

## Artigo de Pesquisa

**SANEAMENTO AMBIENTAL E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO BINDÁ, MANAUS – AM****Environmental Sanitation and Land Use and Occupation in the Igarapé Bindá Water Basin, Manaus – AM**

Camila Fuziel<sup>1</sup>, Neliane Alves<sup>2</sup>, Flávio Wachholz<sup>3</sup>, Wallison do Nascimento<sup>4</sup>, Cláudio Silva<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Amazonas, PROFÁGUA, Manaus, Brasil. [cfs.mgr21@uea.edu.br](mailto:cfs.mgr21@uea.edu.br)

 <https://orcid.org/0009-0003-0074-8481>

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Coordenação de Geografia, Manaus, Brasil. [nsalves@uea.edu.br](mailto:nsalves@uea.edu.br)

 <https://orcid.org/0000-0003-4851-8514>

<sup>3</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Coordenação de Geografia, Manaus, Brasil.

 <https://orcid.org/0000-0003-1241-4844>

<sup>4</sup> Construtora ETAM, Engenharia, Manaus, Brasil. [wallison.n.santos@gmail.com](mailto:wallison.n.santos@gmail.com)

 <https://orcid.org/0009-0009-3847-0490>

<sup>5</sup> Universidade Federal de Santa Maria, DEGEO, Santa Maria, Brasil. [claumao@gmail.com](mailto:claumao@gmail.com)

 <https://orcid.org/0009-0006-3423-8756>

Recebido em 31/04/2024 e aceito em 17/10/2024

**RESUMO:** Esta pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá, em Manaus-AM, abrangendo os bairros Cidade Nova, Mundo Novo, Flores, Parque Dez de Novembro e Chapada, e desaguando no igarapé dos Franceses, afluente da Bacia do São Raimundo. Para identificar os padrões de uso e ocupação do solo, foi aplicada uma classificação supervisionada de imagens de satélite, que também possibilitou a detecção de alterações estruturais no igarapé. Adicionalmente, foram realizados sobrevoos com drone ao longo do canal principal, resultando em imagens aéreas que complementaram o mapeamento. Observou-se uma heterogeneidade nas ocupações e nos métodos construtivos ao longo do canal, refletindo desigualdades socioeconômicas que evidenciam a fragilidade das políticas públicas de ordenamento territorial. O Igarapé do Bindá, assim como outros cursos d'água em Manaus, sofre diversas modificações antrópicas, especialmente devido a intervenções de macrodrenagem, como a construção de muros de gabião e a instalação de galerias, que visam controlar o fluxo hídrico e mitigar enchentes. Os resultados indicam que o uso irregular das margens e a falta de ordenamento do solo urbano são fatores significativos na degradação ambiental da bacia. A degradação da Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá pode ser atribuída ao uso inadequado do solo e à expansão urbana desordenada, resultando em um cenário crítico. Nesse contexto, é essencial estabelecer articulações entre diferentes esferas do poder público para reverter a degradação das

bacias urbanas, promover a sustentabilidade dos recursos naturais e melhorar as condições de vida das populações vulneráveis.

**Palavras-chave:** Processos de Urbanização, Macrodrenagem, Corpos Hídricos, Qualidade da Água, Degradação Ambiental.

**ABSTRACT:** This research was conducted in the Watershed of the Igarapé do Bindá, located in Manaus-AM, encompassing the neighborhoods of Cidade Nova, Mundo Novo, Flores, Parque Dez de Novembro, and Chapada, and flowing into the Igarapé dos Franceses, a tributary of the São Raimundo Basin. To identify land use and occupation patterns, a supervised classification of satellite images was applied, which also enabled the detection of structural changes in the Igarapé. Additionally, drone overflights were conducted along the main channel, resulting in aerial images that complemented the mapping. A heterogeneity in land occupation and construction methods was observed along the channel, reflecting socioeconomic inequalities that highlight the fragility of public policies for land use planning. The Igarapé do Bindá, like other watercourses in Manaus, suffers from various anthropogenic modifications, particularly due to macro-drainage interventions, such as the construction of gabion walls and the installation of drainage galleries, aimed at controlling water flow and mitigating flooding. The results indicate that irregular use of the banks and the lack of urban land regulation are significant factors in the environmental degradation of the watershed. The degradation of the Igarapé do Bindá Watershed can be attributed to inadequate land use and uncontrolled urban expansion, resulting in a critical scenario. In this context, it is essential to establish coordination among different levels of government to reverse the degradation of urban watersheds, promote the sustainability of natural resources, and improve the living conditions of vulnerable populations.

**Keywords:** Urbanization Processes, Macrodrainage, Water Bodies, Water Quality, Environmental Degradation.

**RESUMEN:** Esta investigación se llevó a cabo en la Cuenca Hidrográfica del Igarapé do Bindá, en Manaus-AM, abarcando los barrios Cidade Nova, Mundo Novo, Flores, Parque Dez de Novembro y Chapada, y desembocando en el Igarapé dos Franceses, afluente de la Cuenca de São Raimundo. Para identificar los patrones de uso y ocupación del suelo, se aplicó una clasificación supervisada de imágenes de satélite, lo que también permitió detectar cambios estructurales en el igarapé. Adicionalmente, se realizaron sobrevuelos con dron a lo largo del canal principal, resultando en imágenes aéreas que complementaron el mapeo. Se observó una heterogeneidad en las ocupaciones y en los métodos constructivos a lo largo del canal, reflejando desigualdades socioeconómicas que evidencian la fragilidad de las políticas públicas de ordenamiento territorial. El Igarapé do Bindá, al igual que otros cursos de agua en Manaus, sufre diversas modificaciones antrópicas, especialmente debido a intervenciones de macrodrenaje, como la construcción de muros de gabián y la instalación de galerías, que buscan controlar el flujo hídrico y mitigar inundaciones. Los resultados indican que el uso irregular de las márgenes y la falta de ordenamiento del suelo urbano son factores significativos en la degradación ambiental de la cuenca. La degradación de la Cuenca Hidrográfica del Igarapé do Bindá puede atribuirse al uso inadecuado del suelo y a la expansión urbana desordenada, resultando en un escenario crítico. En este contexto, es esencial establecer articulaciones entre las diferentes esferas del poder público para revertir la degradación de las cuencas urbanas, promover la sostenibilidad de los recursos naturales y mejorar las condiciones de vida de las poblaciones vulnerables.

