



Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPR

APLICAÇÃO DE PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR) E DE AVALIAÇÃO DE RIOS URBANOS (PARU) NO SEGMENTO MÉDIO DO IGARAPÉ DO MINDU, MANAUS (AM)

APPLICATION OF RAPID ASSESSMENT PROTOCOLS (RPB) AND URBAN RIVER ASSESSMENT PROTOCOLS (RUAP) IN THE MIDDLE SEGMENT OF THE IGARAPÉ DO MINDU, MANAUS (AM)

(Recebido em 05-01-2024; Aceito em: 03-05-2024)

Odemar Jose Santos do Carmo Filho

Mestrando em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, Brasil
mariojhon.rock@gmail.com

Kelyan Lago dos Anjos

Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, Brasil
kelyanlagoanjos@gmail.com

Lindalva Alves Silva Porto

Mestranda em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, Brasil
lindalva64@hotmail.com

Lilian Francisca da Silva Oliveira Schüller

Mestranda em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, Brasil
Professora da Secretaria de Educação e Desporto - SEDUC/AM
lilianoliveira.h@gmail.com

Wellington de Paula Nascimento

Mestrando em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, Brasil
wellingtonnascimentogeo@gmail.com

Resumo

Os protocolos de Avaliação Rápida (PAR) são ferramentas científicas que permitem uma avaliação eficiente da qualidade ambiental de corpos d'água. O Protocolo de Avaliação de Rios Urbanos (PARU) é uma extensão do PAR, adaptado para ambientes urbanos que considera características específicas, como: a localização em ambiente urbano, os fatores de uso do solo, presença de edificações, alterações no canal e a qualidade da água. Estes protocolos foram aplicados no médio setor da sub-bacia hidrográfica do Mindu, inserida na Bacia Hidrográfica Urbana do São Raimundo, Manaus/AM. O estudo foi organizado em cinco etapas distintas: levantamento bibliográfico, aquisição das bases cartográficas em bases digitais oficiais e de livre acesso, campo supervisionado em três pontos do igarapé do Mindu, tabulação dos dados e a confecção dos produtos cartográficos em Sistemas de Informação Geográfica para a discussão e interpretação dos resultados. Os resultados mostraram



que o canal está em boas condições, com graus de impacto moderado resultante das atividades humanas. Em termos de conservação, apenas o Parque do Mindu e o Passeio Ecológico do Mindu apresentaram o canal preservado por pertencerem à Área de Proteção Permanente e pela ação contínua dos serviços públicos. Os dados censitários demonstraram que a população residente no Conjunto Shangrilá, Parque do Mindu e Passeio Ecológico do Mindu carecem de local adequado para armazenar o lixo doméstico, e a água consumida por poços em domicílios particulares está comprometida devido ao tipo de esgotamento ainda utilizado (fossa rudimentar) e à presença de lixo nos cursos d'água à montante do Parque Municipal do Mindu.

Palavras-chave: Protocolos; Rios; Mindu; Manaus.

Abstract

Rapid Assessment Protocols (RAP) are scientific tools that enable efficient evaluation of the environmental quality of water bodies. The Urban Rivers Assessment Protocol (URAP) is an extension of RAP, specifically adapted for urban environments, considering specific factors such as urban location, land use, presence of buildings, channel modifications, and water quality. These protocols were applied to the middle sector of the Mindu basin, which is part of the São Raimundo Urban Watershed in Manaus, AM. The study was organized into five distinct stages: literature review, acquisition of cartographic data from official and open-access digital sources; supervised fieldwork at three points of the Mindu stream; data tabulation, and the creation of cartographic products using Geographic Information Systems for discussion and interpretation of results. The results indicated that the channel is in good condition, with moderate impact levels due to human activities. In terms of conservation, only the Mindu Park and the Mindu Ecological Walk had a preserved channel, owing to their status as Permanent Preservation Areas and continuous public service actions. Census data revealed that the residents of the Shangrilá Complex, Mindu Park, and Mindu Ecological Walk lack adequate facilities for storing household waste. Additionally, the water drawn from wells in private households is compromised due to the type of sewage system still in use (rudimentary cesspools) and the presence of garbage in the upstream watercourses of the Mindu Municipal Park.

