispensável compreender tais dinâmicas para orientar políticas públicas voltadas à mitigação de desastres e à ocupação planejada dos ambientes urbanos.

No contexto da área urbana da cidade de Manaus, Amazonas, todas as bacias hidrográficas, são diretamente impactadas pelo crescimento urbano desordenado (Macena; Costa, 2012). Apesar da crescente degradação

dos igarapés urbanos, a bacia do Tarumã-Açu ainda mantém fragmentos de sua vegetação original, desempenhando um papel fundamental na regulação da dinâmica hidrológica local (Pinto *et al.*, 2009). Entretanto, a pressão antrópica sobre a região vem aumentando, impulsionada pelo crescimento de empreendimentos imobiliários e comerciais, o que ameaça a qualidade ambiental do Igarapé Água Branca.

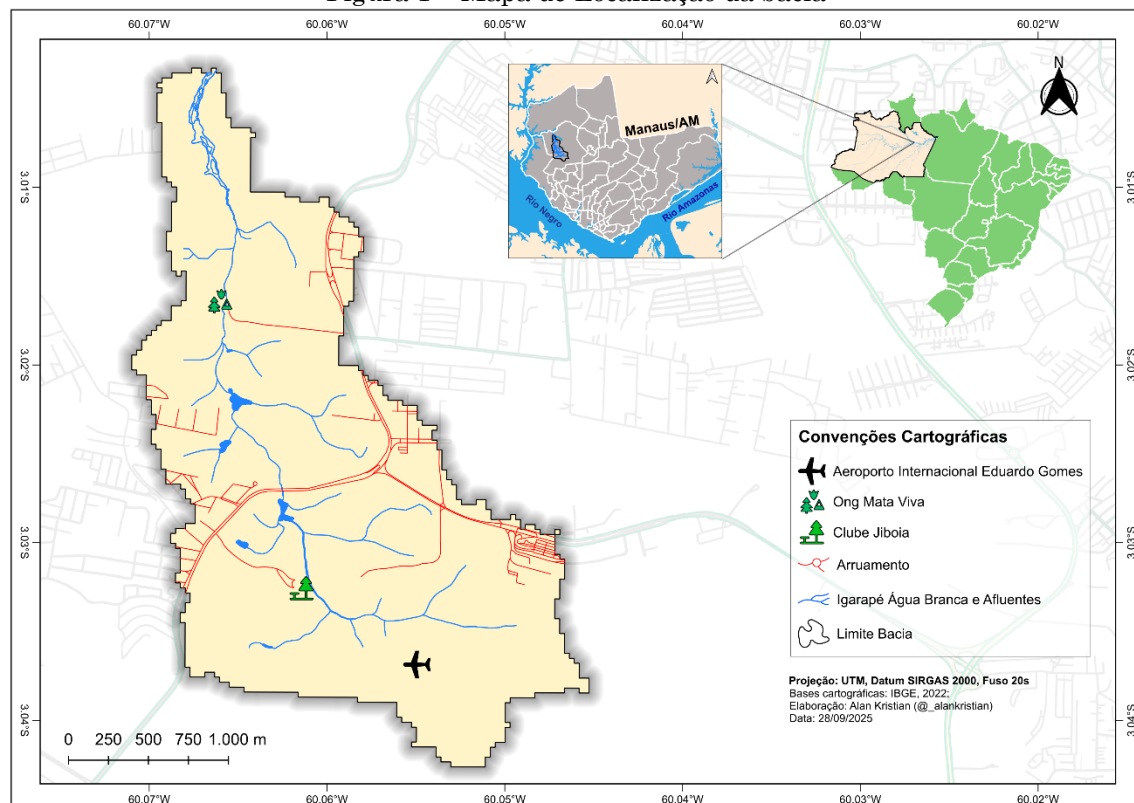
Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo analisar os impactos antrópicos na bacia hidrográfica do Igarapé Água Branca, com ênfase nas transformações morfológicas do igarapé e nas mudanças no uso e cobertura da terra da bacia, bem como na qualidade ambiental do curso d'água.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Igarapé Água Branca, que possui aproximadamente 5,965 km², é sub-bacia da bacia do Tarumã-Açu, afluente do rio Negro (Figura 1). Observa-se uma crescente alteração em seu curso d'água devido à expansão imobiliária e ao despejo inadequado de resíduos, afetando sua qualidade ambiental e características geomorfológicas (Pinho, 2022; Machado; Wachholz, 2023). Essas transformações antrópicas refletem diretamente sobre a dinâmica fluvial local, modificando os padrões de escoamento superficial, a capacidade de infiltração e o regime do nível da água do igarapé (Queiroz *et al.*, 2024).

Figura 1 – Mapa de Localização da bacia



Fonte: Os autores (2025).

Segundo Queiroz *et al.*, (2024), rios urbanos de Manaus que deságuam no Negro, apresentam dois padrões distintos de variação sazonal do nível da água: nos trechos médios e superiores, o nível responde diretamente à precipitação, apresentando picos de cheia coincidentes com o período mais chuvoso (março a abril); nos trechos inferiores, próximos à foz, o nível é controlado pela oscilação do rio Negro, com defasagem de dois a três meses entre o pico de chuva e o pico de cheia.

A geomorfologia da região é caracterizada por pequenas e médias colinas dissecadas pela ação do clima, vales fechados e uma rede de drenagem subdendrítica, a área está modelada na Formação Geológica Alter do Chão. Localmente a altimetria da região não ultrapassa 120 metros com colinas com uma altimetria entre 50 e 100 metros (Vieira, 2008; Silva, 2005). Quanto à litologia da bacia predomina na região de Manaus a Formação Alter do Chão que é constituída predominantemente por arenitos, siltitos e lamitos avermelhados, variando de finos a médios, com estruturas de corte e preenchimento (Albuquerque, 1922; Caputo, 1984).

Os solos da região variam conforme a topografia. Nos platôs predominam os Latossolos Amarelos, associados a Espodosolos e Plintossolos em terrenos ondulados. Nas

encostas destacam-se os Argissolos Vermelho-Amarelos, enquanto nas áreas mais baixas ocorrem Neossolos Quartzarênicos hidromórficos e Gleissolos associados às planícies aluviais (Radambrasil, 1978; Embrapa, 2018; Costa, 2020).

Procedimentos Metodológicos

Os trabalhos de campo na bacia foram realizados nos dias 14 de julho de 2024 e 02 de agosto de 2024, período de vazante (Queiroz *et al.*, 2020; 2024), e serviram de base para a validação dos mapas de hipsometria, declividade e cobertura da terra assim como para a análise do curso principal (sinuosidade, presença de resíduos, análise da vegetação e análise das unidades fluviais) e ações antrópicas ocorrentes (obras de engenharia despejo de efluentes e resíduos sólidos).

A obtenção do Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizou-se o FABDEM (*Forest And Buildings removed Copernicus DEM*) com resolução espacial de 30 metros e remoção da influência da cobertura vegetal e construções antrópicas no terreno (Hawker *et al.*, 2022). A declividade foi calculada de acordo com as classes definidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979) (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação de declividade

Classes	Declividade
Plano	0 a 3%
Suave Ondulado	3 a 8%
Ondulado	8 e 20%
Forte Ondulado	20 a 45%
Montanhoso	45 a 75%
Escarpado	>75%

Fonte: Embrapa (1979).