**Palabra clave:** Procesos de Urbanización, Macrofrenado, Cuerpos de Agua, Calidad del Agua, Degradación Ambiental.

## INTRODUÇÃO

A relação entre urbanização e meio ambiente é conturbada e desigual. As cidades apresentam diversos ecossistemas, embora as funções ecológicas dos grandes centros urbanos estejam cada vez mais relegadas. A expansão dos espaços urbanos sem o devido direcionamento, associado a ausência de políticas públicas favorece a degradação ambiental de ecossistemas frágeis, como as áreas de mananciais (NUNES, 2015).

Nos processos de urbanização, o uso e ocupação do solo são fatores determinantes, sem o devido planejamento podem contribuir para a ocorrência de desastres que resultam em perdas materiais e óbitos. Inundações, por exemplo, são combinações de fatores atmosféricos, topográficos, características das bacias hidrográficas e ocorrem principalmente pela ocupação irregular das margens dos rios e supressão da vegetação ripária (NUNES, 2015).

A urbanização não constitui um problema, tampouco o crescimento demográfico em si. Mas sim a maneira como esses fenômenos se processam no espaço e no tempo, quando ocorre a ocupação e concentração da população em áreas ambientalmente sensíveis e suscetíveis à riscos. A resposta desses fenômenos se reflete em problemas de ordem ambiental, social e econômico (MENDONÇA, 2021).

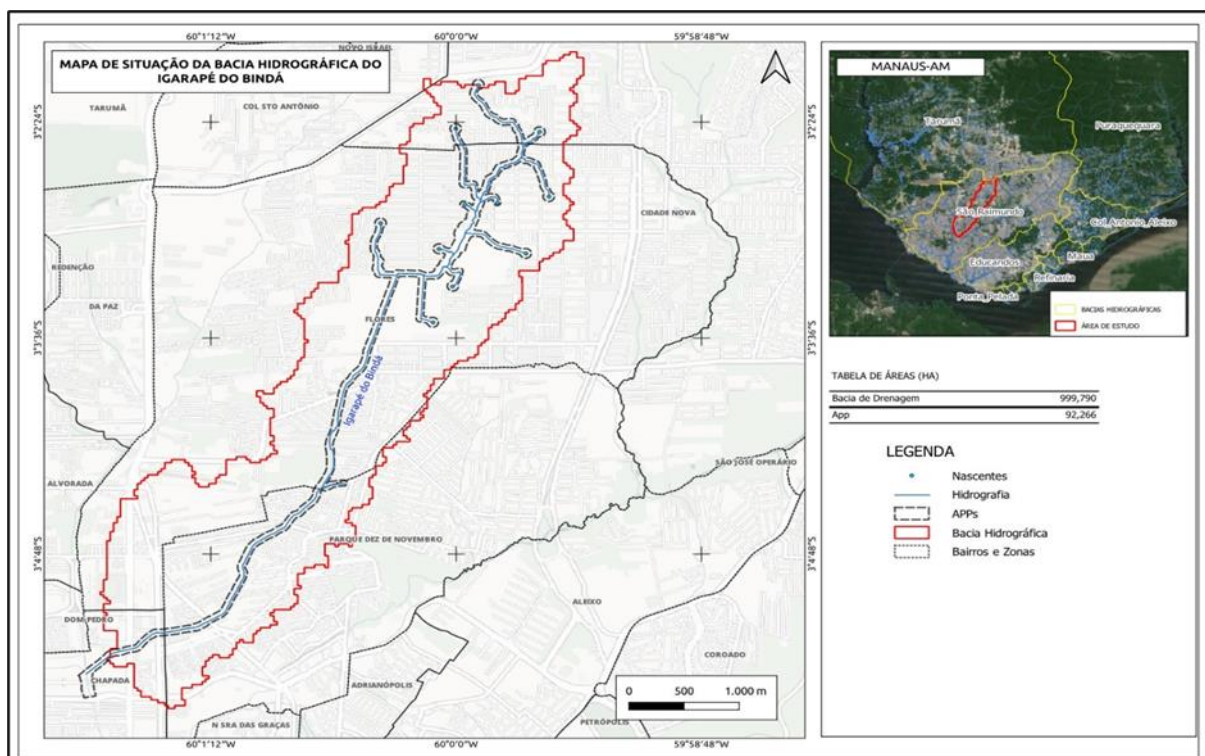
Botelho e Silva (2014) alegam que as modificações geradas pelos processos de ocupação do espaço urbano são responsáveis por modificações no ciclo hidrológico, em virtude das alterações no solo, como o aumento de área impermeáveis, a construção de edificações, pavimentação de vias de circulação, que impedem a infiltração das águas pluviais no solo e facilitam o escoamento superficial, consequentemente resultam no aumento potencial dos processos erosivos e de enchentes urbanas.

Na cidade de Manaus o processo de expansão demográfica se deu, sobretudo, a partir do século XX, na década de 70 dado a criação da Zona Franca de Manaus, onde a população advinda principalmente do interior do Estado do Amazonas e parte do Nordeste do Brasil, migraram para a capital em busca de melhores condições sociais e econômicas, ocupando inicialmente as zonas sul, centro-sul, oeste e centro-oeste, reproduzidas neste período (NOGUEIRA et al., 2007).

Segundo Santos (2014) os principais impactos aos corpos hídricos urbanos de Manaus, sobretudo no Igarapé do Bindá, foram ocasionados pela expansão urbana, associado a ausência de planejamento urbano e políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento da capital do Amazonas. Por esses motivos, a maioria das ocupações ocorreram de forma irregular, comprometendo as margens e os leitos dos igarapés, gerando um ônus ambiental para a cidade. Esta pesquisa teve como objetivo determinar os tipos de uso e ocupação do solo urbano, as áreas de intervenção estrutural de engenharia ao longo canal principal da Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá.

## ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa foi realizada no Igarapé do Bindá, localizado em Manaus-AM (Figura 1). A nascente do igarapé está situada no Bairro Mundo Novo, na Zona Norte, e sua foz no Bairro Chapada, na Zona Centro-sul. Segundo Santos (2014), a Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá é classificada como uma bacia de 2ª ordem, com uma área aproximada de 10 km<sup>2</sup> e um perímetro de 20 km. O canal principal, o igarapé do Bindá, tem uma extensão de 8,40 km, e sua rede de drenagem totaliza 14 km, apresentando um padrão de drenagem predominantemente dendrítico.