Keywords: Protocols; Rivers; Mindu; Manaus.

Introdução

Durante o processo de desenvolvimento das grandes cidades, os cursos d'água tornam-se alvos dos mais variados tipos de modificações e intervenções, atividades que alteram as características físico-químicas e biológicas dos recursos hídricos. Além disso, provocam o assoreamento do canal com a retirada da mata ciliar. Neste contexto, a construção de barragens, diques e represas para geração de energia ou irrigação, o descarte inadequado de produtos químicos industriais, os pesticidas agrícolas, o despejo de resíduos sólidos e o esgoto doméstico ocasionam, conseqüentemente, a perda da biodiversidade pela degradação do habitat aquático. São estes elementos que, por muitas vezes interligados, criam um efeito cascata sobre o ambiente aquático.

Karr e Chu (1999 *apud* Rodrigues e Castro, 2008) discutem a crescente necessidade de avaliar e monitorar as alterações ambientais e seus efeitos sobre os recursos hídricos, principalmente no que tange ao desenvolvimento de metodologias usadas como instrumentos que “medem a saúde” de um ecossistema aquático. Monitoramentos de rios baseados em métodos de caráter holístico fornecem

subsídios para uma análise integrada da qualidade ambiental. Monitoramentos que utilizam parâmetros físico-químico e bacteriológico são importantes para o estabelecimento de indicadores de potabilidade ou qualidade da água para o ser humano, porém, quando avaliados isoladamente, podem subestimar a real magnitude dos danos que estão sendo causados aos ambientes aquáticos.

Historicamente, Rodrigues (2008) explica que as primeiras preocupações em se estabelecer métodos de avaliação datam de meados da década de 1980, quando órgãos ambientais perceberam a necessidade de instituir métodos de avaliação qualitativos devido ao alto custo e à demora das pesquisas quantitativas. Em 1986, a Agência Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency – EPA) iniciou estudos a respeito da qualidade das águas juntamente com as agências de monitoramento de águas superficiais, resultando no relatório “Surface Water Monitoring: A Framework of Change”, que enfatizava a reestruturação dos programas de monitoramentos praticados, além de recomendar atenção especial à toxicologia, aos impactos de fontes não pontuais e ao registro dos recursos ambientais. É nesse período que, a partir de estudos realizados para elaboração deste relatório, que surge a ideia dos protocolos de avaliação rápida.

Ainda, o autor explica que em 1989 foi publicado um documento escrito por Plafkin *et al* (1989) estabelecendo os primeiros protocolos: “Rapid Bioassessment Protocols” (RBPs), baseada nos documentos “Stream Classification Guidelines for Wiscon” e “Methods of Evaluation Stream, Riparian and Biotic Conditions”. Estes protocolos foram adequados para fornecer dados básicos sobre a vida aquática, para fins de qualidade da água e de gerenciamento de recursos hídricos, em resposta às recomendações do relatório da EPA (*Ibidem*).

No Brasil, os protocolos de avaliação rápida desenvolveram-se e disseminaram-se nos diversos níveis acadêmicos, constituindo-se ferramentas que envolvem desde as aplicações como recurso didático, na área de educação ambiental, até as análises ambientais. Em estudos realizados por Machado (2019), os protocolos de avaliação rápida foram adequados para a utilização por estudantes do ensino médio a fim de analisar os parâmetros físicos e a dinâmica de funcionamento dos riachos do bioma Cerrado no Sudeste Goiano. Santos e Carvalho (2022), junto aos discentes do Ensino Médio, apresentaram os protocolos como instrumento de avaliação ambiental no açude Pindorama na Bahia, indo além em trabalhos de Graduação e de Pós-Graduação em áreas de Bacias Hidrográficas e Rios Urbano, como em estudos de Bersot *et al* (2015), Pedroso e Colesanti (2018) e Campos e Nucci, realizados em 2019 e em 2021.