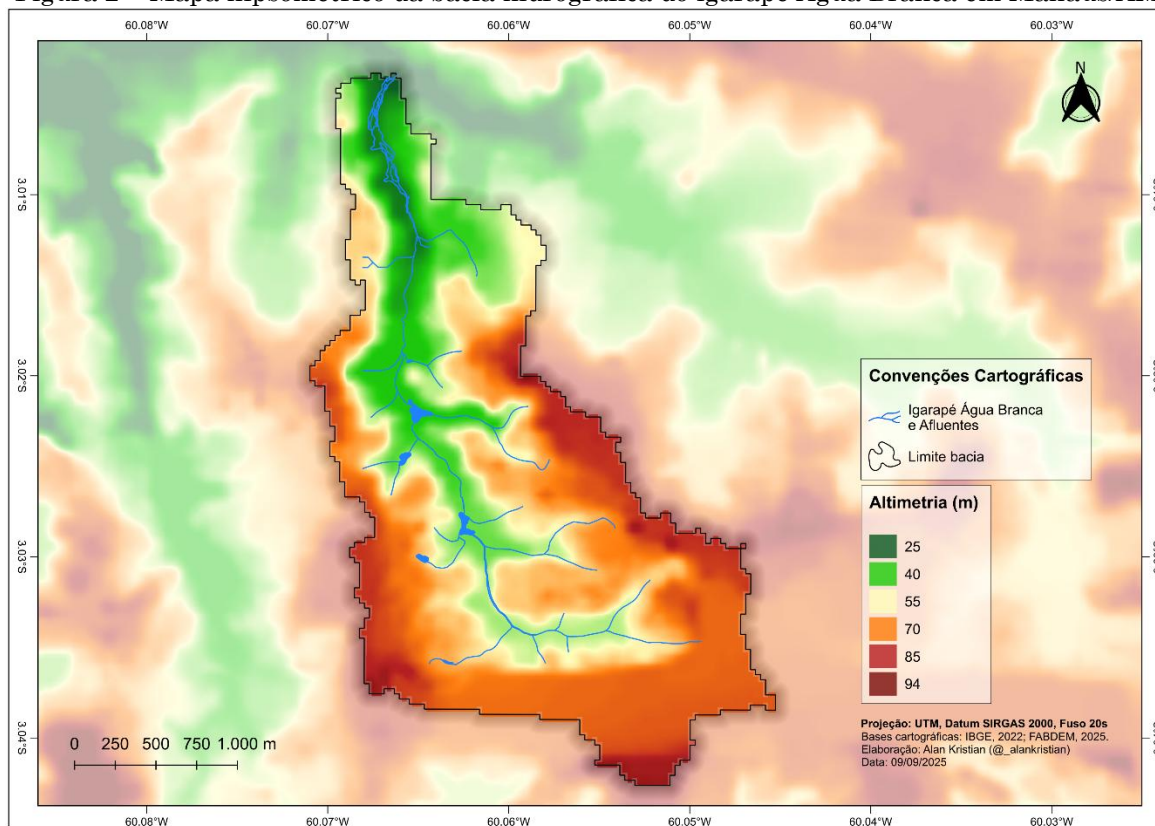
O mapeamento de uso e cobertura da terra foi realizado com base em imagens da constelação PlanetScope série Dove com revisita diária. As imagens possuem resolução espacial aproximada de 5 metros, cobrindo faixas (*swaths*) de aproximadamente 24 km de largura. As datas definidas para o mapeamento correspondem aos dias 30 de julho de 2016, 30 de julho de 2020 e 10 de junho de 2024. O mapeamento foi realizado pelo *Semi Automatic Plugin* (SCP) no *software QGIS Desktop 3.40.5* (QGIS Development Team, 2024). Após a classificação automática, procedeu-se ao pós-processamento com o plugin *Thematic Raster Editing* (ThRasE), que permitiu corrigir erros de classificação comuns a esse tipo de procedimento. A acurácia da classificação foi avaliada no SCP por meio da comparação entre pontos de validação e a imagem classificada, apresentando valores entre 40% e 50%. O mesmo procedimento foi aplicado após o pós-

processamento com o plugin ThRasE, resultando em acurácia superior a 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da distribuição hipsométrica da bacia do igarapé Água Branca indica concentração predominante nas classes intermediárias de altitude. As altitudes de 70 a 85 metros ocupam a maior proporção da área, correspondendo a 33,01% (1,969 km²). Em seguida, as cotas entre 55 e 70 metros representam 31,85% (1,9 km²), enquanto a faixa de 40 a 55 metros abrange 24,81% (1,48 km²). As áreas mais baixas, entre 25 e 40 metros, ocupam 7,87% (0,47 km²), concentrando-se nas zonas de escoamento final e drenagem principal. Por fim, as altitudes mais elevadas, entre 85 e 94 metros, representam 2,46% (0,146 km²) da área da bacia (Figura 2).

Figura 2 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do igarapé Água Branca em Manaus/AM



Fonte: Os autores (2025).

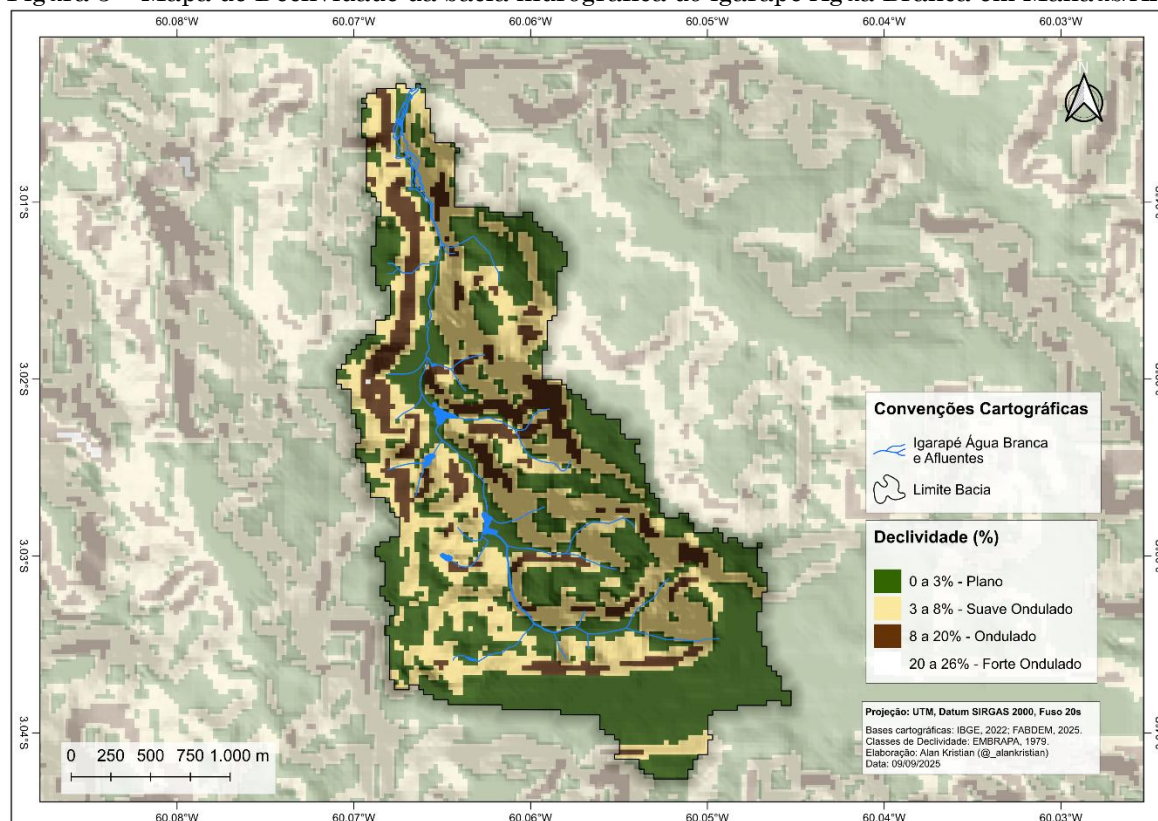
Análise semelhante realizada por Queiroz (2025) na bacia do Mindu, onde a variação altimétrica entre 119,66 m e 24,82 m, com amplitude de 94,84 m e relação de relevo de apenas 0,005 m/km, também indicou um terreno amplamente dissecado e de reduzida variação altitudinal. Esse comportamento é comparável ao observado na bacia do igarapé Água Branca, indicando que as bacias urbanas de Manaus compartilham um padrão de relevo rebaixado.