**Figura 1** – Localização da Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá.

A Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá abrange os bairros Cidade Nova, conjunto Mundo Novo, Flores, Parque Dez de Novembro e Chapada, tendo sua foz no igarapé dos Franceses, também afluente da Bacia do São Raimundo (LEMOS, 2016). A hierarquização dos canais fluviais na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá é apresentada por Santos (2014) da seguinte maneira (Tabela 1):

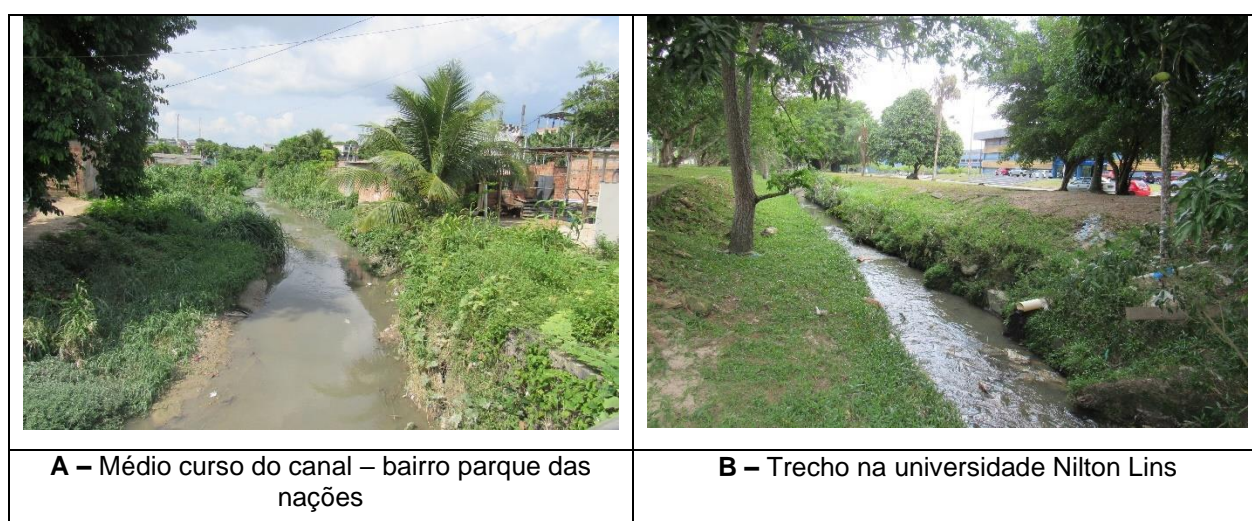
**Tabela 1** - Hierarquização dos canais da Bacia Hidrográfica do Igarapé Bindá

Ordem	Quantidade de Canais	Extensão (m)
1ª	12	5,700
2ª	1	8,400

Fonte: Santos, 2014. **Organizado por:** Camila Fuziel, 2022.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os trabalhos de campo desta pesquisa foram realizados ao longo do canal principal da Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá. Os levantamentos para o reconhecimento da área foram efetuados em agosto de 2022, durante um período de baixa precipitação pluviométrica na região amazônica (Quadro 1). Também foram feitos registros fotográficos nos trechos do alto, médio e baixo curso do canal, conforme ilustrado nas Figuras 2A e B.



**Figura 2** – Área de Estudo: Igarapé do Bindá

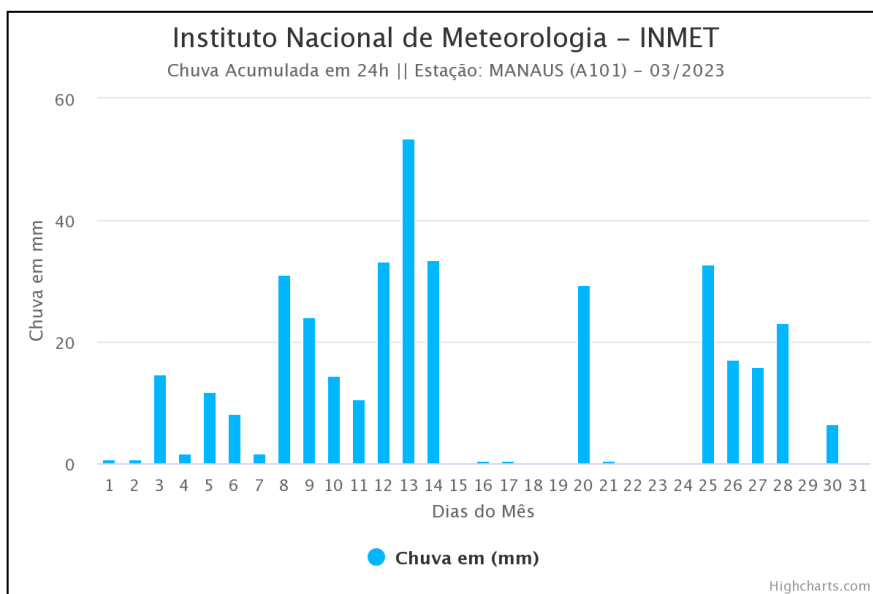
**Quadro 1** - Pontos levantados em campo

Pontos	Local	Horário	Coordenadas Geográficas
<b>Ponto 1 – Nascente Alto curso</b>	Conj. Mundo Novo	09:34	Lat.: 03° 02' 11,4" S
			Long.: 59° 59' 53,6" W
<b>Ponto 1 E – Nascente Alto curso</b>	Conj. Mundo Novo	09:51	Lat.: 03° 02' 11,6" S
			Long.: 59° 59' 54,2" W
<b>Ponto 2 – Médio curso</b>	Nilton Lins - Flores	10:19	Lat.: 03° 03' 19,0" S
			Long.: 60° 00' 19,3" W
<b>Ponto 3 – Baixo curso</b>	Bairro Chapada	11:20	Lat.: 03° 05' 14,6" S
			Long.: 60° 01' 29,1" W