Bizzo *et al* (2014) conceituam o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) como uma ferramenta desenvolvida com o objetivo de auxiliar o monitoramento ambiental dos sistemas hídricos encontrados no mundo, de modo que sejam levantadas informações de caráter qualitativo e, a partir daí,

sejam realizados diagnósticos ambientais das condições em que se encontra o curso d'água. De acordo com Pedroso e Colesanti (2018, p. 250):

Diferentemente de análises geoestatísticas, como aquelas realizadas por meio de uso de técnicas específicas em sistemas de informações geográficas, esta modalidade de avaliação caracteriza-se por análises *in locu*, isto é, no exato local de ocorrência dos fenômenos analisados.

Esses protocolos utilizam pontuações pré-estabelecidas que avaliam o estado em que o ambiente natural se encontra e o gradiente de estresse ambiental definido a partir de observações, dos locais de referência e de locais com vários graus de alterações, classificando-os desde “pouco alterados” até “muito degradados” (Rodrigues, 2008). Bizzo *et al* (2014) complementam ainda ser necessária uma intrínseca relação entre os órgãos ambientais e a sociedade, visto que o uso devido do PAR somado à participação da comunidade promove certa consciência ambiental ao passo que se desperta a importância de preservar e de monitorar os recursos hídricos.

Neste sentido, a presente pesquisa consiste em aplicar os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR) e o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU), com o objetivo de avaliar de forma qualitativa as características dos trechos de drenagem, os níveis de impacto decorrentes das atividades humanas, bem como a complexidade do habitat natural investigado, em conjunto com sua conservação.

Área de Estudo

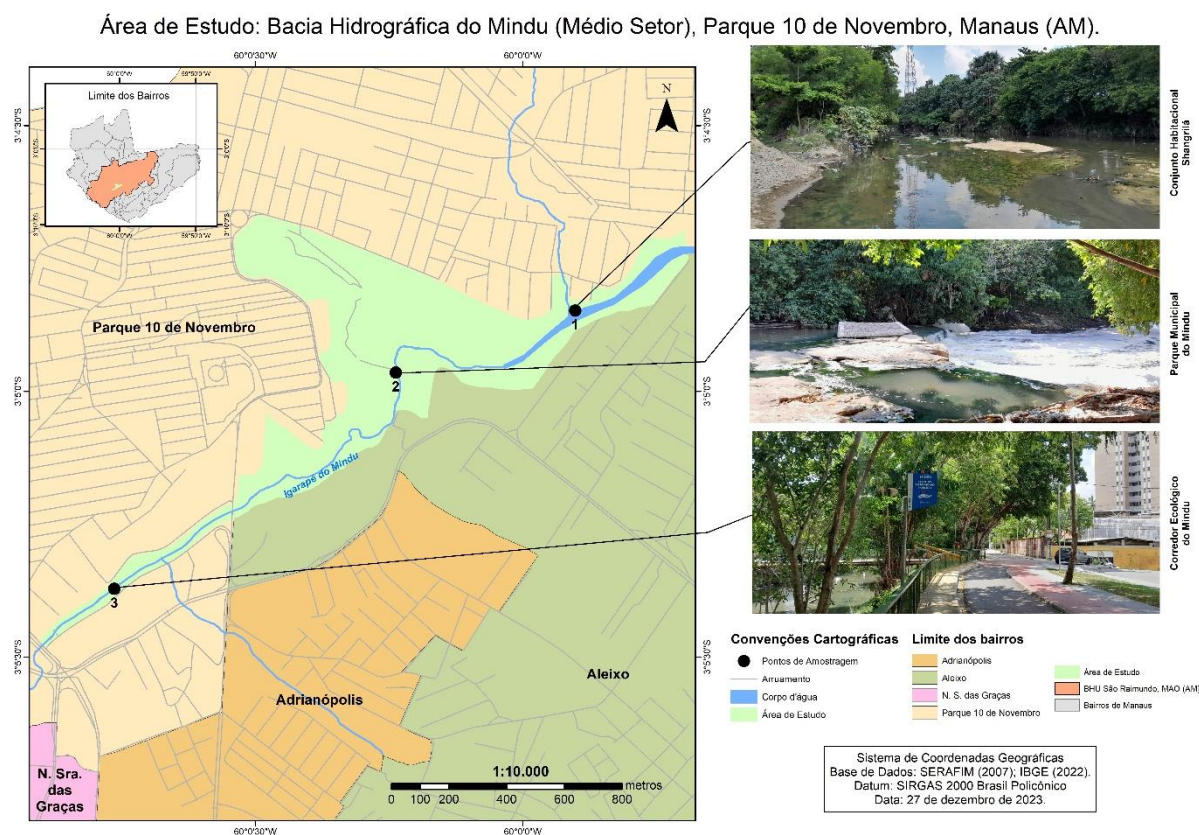
A área de estudo desta pesquisa (Figura 1) corresponde ao médio setor da sub-bacia hidrográfica do Mindu, inserida na Bacia Hidrográfica Urbana do São Raimundo, Manaus - AM. Compreende principalmente o bairro Parque 10 de novembro, palco dos levantamentos realizados. Para o estudo, foram realizados levantamentos em três pontos distintos do bairro com a finalidade de evidenciar as distintas transformações na paisagem decorrente do uso e transformações das águas urbanas, conforme Quadro 1.