Da mesma forma, os resultados deste estudo foram coerentes com as análises de Machado e Wachholz (2023), que, embora tenham utilizado metodologia distinta, identificaram maior predominância das classes de 70 a 85 metros (32,42%) e 55 a 70 metros (31,71%), seguidas das

altitudes intermediárias de 40 a 55 metros (23,61%). As cotas mais baixas (25 a 40 m) e as áreas mais elevadas (acima de 85 m) apresentaram menores proporções.

A análise da declividade da bacia do igarapé Água Branca, a partir do MDE FABDEM, evidenciou uma predominância das classes planas (0 a 3%), que abrangem 45,89% (2,737 km²) da área total. Em seguida, as áreas classificadas como suave ondulado (3 a 8%) correspondem a 41,81% (2,494 km²), enquanto as porções onduladas (8 a 20%) ocupam 12,28% (0,733 km²). As áreas de maior inclinação, agrupadas na classe forte ondulado (20 a 26%), são pouco expressivas, representando apenas 0,02% (0,001 km²) da bacia (Figura 3).

Figura 3 – Mapa de Declividade da bacia hidrográfica do igarapé Água Branca em Manaus/AM



Fonte: Os autores (2025).

Quando comparados aos resultados apresentados por Machado e Wachholz (2023), percebe-se uma diferença significativa na distribuição das classes. Enquanto os autores identificaram uma menor proporção de áreas planas (37,19%) e uma participação mais expressiva das classes suave ondulado (12,77%), ondulado (24,84%) e principalmente forte ondulado (20 a 45%), com 21,32%. Os resultados atuais apontam para uma configuração mais suavizada do relevo, com concentração nas duas primeiras classes (plano e suave ondulado), que juntas representam quase 88% da área da bacia.

A diferença entre os resultados pode ser explicada, sobretudo, pela metodologia adotada. Enquanto Machado e Wachholz (2023) derivaram o mapeamento a partir da interpolação TIN (*Triangular Irregular Network*) de curvas de nível, método que tende a acentuar as variações locais do relevo e, consequentemente, ampliar a participação das classes de maior declividade, o presente estudo utilizou o modelo FABDEM, que fornece uma representação altimétrica mais homogênea e corrigida de artefatos associados à vegetação e construções antrópicas, essa distinção metodológica resultou em uma representação mais suavizada do relevo, com predominância das classes planas e suavemente onduladas.

De acordo com Costa *et al.* (2013), bacias com

baixa dissecação e relevo suavemente ondulado tendem a apresentar respostas hidrológicas lentas, com redução dos picos de cheia e maior estabilidade morfológica, o que se ajusta ao padrão observado na bacia do igarapé Água Branca. As amplitudes altimétricas reduzidas, semelhantes às verificadas nas bacias do Tarumã-Açu e Puraquequara, reforçam a caracterização de superfícies pouco acidentadas, com predomínio de processos deposicionais. Já Colares *et al.*, (2022) destacam que áreas fortemente onduladas e íngremes representam pequena fração do relevo na região de Manaus, predominando feições suavemente onduladas e onduladas, configuração que favorece o uso urbano, mas também a ocorrência de processos erosivos localizados quando há supressão da vegetação.

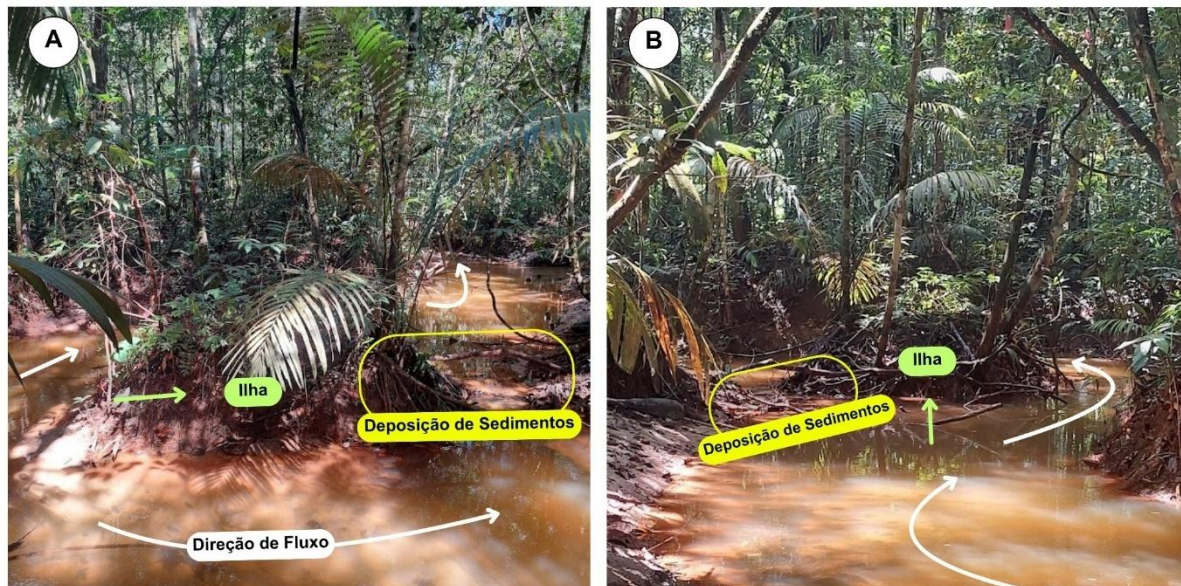
Intervenções antrópicas como terraplanagens e deposição de materiais argilosos tendem a modificar a estrutura natural e a drenagem superficial, afetando diretamente a qualidade das águas e alterando o equilíbrio geomorfológico dos cursos d'água. Dessa forma, a interpretação das altitudes e declividades deve abranger não apenas os condicionantes naturais do relevo, mas também as modificações resultantes do avanço urbano e das intervenções antrópicas recentes na área de estudo (Soares, 2025). Esse padrão evidencia

uma morfologia suavizada, com predomínio de superfícies planas a suavemente onduladas, resultado de uma dinâmica geomorfológica estabilizada.