**Organizado por:** Camila Fuziel, 2022.

Para identificar os tipos de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá, foi realizada uma classificação supervisionada de imagens de satélite. Utilizaram-se imagens da constelação de satélites Dove, com resolução espacial de 3 metros e radiométrica de 12 bits, obtidas em órbita circular, heliossíncrona, com inclinação de 51,6° a 98°. A classificação ocorreu em agosto de 2022, utilizando o software Quantum GIS 3.18, para entender e quantificar as áreas antropizadas (construídas) e naturais (vegetação primária ou secundária). As imagens ajudaram a identificar áreas com alterações estruturais de engenharia no igarapé do Bindá. Além disso, foram realizados sobrevoos com um drone modelo DJI Mavic 2 Pro ao longo do canal principal da bacia hidrográfica, com registros de imagens aéreas que complementaram o mapeamento feito por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

Durante a realização desta pesquisa, ocorreu um evento de precipitação intensa em Manaus, especificamente no dia 13 de março de 2023, quando foram registrados 53,4 mm de chuva (INMET, 2023) (Figura 3). Durante esse evento, foi possível monitorar o fluxo do canal desde o médio curso até a foz, realizando registros fotográficos que documentaram o volume de água e o aumento da correnteza concentrada no Igarapé do Bindá. As imagens capturadas ilustram (Figura 4) de forma clara o impacto da chuva intensa sobre o comportamento do igarapé, evidenciando as mudanças no regime hídrico e os desafios associados à gestão de recursos hídricos na região.



**Figura 3** - Precipitação no mês de março de 2023 no município de Manaus

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá é caracterizada pela presença de diversos empreendimentos, incluindo instituições de ensino, universidades, comércios de diferentes segmentos, agências bancárias, drogarias e supermercados. Destacam-se também as ocupações domiciliares, que variam de pequenas moradias às margens

do igarapé até grandes condomínios residenciais, prédios e conjuntos habitacionais, todos voltados para a moradia e o convívio familiar, conforme ilustrado na Figura 4.



**FIGURA 4** - Moradias consolidadas na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá.

Nesse contexto, observa-se um adensamento populacional na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá, especialmente nas margens do igarapé, que são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP). De acordo com o Novo Código Florestal Brasileiro, estabelecido pela Lei 15.651/2012, essas áreas têm a função de preservar recursos hídricos, estabilidade geológica, paisagens, biodiversidade, proteger o solo e garantir o bem-estar das populações. Por serem legalmente protegidas, não podem ser ocupadas (BRASIL, 2012).

Embora as áreas de ocupação sejam designadas como APP, os empreendimentos e moradias já estão consolidados na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá. Ao longo do igarapé, da nascente à foz, é possível observar um contraste social e econômico nas habitações. Na nascente, apesar da presença significativa de vegetação ripária, estudos de Silva et al. (2022) revelam que existem ocupações na APP, onde residências despejam esgoto in natura diretamente na área. Além disso, o descarte inadequado de resíduos sólidos também contribui para a degradação ambiental da bacia do Bindá.

O uso irregular das margens dos corpos hídricos e a falta de ordenamento do solo urbano contribuem diretamente para a degradação de bacias hidrográficas, como é o caso do Igarapé do Bindá. Segundo Santos (2021), os planos diretores e os instrumentos de políticas urbanas municipais não conseguem controlar as urbanizações periféricas, permitindo que essas habitações se proliferem rapidamente de forma desordenada. Trabalhos realizados por Queiroz et al. (2020) na Bacia do

Mindu destacam que a interferência antrópica, por meio do adensamento populacional nas margens e da falta de infraestrutura urbanística, são cruciais para a degradação da mata ciliar

Foi possível observar, por meio de sobrevoos com drone, outras habitações construídas às margens do igarapé na área da nascente do Bindá (Figura 5). Para a construção e consolidação dessas moradias, a vegetação ripária é suprimida para permitir a expansão urbanística. Stevaux e Latrubesse (2017) afirmam que a remoção da vegetação original de uma bacia hidrográfica e sua substituição por outros tipos de cobertura do solo provocam instabilidades no sistema, favorecendo a erosão, o assoreamento dos canais, o aumento do escoamento superficial e a perda da capacidade de vazão, além de comprometer a viabilidade do uso da água para abastecimento e gerar diversos problemas socioambientais.



**Figura 5** – Habitações construídas na área de nascente do Bindá.



Ao longo do canal principal da bacia, podem ser observados diferentes tipos de ocupação e uso do solo urbano, com métodos construtivos que variam, principalmente em função das diferenças socioeconômicas. Assim, é possível afirmar que as áreas de favelização na bacia do Bindá apresentam precariedade de infraestrutura, de acordo com a classificação dada pelo IBGE (2019): "aglomerados subnormais", definindo-as como ocupações irregulares em terrenos de titularidade pública ou privada. Esses aglomerados possuem padrões urbanísticos desiguais e carecem de infraestrutura básica, como abastecimento de água, coleta de lixo, destinação de esgoto e fornecimento de energia elétrica. O Estado do Amazonas lidera o ranking nacional de estados com o maior número de aglomerados subnormais, representando 34,59% das habitações. Manaus ocupa a segunda posição entre as capitais, com 55,38% dos domicílios classificados como aglomerados subnormais (IBGE 2019).

Em contraste social, a Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá abriga áreas com infraestrutura urbana eficaz, destacando-se grandes empreendimentos, como condomínios residenciais que são protegidos por muros, contam com segurança privada e oferecem coleta e tratamento de esgoto (Figura 6). Isso está em conformidade com a Lei Orgânica Municipal Nº 1192/2007, que determina que todas as edificações, novas ou já consolidadas, devem possuir tratamento de esgoto sanitário, sendo essa uma condição para a aprovação de projetos e a emissão de licenças nos órgãos públicos municipais.

Essa dicotomia social acentua a desigualdade, evidenciando as fragilidades das políticas públicas de ordenamento territorial, que persistem ao longo das décadas. Nas áreas onde se localizam os aglomerados subnormais, como o Bairro da União, situado no perímetro do Parque Dez de Novembro, não há exigência de tratamento de esgoto nem fornecimento de infraestrutura básica.