Contextualizando a formação socioespacial do bairro Parque 10 de Novembro, Vilhena *et al* (2019) explicam que o bairro foi fundado em 1938, situando-se na zona Centro-Sul de Manaus, limitada pelos bairros Flores, Cidade Nova, Novo Aleixo, Parque das Laranjeiras, Chapada e Adrianópolis. Em meados da década de 1930, o bairro dispunha de uma área de lazer para receber as famílias manauaras, o Balneário Parque 10, abastecida pelas águas do igarapé do Mindu.

Recortes de jornais antigos relatam que o bairro, desde antigamente, é considerado uma área nobre, cercada por restaurantes de porte, casas luxuosas e conjuntos residenciais, entre os quais destacam-se: o Jardim Meridional, Parque Tropical, Pindorama, Jardim Yolanda, Jardim Primavera, Jardim Imperial, Verdes Mares I e II, Vila do Rey, Ipanema, Jardim Itália, Jardim Amazonas, Jardim

Califórnia, Samambaia, Eldorado, Parque Shangrilá I ao VII, Barra Bela, Arthur Reis e outros (Carvalho, 2022).

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Serafim (2007); IBGE (2022). Elaboração: Os autores (2023).

Quadro 1 - Pontos de coleta dentro da área de estudo

Pontos de levantamento dos dados	
Ponto 1	Conjunto Habitacional Shangrilá, Parque 10 de Novembro, Manaus - AM.
Ponto 2	Parque Municipal do Mindu, Parque 10 de Novembro, Manaus - AM.
Ponto 3	Corredor Ecológico do Mindu, Parque 10 de Novembro, Manaus - AM.

Fonte: Os autores, 2023.

Sua origem ocorre com o surgimento do Balneário Parque 10, por onde passava o Igarapé do Mindu cujas águas eram límpidas e geladas. Considerada uma das principais opções das famílias que buscavam o local como alternativa de lazer, o local constituía-se como uma verdadeira piscina natural onde os habitantes banhavam-se aos domingos e feriados. Entretanto, com o crescimento populacional, o surgimento de novos conjuntos habitacionais e a especulação imobiliária, as áreas verdes e o igarapé não resistiram à pressão humana (Antonaccio, 2010; Guerra, 2013).