Análise Morfológica do Canal e Alterações Antrópicas

Foi possível observar, no igarapé da Água Branca, a presença de pequenas ilhas fluviais (Figura 4). Essas feições foram estabilizadas por vegetação perene em sedimentos finos (silte + argila), semelhante às ilhas que ocorrem no rio Negro (Alves, 2013; Queiroz *et al.*, 2025). Nas margens dessas ilhas observa-se também a deposição de sedimentos arenosos, que podem indicar aumento da área dessas ilhas por estabilização de barras de areia (Leli, 2015).

Figura 4 – Ilhas fluviais no igarapé Água Branca



Fonte: Os autores (2024).

A figura 5 apresenta a dinâmica dos processos fluviais atuais do igarapé Água Branca. Em áreas de curvatura, observa-se a deposição de sedimentos na margem convexa (Figuras 5A e 5C), onde a redução da velocidade do fluxo favorece a deposição de material arenoso e sedimentos finos, resultando na formação de barras. A presença de obstáculos, como troncos caídos, também induz zonas de

baixa energia fluvial e deposição localizada (Figura 5B). Em contrapartida, as margens côncavas apresentam maior concentração de energia do fluxo, promovendo erosão lateral criando margens erosivas que acrescentam sedimentos ao canal (Figura 5D). Esses processos são semelhantes ao que ocorre em rios meandantes (Stevaux; Latrubesse, 2017).

Figura 5 – Feições morfológicas. A) Formação de bancos de areia na margem direita do igarapé Água Branca. B) Deposição de sedimentos na margem esquerda do igarapé Água Branca e a conexão com a ilha no meio do leito. C) e D) Processos de erosão lateral e deposição, com a formação de bancos de areia (linha amarela = limite dos depósitos)



Fonte: Os autores (2024).

O médio curso do igarapé Água Branca evidencia uma organização espacial clara de unidades fluviais, resultado da interação entre a declividade local e a exposição do substrato rochoso da Formação Alter do Chão. O canal desenvolve-se sobre um leito rochoso, condição comum em rios urbanos de Manaus (Queiroz *et al.*, 2020), onde a erosão superficial e a dissecação natural do relevo expõem o material consolidado e controlam a morfologia local.

Em rios tropicais de leito rochoso, a resistência das litologias e a estrutura geológica controlam a incisão do canal, limitam a migração lateral e estabelecem um regime de fluxo mais concentrado, caracterizado por canais estáveis e menor reatividade morfológica (Santos *et al.*, 2022). A morfologia dos leitos fluviais amazônicos é fortemente controlada pela interação entre o fluxo e o transporte de sedimentos, processo que define as formas de

fundo e os padrões de deposição e erosão ao longo do canal (Gualtieri *et al.*, 2020). Assim, o comportamento morfodinâmico do igarapé Água Branca reflete esse mesmo controle litológico, apresentando um canal de baixa energia, mas suscetível a ajustes rápidos durante eventos de precipitação intensa, em função da resistência diferencial do substrato e da configuração topográfica da bacia.

A bacia do igarapé Água Branca apresenta evidências de processos erosivos e deposicionais intensificados pela expansão urbana e pelo manejo inadequado do escoamento pluvial. A impermeabilização do solo e a supressão da vegetação ripária têm favorecido o aumento do escoamento superficial e o aporte de sedimentos para o leito principal, promovendo o assoreamento de tributários e a instabilidade das vertentes (Figura 6).

Figura 6 – Ações antrópicas na margem direita do igarapé Água Branca. A e B: Assoreamento do canal, presença de tubos/galerias danificados de escoamento da avenida para o igarapé. C) Área com indícios de queimada. D) Surgimento do empreendimento no meio da vegetação nas margens do igarapé Água Branca



Fonte: Os autores (2024).

O avanço da urbanização sobre as margens de um igarapé urbano, em Manaus, tem gerado condições semelhantes, com acúmulo de materiais lamosos e alteração da dinâmica natural dos fluxos hídricos (Souza-Filho *et al.*, 2019). As pressões urbanas sobre bacias de igarapés intensificam o aporte sedimentar e comprometem a morfodinâmica natural dos canais. Em Manaus, há contaminação por esgoto nos igarapés urbanos (Mindu e Quarenta), evidenciando que atividades humanas contribuem para o aumento da carga de poluentes e sedimentos nos ambientes aquáticos (Melo *et al.*, 2019).

Intervenções antrópicas como dragagens, canalizações e construções civis em áreas de planície de inundação têm modificado significativamente os processos de erosão, transporte e deposição nos rios urbanos de Manaus, resultando em uma nova dinâmica

hidrossedimentar marcada pela formação de depósitos tecnogênicos e pela instabilidade morfológica dos canais (Queiroz *et al.*, 2024).

Sendo assim, a situação observada na bacia do Água Branca reflete um quadro típico de degradação fluvial urbana, em que a dinâmica natural do relevo é substituída por um sistema condicionado pelas intervenções antrópicas recentes. Nesse sentido, uma das feições erosivas encontradas na bacia do igarapé Água Branca é resultado direto da remoção da cobertura vegetal e da intensa ocupação urbana (Figura 7). Trata-se de uma voçoroca em estágio avançado, característica comum em Manaus, onde a combinação entre litologia da Formação Alter do Chão, alta declividade das encostas e processos de terraplanagem associados à expansão urbana intensificam a suscetibilidade do terreno à erosão.

Figura 7 – Voçorocamento na foz do Igarapé Água Branca



Fonte: Os autores (2024).

A ocorrência da voçoroca identificada no baixo curso da bacia confirma a vulnerabilidade do relevo local diante da supressão vegetal e da ocupação desorganizada, fenômeno recorrente em Manaus e também observado em municípios do entorno metropolitano (Vieira, 2008; Frota Filho *et al.*, 2020; Vieira *et al.*, 2022).

Estudos indicam que o avanço dessas feições está relacionado à litologia arenosa da Formação Alter do Chão, à declividade acentuada e à ausência de drenagem pluvial adequada, fatores que favorecem o escoamento superficial concentrado, o recuo progressivo das cabeceiras, desmatamento e ocupações de vertentes íngremes. Os custos ultrapassam milhões de reais em contenções, remoção de famílias e danos à rede de drenagem urbana (Vieira, 2008; Molinari; Vieira, 2025). Além de causar impactos ambientais diretos, como a perda de solo e o assoreamento de canais, essas feições implicam riscos à infraestrutura e a paisagem. Nesse sentido, a ocorrência de voçorocas no entorno do igarapé Água Branca evidencia como

os processos erosivos urbanos se associam à morfologia natural da área, alterando o equilíbrio hidrossedimentológico do canal e condicionando a dinâmica fluvial local.