**Figura 6** – Habitações construídas na área de nascente do Bindá.

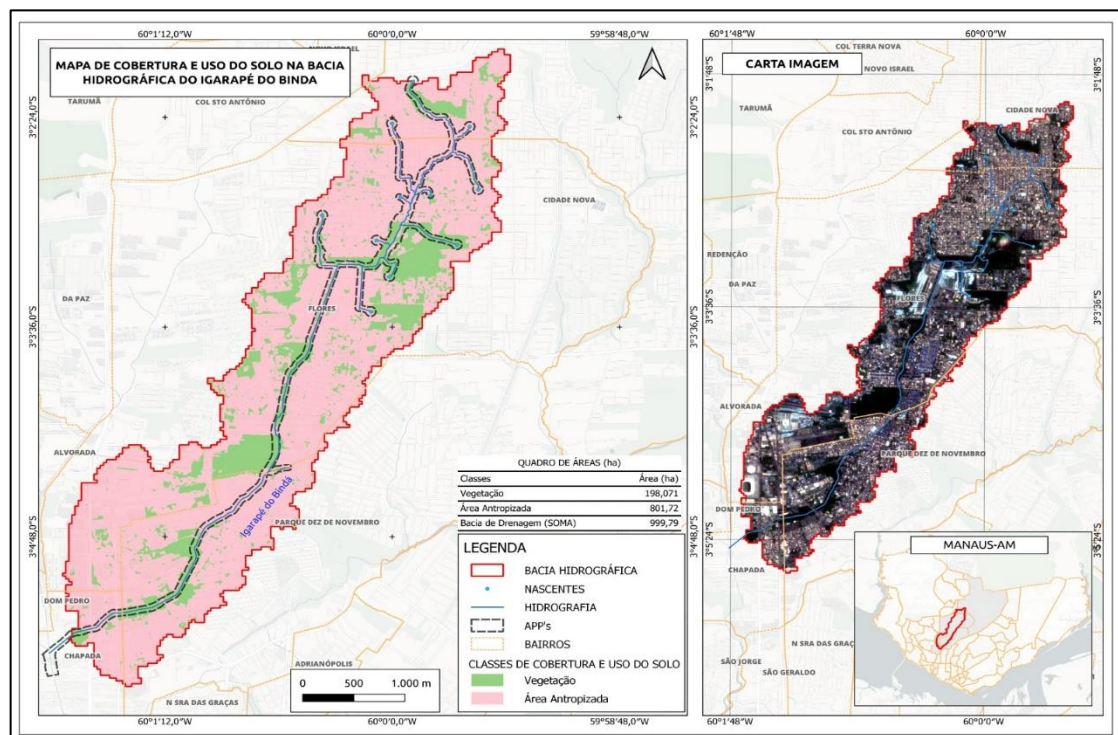
A dicotomia social na bacia do Igarapé do Bindá se torna evidente nas condições vivenciadas durante os trabalhos de campo para esta pesquisa. A classificação dos aglomerados subnormais pelo IBGE (2019) revela a ausência ou precariedade das instalações de energia elétrica em áreas de menor poder aquisitivo. Enquanto nas regiões de maior renda o sistema de cabeamento para iluminação pública está sendo modernizado, nas áreas periféricas a iluminação frequentemente é feita por meio de ligações clandestinas, conhecidas como "gatos". Essa realidade evidencia as desigualdades sociais e econômicas que permeiam os espaços físicos da bacia, refletindo a discrepância entre os serviços disponíveis para diferentes grupos sociais.

O mapa da Figura 7 ilustra as classes de cobertura e uso do solo na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá, destacando o alto nível de antropização da região. Com base nos dados coletados, foi elaborada a Tabela 2, que apresenta os percentuais das áreas vegetadas em comparação às áreas antropizadas na bacia hidrográfica. Essa análise permite compreender melhor as transformações ocorridas no espaço, revelando o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente local.

**Tabela 2 - Áreas vegetadas e antropizadas na Bacia do Bindá**

<b>Cobertura e Uso do Solo</b>		
<b>Tipos de áreas</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
<b>Área vegetada</b>	198,071	19,80
<b>Área Antropizada</b>	801,72	80,2
<b>Totais</b>	999,79	100%

**Organizado por: AUTOR, 2023.**



**Figura 7** - Classes de cobertura e uso do solo na Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá

Os resultados mostram que a área antropizada na bacia do Igarapé do Bindá é significativamente maior do que a área vegetada. Segundo Fausto (2012), o crescimento urbano exerce um impacto intenso sobre as áreas de preservação permanente. Para acomodar o desenvolvimento das cidades e a urbanização dos bairros, muitas dessas áreas foram ocupadas e degradadas. Essa situação revela um descompasso entre as previsões da legislação ambiental e a realidade do espaço urbano, evidenciando a necessidade urgente de estratégias que promovam a conservação ambiental em meio à expansão urbana.

Diante disso, pode-se afirmar que a degradação ambiental na bacia do Igarapé do Bindá e as principais fontes de poluição dos recursos hídricos estão diretamente relacionadas ao uso indiscriminado do solo urbano. Segundo Fonseca et al. (2008), o crescimento desordenado das cidades gerou impactos negativos tanto no solo quanto nos corpos d'água, em grande parte devido ao despejo de esgotos domésticos e industriais. A falta de planejamento na expansão urbana está acompanhada por deficiências nas infraestruturas sanitárias, o que resulta na degradação do solo e dos mananciais que recebem esgotos, muitas vezes próximos a locais de captação de água para abastecimento. Essa situação agrava a contaminação dos recursos hídricos, comprometendo a qualidade da água e a saúde ambiental dos ecossistemas.

Para Nunes (2015), a expansão dos centros urbanos está fortemente ligada à vulnerabilidade da população, especialmente devido à ocupação de áreas frágeis,

como regiões ciliares e mananciais. Essa ocupação inadequada expõe as comunidades a riscos ambientais e sociais, exacerbando problemas como a degradação dos recursos naturais e a precarização das condições de vida. Assim, a falta de planejamento urbano não apenas compromete a integridade dos ecossistemas, mas também afeta diretamente a segurança e o bem-estar dos moradores dessas áreas.

O Igarapé do Bindá, assim como outros cursos d'água em Manaus, apresenta diversas modificações antrópicas ao longo de seu leito, principalmente decorrentes de intervenções de macrodrenagem. Destacam-se, entre essas intervenções, a construção de muros de gabião, o uso de colchões Reno, galerias e tubos ármicos, que visam controlar o fluxo das águas e prevenir enchentes. Contudo, essas medidas podem impactar negativamente o ecossistema local, alterando a dinâmica natural do igarapé e comprometendo a biodiversidade. As intervenções de engenharia variam desde estruturas de contenção das margens até obras de macrodrenagem, mas no alto curso do igarapé não foram registradas modificações significativas. As alterações se tornam mais evidentes a partir do médio curso do canal, especialmente nas proximidades da Universidade Nilton Lins (Figura 8), onde a estabilização das margens é realizada com o uso de rip-rap. Essas ações visam proteger as margens contra erosão e garantir a integridade do curso d'água.