O bairro foi inaugurado oficialmente em 10 de novembro de 1938. Naquela ocasião, seu acesso se dava pela rua Mário Ypiranga Botelho (antiga Recife), descendo do bairro Adrianópolis, percorrendo

alguns quilômetros de terra batida. Apenas em 1947 que o então governador Leopoldo Amorim da Silva Neves pavimentou o trecho, beneficiando-o desde a praça da Igreja de N. Sra. de Nazaré até o balneário (Guerra, 2013).

O balneário deixou de existir em detrimento da construção de novos espaços urbanos de moradia, e, hoje, no antigo balneário, existe o “Passeio do Mindu”, lugar público de lazer utilizado para a prática de caminhadas, corridas etc., por pessoas de classe média e alta. Trata-se de uma área de grandes empreendimentos imobiliários, condomínios e residências de alto padrão (Cassiano, 2013).

Ramos (2021) descreve que durante anos o bairro foi ponto turístico por causa da paisagem natural, composta por chácaras e igarapés. Através de mudanças urbanas ocorridas na cidade de Manaus, o bairro foi o que mais evoluiu em áreas comerciais, empreendimentos residenciais para um público seletivo, além de haver ocupações irregulares. Para preservar as imensas áreas verdes do bairro, foi criado, por meio da Lei 219, de 11 de novembro de 1993, o Parque Municipal do Mindu, como área de interesse ecológico, de desenvolvimento de atividades científicas, educativas, culturais e turísticas.

A partir de levantamentos históricos de Cascais e Teran (2011), o Parque Municipal do Mindu tem seu início datado em 1940, quando esta era uma propriedade particular, o Sítio da Pedreira, e tinha instalado em seu interior uma gruta em homenagem à Nossa Senhora de Lourdes, às margens do igarapé. No início dos anos 60, a área foi vendida para os padres redentoristas da Paróquia Nossa Senhora de Aparecida e, assim, transformada em um seminário salesiano onde eram desenvolvidas atividades como o plantio de árvores frutíferas e o cultivo de hortaliças.

Em 1975, com o aumento gradativo da poluição, o terreno é vendido para o Ministério da Fazenda e incorporado à área verde da cidade. Porém, sem os devidos cuidados pelos órgãos responsáveis, a área começa a ser alvo de imobiliárias, de invasões e do desmatamento. Em 18 de março de 1992, há o marco inicial do Parque, quando a primeira ministra da Noruega, a Sra. Gro Harlem Brundtland planta uma muda de Sumaúma (*Seiba pentandra*). Em maio do mesmo ano, o Parque recebe a visita do Projeto Gaia, composto por 142 adolescentes de 44 países. Este grupo permaneceu na área durante três semanas, limpando, construindo pontes e abrindo diversas trilhas. Desse modo, foi construído o Monumento da Fertilidade a partir de pedras enviadas por crianças de diversos países.

Já em 1993, por meio da promulgação da Lei 219, de 11 de novembro, o Parque recebe o reconhecimento legal como “área de interesse ecológico” com uma extensão de 309.518 m², sendo incorporado ao Sistema Municipal de Unidades de Conservação como categoria de Parque Municipal, passando a ser regido pela regulamentação dos Parques Nacionais Brasileiros. Em 2006, o Parque foi reinaugurado pela Prefeitura de Manaus com a construção de um auditório fechado, cozinha de apoio no chapéu de palha, trilha pavimentada para pessoas com deficiência, ampliação do orquidário e recuperação de todas as instalações. No ano seguinte, em 2007, por meio do Decreto n° 9.043, de maio