O Rio Negro impõe um barramento hidráulico sobre o Tarumã-Açu. Esse processo é um dos principais controles hidrodinâmicos sobre o regime de fluxo e os processos sedimentares no baixo curso de afluentes da bacia Amazônica. Esse fenômeno ocorre quando a declividade baixa dos canais, grande amplitude das variações de nível d'água e a diferença na descarga líquida promovem uma forte influência do canal principal no afluente, reduzindo a capacidade de escoamento e gerando zonas de fluxo subcrítico e baixa energia, de forma que o baixo curso dos canais torna-se propício a deposição de sedimentos (Siqueira; Filizola, 2021). O igarapé Água Branca é submetido ao barramento hidráulico do igarapé do Tarumã Açu, dessa forma o baixo curso tem seu vale bloqueado e o canal passa a responder ao regime fluvial do rio Negro (Figura 8).

Figura 8 – Foz do igarapé Água Branca no encontro com o igarapé Tarumã-Açu. (A) Vista geral da confluência, destacando os igarapés da Bolívia, Tarumã-Açu e Água Branca; (B) Detalhe do igarapé Água Branca na proximidade de sua foz, evidenciando a influência do barramento hidráulico.



Fonte: Os autores (2024).

Uso e Cobertura da Terra

A análise da dinâmica de cobertura da terra entre 2016 e 2024 evidencia alterações graduais no uso e ocupação da área de estudo. A vegetação natural, que representava 71,9% da superfície em 2016 (4.287 km²), apresentou leve incremento em 2020, atingindo 72,7% (4.335 km²), seguido por uma redução moderada em 2024, quando passou a ocupar 68,3% (4.073 km²). Essa diminuição recente indica a tendência de conversão progressiva da cobertura vegetal, possivelmente associada à expansão

urbana e ao avanço de áreas sob uso antrópico. As áreas urbanizadas apresentaram crescimento contínuo e gradual ao longo do período analisado, passando de 11,5% (0,685 km²) em 2016 para 13,3% (0,794 km²) em 2024. De forma semelhante, o solo exposto variou de 16,6% (0,993 km²) em 2016 para 18,4% (1,098 km²) em 2024, após um decréscimo pontual em 2020 (15,5%). Esses resultados indicam um processo progressivo de intensificação do uso antrópico e reorganização da cobertura da terra. (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra

Classes de cobertura da terra	2016 (km²/%)	2020 (km²/%)	2024 (km²/%)	Variação 2016-2024 (km²/%)
Vegetação	4,287 / 71,9%	4,335 / 72,7%	4,073 / 68,3%	-0,214/-3,6%
Área Urbanizada	0,685 / 11,5%	0,704 / 11,8%	0,794 / 13,3%	+0,109/+1,8%
Solo Exposto	0,993 / 16,6%	0,926 / 15,5%	1,098 / 18,4%	+0,105/+1,8%

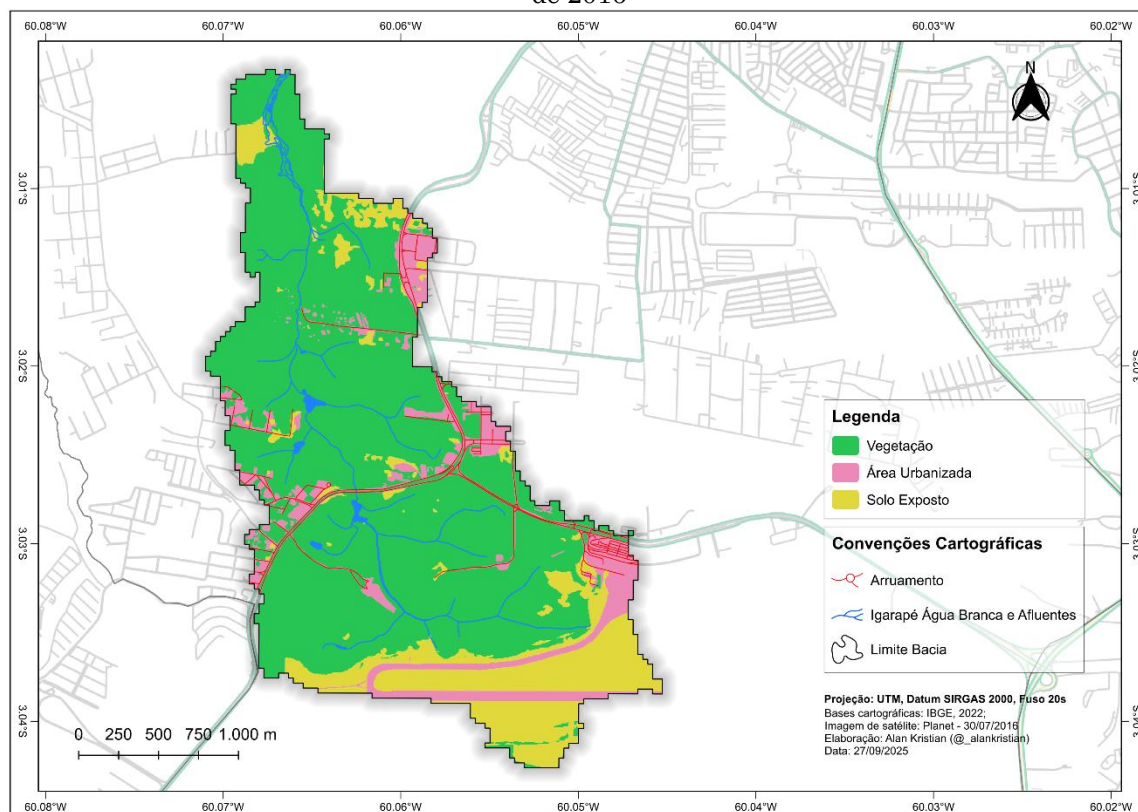
Fonte: Os autores (2025).

Em 2016 (Figura 9), a vegetação correspondia à maior parte da bacia, configurando um cenário ainda relativamente preservado, com áreas urbanizadas restritas às proximidades do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes e alguns núcleos de ocupação mais antigos. O solo exposto aparecia de forma pontual, associado principalmente a obras de terraplanagem e ao entorno das áreas urbanizadas. No ano de 2020 (Figura 10), verifica-se a intensificação do processo de expansão urbana, com a ampliação significativa das áreas construídas. O solo exposto aumentou em proporção, distribuindo-se de maneira mais difusa ao longo da bacia, especialmente em regiões de expansão imobiliária e corredores

viários. Apesar disso, a vegetação ainda se manteve como classe predominante, embora em retração frente ao avanço antrópico.