**Figura 8** - Intervenção de engenharia no médio curso do canal do igarapé do Bindá

Além do uso do método de contenção com rip-rap, em outro trecho do médio curso do Igarapé do Bindá, localizado no Bairro da União, conhecido popularmente como “sovaco da cobra” (Figura 9), foram utilizados gabiões para a contenção e estabilização das margens do canal. Segundo Silva e Vargas (2020), as estruturas de gabião funcionam como muros de arrimo, sendo adequadas para estabilizar taludes,

encostas e margens. Essas estruturas proporcionam resistência entre os maciços de terra e rocha, prevenindo movimentos de massa e garantindo a segurança da área.



**Figura 9** - Intervenção de engenharia do médio curso do igarapé do Bindá

As obras de infraestrutura e contenção de margens com gabiões no Igarapé do Bindá nasceram da parceria entre o Governo do Estado do Amazonas, por meio do Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus – PROSAMIM, e a Cooperação Andina de Fomento - CAF (UGPE, 2019). Segundo Santos (2014), as intervenções emergenciais de macrodrenagem na área do Bairro da União foram realizadas em resposta aos riscos enfrentados pela população local durante os períodos de maior precipitação pluviométrica em Manaus, que resultavam na elevação das águas e no alagamento das residências situadas às margens do igarapé. Essas medidas visam proteger as comunidades vulneráveis e mitigar os impactos das chuvas intensas.

No que diz respeito às intervenções de macrodrenagem ao longo do Igarapé do Bindá, destacam-se as obras realizadas na Avenida Djalma Batista, na área do baixo curso do rio. Durante os primeiros trabalhos de campo desta pesquisa, em 2022, o método construtivo para a passagem de água utilizava tubos ármicos como parte do sistema de macrodrenagem. No entanto, devido ao elevado volume de chuvas, as seções das tubulações foram comprometidas, necessitando a adoção de um novo método construtivo. Assim, foram implementadas galerias de macrodrenagem compostas por duas linhas de aduelas de 3x3 metros, acompanhadas de uma escada de dissipação e contenção com rip-rap, conforme ilustrado na Figura 10. Essas melhorias visam aumentar a eficiência do sistema e minimizar os riscos de alagamentos na região.

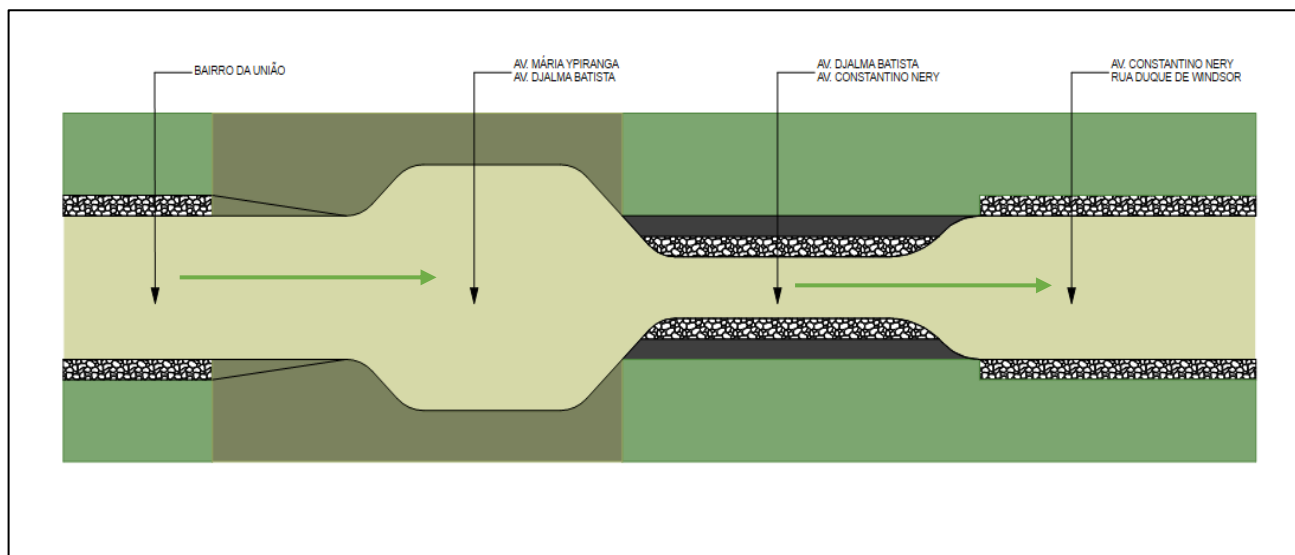


**Figura 10** – Intervenção de engenharia de macrodrenagem ao longo do igarapé do Bindá.

No trecho em que o Igarapé do Bindá atravessa entre as Avenidas Mário Ipiranga e Djalma Batista, foram realizadas intervenções significativas, incluindo dragagem e alargamento do canal. No entanto, as intervenções efetuadas a montante impactam as ocupações localizadas a jusante, onde o canal se estreita e as margens do igarapé são apropriadas. Essa dinâmica evidencia como as alterações feitas em um segmento do igarapé podem afetar diretamente a infraestrutura e a ocupação nas áreas adjacentes, conforme mostrado na Figura 11.

**Gabião**

Direção do fluxo



**Figura 11** - Dragagem e alargamento do igarapé do Bindá. **Elaboração:** Camila Fuziel; Brendo Veiga, 2023.

Estudos hidrológicos realizados no Igarapé do Bindá por Gomes et al. (2019) analisaram dados de precipitação da série histórica de 1978 a 2018 da estação de Manaus. Os resultados indicam que os maiores volumes de chuva na bacia hidrográfica ocorrem no mês de março, com valores acumulados que podem chegar a 313 mm. Nesse período, as vazões registradas alcançam 0,59 m<sup>3</sup>/s (Figura 11). Essas informações são cruciais para compreender a dinâmica hidrológica da região e os impactos das chuvas intensas no comportamento do igarapé.