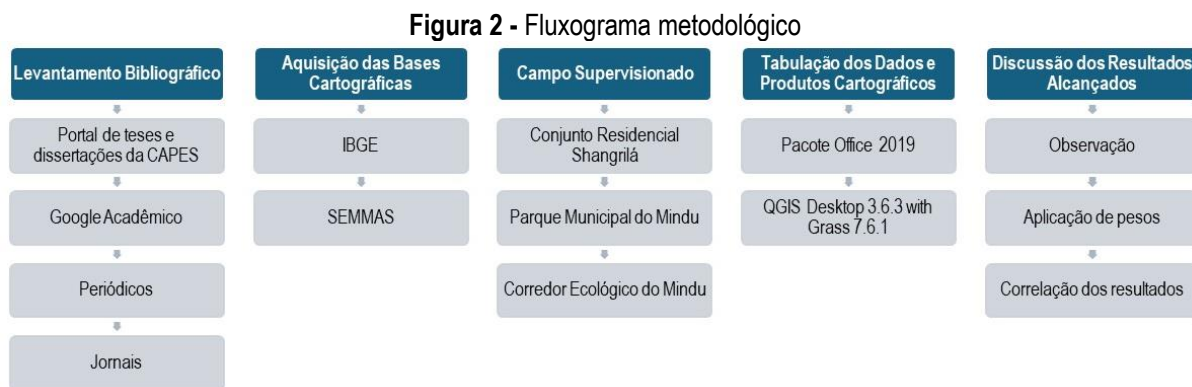
de 2007, a área do Parque foi ampliada, de modo a atender a demanda da sociedade civil e do poder público em proteger fragmentos florestais do município de Manaus.

O último ponto corresponde ao Corredor Ecológico do Mindu, trecho após o Parque Municipal do Mindu. Criado a partir do Decreto nº 9.329, de 26 de outubro de 2007, com a finalidade de garantir a recuperação e a manutenção da biota, facilitando a dispersão das espécies e a recolonização das áreas degradadas, bem como a manutenção das populações que, para sua sobrevivência, demandam áreas maiores do que aquelas áreas de preservação permanente.

O corredor ecológico inicia-se na zona leste, no Parque Nascentes do Mindu, Jorge Teixeira, segue o curso do igarapé do Mindu até chegar ao Parque dos Bilhares, na zona Centro-Sul da cidade de Manaus. Neste ponto, conecta-se com duas Unidades de Conservação: Parque Municipal do Mindu e a Reserva Particular do Patrimônio Natural da Honda (RPPN Reserva Honda), além de passar por áreas verdes dos conjuntos habitacionais (SEMMAS, 2023).

Materiais e Métodos

O estudo em questão está estruturado em cinco etapas distintas (Figura 2): a) Levantamento Bibliográfico; b) Aquisição das Bases Cartográficas; c) Campo Supervisionado; d) Tabulação dos dados e confecção dos produtos cartográficos; e) Discussão dos resultados alcançados.



Fonte: Os autores (2024).

Durante a primeira etapa, as principais bases de dados consultadas para o levantamento bibliográfico foram: Portal de Teses e Dissertações da CAPES, Google Acadêmico, Periódicos e Jornais, onde os autores Antonaccio (2010), Guerra (2013), Cassiano (2013), Vilhena *et al* (2019) e Carvalho (2022) abordam o contexto histórico da área de estudo, EPA (1987), Hannaford *et al* (1997), Bizzo *et al* (2014) e Campos e Nucci (2021) abordam os protocolos de avaliação rápida, e Rodrigues e Castro (2008), Rodrigues (2008), Machado (2019), Santos e Carvalho (2022) utilizam em seus trabalhos a metodologia dos protocolos.

Para a aquisição das bases cartográficas, as bases digitais oficiais e de livre acesso consultadas para o desenvolvimento deste trabalho foram: o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS). Nestas plataformas estão disponíveis os dados de arruamento e de divisão territorial (setores censitários, bairros, municípios, Estados da Federação, Países) que compõem a base para a elaboração dos produtos cartográficos.

A etapa seguinte refere-se ao Campo Supervisionado que foi realizado em três pontos da sub-bacia hidrográfica do Mindu: Conjunto Residencial Shangrilá, Parque Municipal do Mindu e Corredor Ecológico do Mindu.

Já a terceira etapa da pesquisa consistiu na tabulação dos dados e na confecção dos produtos cartográficos. Com os dados coletados em campo e a análise das paisagens observadas, foram utilizados os seguintes programas para organização: Pacote Office 2019 para a redação do artigo, tabulação dos dados, construção das tabelas e gráficos e a realização dos cálculos; *Qgis Desktop 3.6.3 with Grass 7.6.1* para a elaboração dos mapas de localização e para a distribuição das variáveis censitárias.