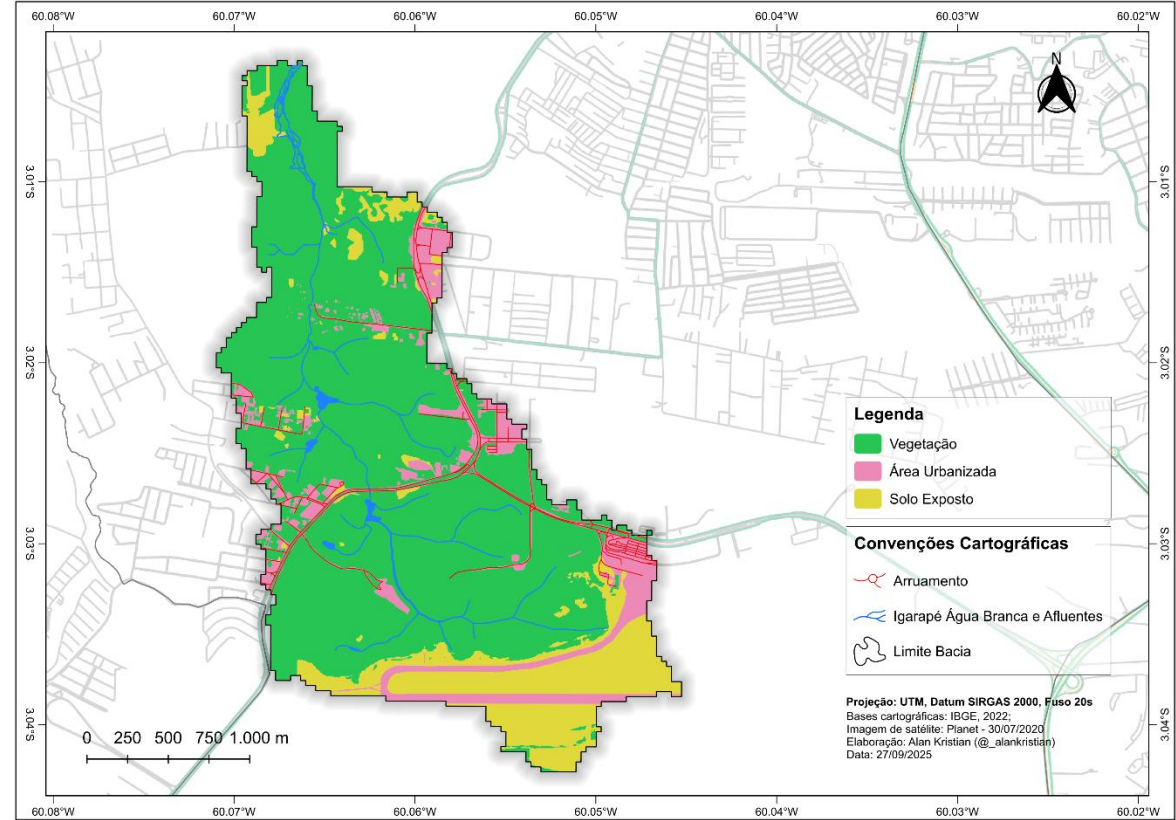
Em 2024 (Figura 11), observa-se o ápice da transformação espacial registrada nesta série temporal. As áreas urbanizadas aumentaram expressivamente, ocupando setores médios e inferiores da bacia, com destaque para o crescimento de loteamentos e condomínios residenciais. O solo exposto também apresentou acréscimos, resultado de processos contínuos de desmatamento e abertura de novas áreas para obras e expansão urbana. Nesse contexto, a vegetação continua sendo a classe majoritária, mas sua redução é visível em comparação com os anos anteriores.

Figura 9 – Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Igarapé da Água Branca no ano de 2016



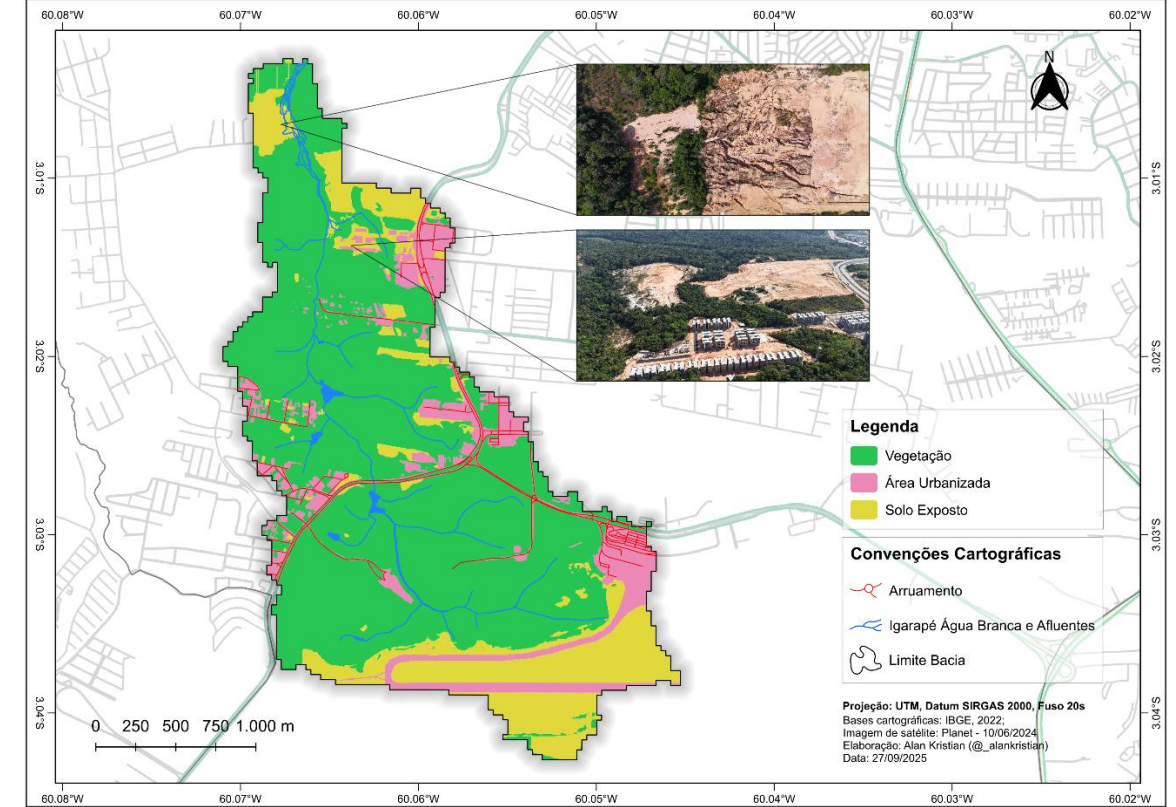
Fonte: Os autores (2025).

Figura 10 – Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Igarapé da Água Branca no ano de 2020



Fonte: Os autores (2025).

Figura11 – Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Igarapé da Água Branca no ano de 2024



Fonte: Os autores (2025).

Os resultados deste estudo corroboram investigações anteriores que abordam as transformações no uso e cobertura da terra na região de Manaus. A predominância de áreas de vegetação natural (cerca de 76%), acompanhada pela expansão progressiva das superfícies antrópicas, especialmente áreas construídas e solo exposto no igarapé Água Branca (Machado; Wachholz, 2023). Ainda que diferentes metodologias tenham sido aplicadas, há convergência quanto à tendência regional de substituição da cobertura vegetal por superfícies antropizadas, fenômeno diretamente associado ao avanço da urbanização na bacia. O crescimento populacional de Manaus sempre esteve ligado aos cursos d'água, de forma que as ocupações irregulares nas margens dos igarapés são frequentes na paisagem Manauara. Esse modelo é reflexo do desenvolvimento econômico impulsionado pela Zona Franca de Manaus e ao aumento considerável da população da cidade após a implementação do polo industrial (Oliveira, 2008).