Na área do Bairro da União, onde foram realizadas intervenções do PROSAMIM, as águas chegaram próximas ao limite das obras de contenção de margens (Figura 12), mas não causaram danos estruturais nas residências situadas às margens do igarapé, nem nas contenções de gabião. Segundo Gomes et al. (2019), o alargamento e aprofundamento de canais contribuem para um aumento no escoamento durante picos de vazão, apresentando-se como soluções viáveis para mitigar ocorrências de alagamentos.

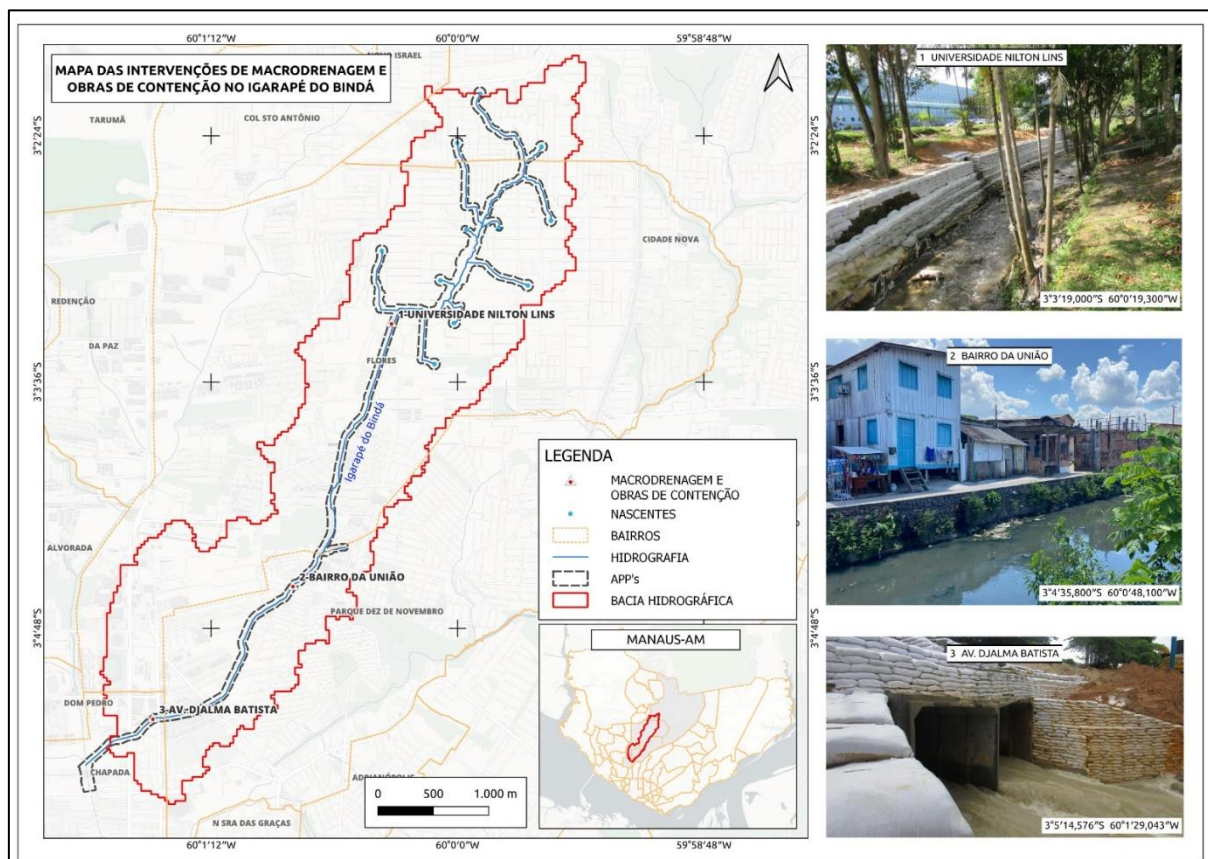




**Figura 12** - Fluxo do canal do igarapé do Bindá

Diante disso, foi elaborado um mapa para caracterizar as tipologias e os métodos construtivos das principais intervenções de macrodrenagem e obras de contenção no Igarapé do Bindá. Embora as intervenções abranjam quase todo o canal, o mapa destaca de forma representativa apenas três pontos específicos, conforme ilustrado na Figura 13. Essa representação permite uma visualização clara das diferentes abordagens adotadas nas obras, facilitando a compreensão das estratégias utilizadas para a gestão das águas e a proteção das margens do igarapé.





**Figura 13** - Tipologias e os métodos construtivos das principais intervenções de macrodrenagem e obras de contenção no Igarapé do Bindá

**Elaboração:** Camila Fuziel; Cláudio Silva, 2023.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A degradação da Bacia Hidrográfica do Igarapé do Bindá está diretamente associada ao uso inadequado e à ocupação desordenada do solo, resultantes da expansão urbana sem um planejamento e ordenamento territorial eficazes. Ao longo dos anos, a consolidação de diversos empreendimentos na bacia e nas margens do Igarapé levou à supressão da vegetação ripária, à ocupação irregular das Áreas de Preservação Permanente (APP) e à proliferação de aglomerados subnormais, que, por sua vez, apresentam infraestruturas precárias e carecem de condições básicas de saneamento. Essa situação agrava os processos de deterioração da bacia e de seus afluentes, especialmente no canal principal, que recebe as águas drenadas.

As intervenções construtivas mais prevalentes para a contenção de margens no Igarapé do Bindá incluem gabiões e rip-rap, que, em conjunto com as intervenções de macrodrenagem, como a canalização e a retificação do canal, e a instalação de galerias pluviais, visam otimizar o escoamento das águas. No médio curso do canal, essas metodologias demonstram eficácia em eventos de precipitação extrema,

reduzindo os impactos socioambientais. Contudo, no baixo curso, antes de atingir a foz, foram observados danos significativos provocados pela elevação das águas, evidenciando a ineficácia das intervenções nesse segmento.

As obras de macrodrenagem têm como objetivo melhorar as características hidráulicas do sistema, sendo particularmente necessárias em áreas urbanizadas densamente, onde a geomorfologia local impõe desafios à infraestrutura (BRASIL, 2016). A intensa antropização da bacia, combinada com a ausência de políticas públicas eficientes para a gestão hídrica, saneamento ambiental e ordenamento territorial, contribui para as condições adversas do ambiente.