A expansão urbana não planejada na bacia do rio Tarumã-Açu, onde está localizada a bacia do igarapé Água Branca, tem causado impactos ambientais expressivos, incluindo processos erosivos, agravados pela ausência de infraestrutura de saneamento e pela ocupação irregular de áreas de preservação permanente (Santos, 2024) e degradação da qualidade da água (Machado; Wachholz, 2025). Portanto, ao considerar o conjunto das análises regionais, observa-se que o padrão identificado na bacia do igarapé Água Branca integra uma tendência mais ampla de expansão urbana na zona oeste de Manaus, marcada pela substituição gradual da vegetação por áreas impermeáveis, pela fragmentação ambiental e pela perda da funcionalidade hidrológica das bacias. Tais transformações reforçam a necessidade de estratégias de ordenamento e planejamento urbano que considerem os limites ecológicos das microbacias e a importância da cobertura vegetal para a manutenção dos fluxos hídricos e da estabilidade dos solos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas na bacia hidrográfica do igarapé Água Branca evidenciaram que a configuração geomorfológica, marcada por altitudes intermediárias e predomínio de declividades planas e suavemente onduladas, exerce papel importante na dinâmica hidrossedimentar local. Os resultados demonstraram que a expansão urbana e a

supressão da vegetação ripária têm provocado alterações expressivas na morfologia e na estabilidade do canal, intensificando processos erosivos e deposicionais que afetam diretamente a qualidade ambiental da bacia.

A integração entre a análise morfológica e a perspectiva antropogeomorfológica permitiu compreender de forma mais ampla as interações entre fatores naturais e antrópicos, destacando o papel da urbanização na reconfiguração da paisagem fluvial amazônica. Essa abordagem contribui para o entendimento da dinâmica das microbacias urbanas de Manaus, ao mesmo tempo em que reforça a necessidade de incorporar critérios geomorfológicos e ambientais no planejamento territorial e nas políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos urbanos.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, o monitoramento contínuo da bacia com o uso de séries temporais mais longas e a inclusão de variáveis hidrológicas e de qualidade da água, de modo a aprofundar a análise sobre os efeitos das transformações antrópicas e subsidiar estratégias de gestão ambiental. Dessa forma, a pesquisa reafirma a importância de integrar o conhecimento geomorfológico às ações de planejamento urbano, contribuindo para a conservação das bacias urbanas amazônicas e para o equilíbrio entre ocupação humana e preservação dos sistemas fluviais.

Reforça-se a necessidade de que a gestão da bacia do igarapé Água Branca seja acompanhada por ações integradas de planejamento e fiscalização, envolvendo órgãos como o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS), além de parcerias com universidades e organizações comunitárias. Tais iniciativas devem priorizar a recuperação das áreas degradadas, a proteção das matas ciliares e a prevenção de processos fluviais de influência antrópica. Entre as medidas recomendadas, destacam-se o mapeamento das áreas de risco, a identificação de fontes de degradação e o monitoramento contínuo da qualidade ambiental, assegurando que a expansão urbana ocorra de forma menos impactante para os recursos hídricos e a dinâmica geomorfológica da bacia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Estado do Amazonas (UEA), instituição onde a pesquisa foi desenvolvida, bem como à Universidade

Federal do Amazonas (UFAM) e à Universidade Federal de Rondônia (UNIR), pelo apoio institucional e científico. Agradecemos também à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo suporte financeiro concedido por meio de bolsa de pesquisa. Por fim, registram agradecimento ao Laboratório de Cartografia e Geotecnologias da Universidade do Estado do Amazonas (LabCGEO/UEA) pelo apoio técnico e pela infraestrutura disponibilizada.

FINANCIAMENTO

A presente pesquisa foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), por meio da RESOLUÇÃO N. 001/2022 – PAIC/AM – UEA e RESOLUÇÃO N. 001/2023 - PAIC/AM – UEA.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, O. Reconhecimentos geológicos no vale do Amazonas. **Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**, v. 3, p. 84, 1922.
- ALVES, A. C.; FREITAS, I. S.; SANTOS, M. Q. Análise multitemporal da expansão urbana da cidade de Manaus, Amazonas, utilizando imagens de satélite. **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 11, n. 1, p. 305-317, 2020. <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.802>
- ALVES, N. S. **Mapeamento Hidromorfodinâmico do Complexo Fluvial de Anavilhanas**: Contribuição aos Estudos de Geomorfologia Fluvial de Rios Amazônicos. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- ANTONIO, I. C. Índices climáticos e caracterização climática no entorno de Manaus. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1120-1133, 2017. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.4.p1120-1133>
- CAPUTO, M. V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil**. 1984. 583 f. PhD Thesis (Doctor of Philosophy) -University of California, Santa Barbara, 1984.
- CARVALHO, A. S.; NOGUEIRA, A. C. R.; FERNANDES FILHO, L. A.; NOGUEIRA, A. C. R. A Geologia da região de Manaus. *In*: Simpósio de Geologia da Amazônia, 8., 2003, Manaus, **Anais [...]**, Manaus: SBG/Núcleo Norte, 2003.
- COLARES, I. S.; FERREIRA JUNIOR, J. C.; RODRIGUES, L. S.; MAIA, S. A.; WACHHOLZ, F. Suscetibilidade do solo à erosão na bacia hidrográfica do Rio Tarumã-Açu (Amazonas–Brasil). **Caminhos de Geografia**, v. 23, n. 89, p. 367-389, 2022. <https://doi.org/10.14393/RCG238960655>
- COSTA, E. B. S.; SILVA, C. L.; SILVA, M. L. Caracterização física das Bacias Hidrográficas na região de Manaus (AM). **Caminhos da Geografia**: Uberlândia, v. 14, n. 46, 2013. p. 93-100. <https://doi.org/10.14393/RCG144619846>
- COSTA, J. S. **Relatório de situação bacia hidrográfica do Tarumã-Açu (Livro eletrônico)**: Transformações antrópicas e qualidade da água. 1. ed. Manaus: Ed. do autor, 2020.
- COUCEIRO, S. R. M. **Efeitos do desmatamento e da poluição sobre a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados aquáticos de igarapés urbanos de Manaus, Amazonas**. 2005. Dissertação (Programa em Ciências Biológicas) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 2005.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/327212>. Acesso em: 8 out. 2025.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 15 fev. 2026.
- FROTA FILHO, A. B.; ABREU, N. R. P.; VIEIRA, A. F. S. G. Processo de voçorocamento e feições secundárias: um estudo de caso em Manaus-AM. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 74, p. 313-323, 2020. <https://doi.org/10.14393/RCG217441778>
- GUALTIERI, C.; MARTONE, I.; FILIZOLA, N.; IANNIRUBERTO, M. Bedform morphology in the area of the confluence of the Negro and Solimões-Amazon rivers, Brazil. **Water**, v. 12, n. 6, p. 1630, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12061630>
- HAWKER, L.; UHE, P.; PAULO, L.; SOSA, J.; SAVAGE, J.; SAMPSON, C.; NEAL, J. A 30 M global map of elevation with forests and buildings removed. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 2, p. 024016, 2022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4d4f>
- LELI, I. T. **Gênese, evolução e geomorfologia das ilhas e planície de inundação do alto Rio Paraná, Brasil**. 2015. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.
- MACENA, L. S. L.; COSTA, R. C. A cidade como espaço do risco: estudo em bacias hidrográficas de