Diante disso, torna-se imperativo que haja uma articulação entre as diferentes esferas do poder público para reverter a situação das bacias hidrográficas urbanas. A promoção da sustentabilidade dos recursos naturais e a melhoria das condições de vida das populações em situação de vulnerabilidade socioambiental e econômica são objetivos centrais a serem perseguidos. Estudos como este são fundamentais para subsidiar a tomada de decisão dos órgãos gestores, possibilitando a implementação de ações mitigatórias e reparadoras que visem à conservação dos recursos hídricos e ao funcionamento eficaz dos sistemas de saneamento.

O desenvolvimento de pesquisas no Igarapé do Bindá deve ser pautado pela integração entre recursos hídricos e saneamento ambiental na área urbana de Manaus. A adoção de mecanismos de monitoramento e controle que ampliem a coleta de dados sobre o uso e a ocupação do solo é essencial. Essas ações contribuirão para a formulação e a implementação de políticas públicas que assegurem a disponibilidade hídrica e a preservação ambiental, sempre em conformidade com os princípios de sustentabilidade socioambiental, favorecendo a efetivação do Plano Diretor da capital do Amazonas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAZONAS. Secretaria de Estado e Meio Ambiente. **Relatório de Consolidação do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas**. SEMA: Manaus, 2019. Disponível em: <http://meioambiente.am.gov.br/wp-content/uploads/2016/04/Produto-IV-Consolida%C3%A7%C3%A3o-do-PERH-AM.pdf>. Acesso: 14/06/2022.

BATISTA, S. P. M.; RIBEIRO, W. C. **Mecanismos da Produção de Injustiça Socioambiental em Ambientes Urbanos**. In: Dinâmica Urbana na Amazônia Brasileira. Org.: Tatiana Schor. Manaus: Editora Valer, 2014.

BOTELHO, R.G.M; SILVA, A, S. **Bacias Hidrográficas e Qualidade Ambiental**. In: **Reflexões Sobre Geografia Física no Brasil**. GUERRA, A. J. T e VITTE, A, C. (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

BRASIL. **Caderno Temático Saneamento Básico: Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. FUNASA: 2016.

BRASIL. **Lei 15.651/2012. Dispõe sobre A Proteção da Vegetação, Áreas de Preservação Permanente e as Áreas de Reserva Legal**. Brasília, 25 de maio de 2012; 191º da Independência e 124º da República.

GOMES, A. R.; LIMA, A. A.; BEZERRA, I. F. O; BRITO, J. A. J. **Modeling of Overflow Curve in Urban Manaus Rivers.** In: International Journal for Innovation Education and Research [www.ijer.net](http://www.ijer.net) Vol:-7 No-8, 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Aglomerados Subnormais 2019: Classificação Preliminar de Saúde para o Enfrentamento à COVID-19.** Nota Técnica: 01/2020. IBGE: 2020.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas.** Acesso: 20/06/2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cidades e Estado – Amazonas.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am.html>. Acesso: 14/09/2022.

JONOV, C. M. P.; NASCIMENTO, N. de O.; PAULA E SILVA, A. de. 2013. **Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.13, n.3, p.75-94, jan./mar.

LEMOS, L. S. M. **Áreas de Risco nas Bacias Hidrográficas Urbanizadas de Manaus.** 2016. 264f. Dissertação. (Programa De Pós-Graduação Em Geografia-PPGGEO). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

MARTINS, M. J. F.; **Análise do Mercado Imobiliário em Manaus.** 2008. 150 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Amazonas). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

MENDONÇA, F.; BUFFON, E.A.M. **Riscos Híbridos: Concepções e Perspectivas Socioambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

NOGUEIRA, A. C. F.; SANSON, F. PESSOA, K. **A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais.** In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5427-5434.

NUNES, L. H. **Urbanização e Desastres Naturais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PAIVA, M. A. C. **Cidade Flutuante. Manaus em Três Autores.** In.: Tempo Social, revista de sociologia da USP, v. 34, n. 1. Texto recebido em 14/4/2021 e aprovado em 20/9/2021. doi: 10.11606/0103-2070.ts.2022.184347.

PEREIRA, K. F.; LIMA, R. F.; ALVES, B. K. B. M.; CELESTINO, T.A. **Recuperação de Áreas Degradadas – O Caso da Recuperação de Parte da APP do Igarapé do Bindá, Manaus – AM.** In: Seminário de Gestão Ambiental e Controle de Contas Públicas da Amazônia. Manaus: Anais SGCAMAZONIA, 2018.

QUEIROZ, M.S.; BATISTA, S. P. M.; GOMES, A.; ALVES, N. **Expedição Mindu: Análise Geográfica do Igarapé do Mindu.** In: Workshop sobre planejamento e desenvolvimento sustentável em Bacias Hidrográficas, 2020. p. 922. 1. ed. Boa Vista: Editora da UFRR.

SABATINI, R. WANDERLEY, T. **Cidades Lixo Zero.** Florianópolis, SC: Instituto Lixo Zero, 2021.

SANTOS, A. P. **Planejamento urbano: para além do ordenamento do solo.** In: Arcos Design Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, agosto 2021, pp. 20-33. ISSN: 1984-5596 <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/arcosdesign>.

SANTOS, F.M.M.S. **A Microbacia Hidrográfica Do Bindá (Manaus/Am) Sob A Ótica Da Complexidade Ambiental – AM.** 2014. 167f. Dissertação (Programa De Pós-Graduação Em Geografia-PPGGEO). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

SILVA, C. F.; ALVES, N. S.; MELO, M. G. G. **Diagnóstico das florestas ripárias na bacia hidrográfica do igarapé do Bindá, Manaus-AM.** In: VIII Workshop Internacional sobre planejamento e desenvolvimento em bacias hidrográficas, 2021, Goiânia. Planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas. Goiânia: C&A Alfa, 2021. v. 1. p. 1100-1109.

SILVA, L. P.; VARGAS, C. A. L. **Estrutura de Contenção no Controle dos Processos Erosivos na Margem de um Córrego em Goiânia-GO.** In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica - IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas - IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens - VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens 15 a 18 de setembro de 2020 – Campinas – SP. <https://doi.org/10.4322/cobramseg.2022.0674> - ISBN: 978-65-89463-30-6.

STEVANUX, J. C e LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial.** In: **Coleção Geografia.** Mendonça, F. A (Org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

UGPE. Unidade Gestora de Projetos Especiais. **Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus – Sesc, São Sebastião, Bindá e Sharp (PROSAMIM CAF) N. CFA 008715.** Manaus: 2019.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0