- Manaus, Amazonas – BR. **Revista Geonorte**, Manaus, Edição Especial, v. 3, 1(4), p. 318–330, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1829>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- MACHADO, A. K. N.; WACHHOLZ, F. Análise das ações antrópicas e mapeamento da Bacia Hidrográfica do Igarapé Água Branca, Manaus/AM. In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2023, Florianópolis. **Anais eletrônicos**. São José dos Campos, INPE, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/analise-das-acoes-antropicas-e-mapeamento-da-bacia-hidrografica-do-igarape-agua?lang=pt-br>. Acesso em: 15 out. 2025.
- MACHADO, A. K. N.; WACHHOLZ, F. Avaliação dos impactos antrópicos na água do igarapé Água Branca, Manaus/AM. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 16, n. 55, p. 368–393, 2025. <https://doi.org/10.21170/geonorte.2025.V.16.N.55.368.393>.
- MARINHO, R. R.; FURTADO, A. R.; SANTOS, V. C.; ZUMAK, A.; FILIZOLA, N. P. Riverbed morphology and hydrodynamics in the confluence of complex mega rivers -A study in the Branco and Negro rivers, Amazon basin. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 118, p. 103969, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103969>
- MELO, M. G.; SILVA, B. A.; COSTA, G. S.; NETO, J. C. A. S.; SOARES, P. K.; VAL, A. L.; CHAAR, J. S.; KOOLEN, H. H. F.; BATAGLION, G. A. Sewage contamination of Amazon streams crossing Manaus (Brazil) by sterol biomarkers. **Environmental Pollution**, v. 244, p. 818-826, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.055>
- MOLINARI, D. C. Áreas de risco a voçorocamento em Manaus/AM: Uma contribuição à Geografia Ambiental. **Ambientes: Revista de Geografia e Ecologia Política**, v. 4, n. 2, p. 15-70, 2022. <https://doi.org/10.48075/amb.v4i2.30322>
- MOLINARI, D. C. Intervenções públicas em áreas de risco avoçorocamento na cidade de Manaus (AM). **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 6, n. 01, p. 4-30, 2024. <https://doi.org/10.46551/rvg26752395202410430>
- MOLINARI, D. C.; VIEIRA, A. F. S. G. Obras de recuperação de áreas de risco a voçorocamento em Manaus (AM): caracterização e limitações. **Revista da ANPEGE**, v. 21, n. 45, 2025. <https://doi.org/10.5418/ra2025.v21i45.19868>
- OLIVEIRA, J. A. Espaço-Tempo De Manaus: a natureza das águas na produção do espaço urbano. **Espaço E Cultura**, UERJ, RJ, N. 23, P. 33-41, 2008.
- PINHO, J. **ÁGUA BRANCA: saiba mais sobre a última nascente viva de igarapé em manaus e sua importância. Saiba mais sobre a última nascente viva de igarapé em Manaus e sua importância.** 2022. Disponível em: <https://portalamazonia.com/meio-ambiente/agua-branca-saiba-mais-sobre-a-ultima-nascente-viva-de-igarape-em-manaus-e-sua-importancia/>. Acesso em: 26 out. 2025.
- PINTO, A. G. N.; HORBE; A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H. M. C. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus, AM. **Acta amazônica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 627-638, set. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300018>
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. 2024. QGIS Geographic Information System. Version 3.40.5. Open Source Geospatial Foundation. Disponível em: <https://qgis.org/>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- QUEIROZ, M. S. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Mindu, Manaus, Amazonas. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 7, n. 01, p. 581-597, 2025a. <https://doi.org/10.46551/rvg2675239520251581597>
- QUEIROZ, M. S.; ALVES, N. S. Análise Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Mindu–Manaus–Amazonas. **Geopauta**, v. 4, n. 2, p. 109-123, 2020. <https://doi.org/10.22481/rg.v4i2.6438>
- QUEIROZ, M. S.; BATISTA, S. P. M.; ALVES, N. S. Análise Hidrológica do Igarapé do Mindu, Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 57–71, 2020. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v22n3.704>
- QUEIROZ, M. S.; BATISTA, S. P. M.; ALVES, N. S.; MARINHO, R. R. Antropoceno: A Influência Antrópica nos Processos Fluviais de Rios Urbanos. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 49, 2024. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/76855>. Acesso em: 29 set. 2025.
- QUEIROZ, M. S.; MARINHO, R. R.; CARVALHO, J. A. L.; SILVA, C. F. The geomorphological landscape of the Mariuá Archipelago: An anabranching megacomplex system in the Negro River, Amazon Basin (Brazil). **Geomorphology**, 490, 110023, 2025b. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2025.110023>
- RADAMBRASIL. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. **Departamento Nacional de Produção Mineral**, Vol. 1–34. Brasília, Distrito Federal. 1978. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?view=detalhes&id=281395>. Acesso em: 09 out. 2025.
- SANTOS, S. N. **Dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra e seus reflexos sobre a qualidade da água da bacia no rio Tarumã-Açu.** 2024. Dissertação (Mestrado em

- Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2024.
- SANTOS, V.; STEVAUX, J. C.; SZUPIANY, R. N. Confluence analysis at basin scale in a tropical bedrock river–The Ivaí River, Southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 116, p. 103877, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103877>
- SILVA, C.L. **Análise Da Tectônica Cenozóica Da Região De Manaus E Adjacências**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.
- SIOLI, H. Tropical Rivers as Expressions of Their Terrestrial Environments. **Tropical Ecological Systems**, Berlin, v. 11, p. 275-288. 1975. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-88533-4_19
- SIQUEIRA, L. F.; FILIZOLA, N. Estudo hidrológico do efeito de barramento hidráulico no rio Tarumã-Açu, Manaus-AM. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 2, p. 315-335, 2021. <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i2.1752>
- SOARES, B. S. **Monitoramento da qualidade da água e do uso e cobertura da terra na Cachoeira Alta do Tarumã, Manaus/AM**. 2025. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2025.
- SOUZA-FILHO, E. A.; HORTÊNCIO-BATISTA, I.; ALBUQUERQUE, C. C. Levantamento de aspectos físico-químicos das águas da microbacia do mindu em Manaus-Amazonas. **Revista Geográfica de América Central**, n. 63, p. 295-321, 2019. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.63-2.13>.
- STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, M. E. **Geomorfologia Fluvial**. Oficina de Textos: São Paulo: 2017.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes de sedimentação**: sua interpretação e importância – Ambiente fluvial. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná; Associação de Defesa e Educação Ambiental ADEA, 1979.
- VIEIRA, A. F. S. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM)**: principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais. 2008. 310 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- VIEIRA, A. F. S. G.; LIMA, C. M. R.; SILVA, G. M. Caracterização das voçorocas da área urbana de Rio Preto da Eva (AM), Norte do Brasil. **Geologia USP, Série Científica**, v. 22, n. 4, p. 95-107, 2022. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v22-195101>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Alan Kristian Nunes Machado: Conceitualização, Redação – rascunho original, Metodologia, Análise Formal. Matheus Silveira de Queiroz: Redação, Supervisão, Conceitualização, Análise Formal. Flávio Wachholz: Redação, Conceitualização, Análise Formal. Michel Watanabe: Redação, Conceitualização, Análise Formal.

EDITOR ASSOCIADO: Silvio Carlos Rodrigues. 

DISPONIBILIDADE DE DADOS: Os dados que fundamentam os resultados deste estudo poderão ser disponibilizados pelo autor correspondente, mediante solicitação devidamente justificada. [Alan Kristian Nunes Machado].



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.