As bases para elaboração dos produtos cartográficos foram: as malhas dos setores censitários do ano de 2010, o resultado do universo publicado no ano de 2011 para as variáveis: Domicílios Particulares Permanentes, Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário e Destino do Lixo, todas obtidas da plataforma oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estes dados foram inseridos nos recortes dos bairros que englobam o médio setor da Bacia Hidrográfica do Mindu (Parque 10 de Novembro, Adrianópolis, Nossa Sra. Das Graças e Aleixo) onde está inserida a área de estudo, a partir do código dos setores censitários por onde foram realizados os cálculos dos percentuais de domicílios que possuem determinada variável.

A última etapa consiste na discussão e na análise através dos dados coletados em campo. Primeiramente, houve a observação *in locu* onde foram atribuídos pesos de 0 a 4 para o PAR de Calisto *et al* (2002) adaptado de EPA (1987), de 0 a 5 do PAR de Calisto *et al* (2002) adaptado de Hannaford (1997) e 0 a 10 para o PARU de Campos (2020) em cada um dos parâmetros observados. Em seguida, os resultados foram classificados conforme sua nota: ruim, bom ou ótimo. Finalmente, houve a correlação entre os dados obtidos a partir da observação e dos dados oficiais obtidos pelo IBGE.

Protocolos de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas e Avaliação Rápida de Rios Urbanos

Foram utilizados como metodologia três protocolos: Protocolo da agência de proteção ambiental de Ohio, EUA (EPA, 1987) e o Protocolo de Hannaford *et al.* (1997) modificados por Callisto *et al.* (2002) com o nome de Protocolo de Avaliação da Diversidade de Habitats em trechos de Bacias Hidrográficas

(PARTH-BH) e o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) como ferramenta de monitoramento ambiental (Campos e Nucci, 2021). Assim, trazendo para o contexto local, foi possível identificar os aspectos presentes nos protocolos e realizar a aplicação dos protocolos na bacia hidrográfica em estudo, o que foi fundamental para alcançar os objetivos propostos.

Os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios podem ser caracterizados como ferramentas que possibilitam fazer análises qualitativas não apenas de rios, mas também dos ecossistemas em que estão inseridos e em constante relação. Sendo compostos por *checklists* que avaliam determinados parâmetros e permitem obter uma pontuação do estado de conservação em que os rios se encontram. Em algumas situações, os protocolos são adaptados, uma vez que cada ecossistema fluvial estudado pode apresentar diferentes tipos de vegetação, clima, solo, relevo, entre outros aspectos, de forma que cada ecossistema pode apresentar diferentes especificidades sistêmicas (Bizzo; Menezes; Andrade, 2014).

De acordo com Callisto *et al* (2002), o protocolo adaptado da Agência de Proteção ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987) busca avaliar as características de trechos de bacias e nível de impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas (Quadro 2):

Quadro 2 - Protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em trechos de bacias hidrográficas

Descrição do Ambiente			
Localização:			
Data de Coleta:		Hora da Coleta:	
Tempo (situação do dia):			
Modo de coleta (coletor):			
Tipo de Ambiente:	() Córrego	() Rio	
Largura Média:			
Profundidade Média:			
Temperatura da Água:			
Parâmetros	Pontuação		
	4 pontos	2 pontos	0 pontos
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade).	Vegetação Natural	Campo de pastagem/ Agricultura/Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial.
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito.	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas.	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas siderúrgicas, canalização, retilinação do curso d'água)
4. Cobertura vegetal no leito.	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água.	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/ Industrial
6. Oleosidade da água.	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/ Industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderada	Abundante
10. Tipo de Fundo	Pedras/ Cascalho	Lama/ Areia	Cimento/ Canalizado

Fonte: Callisto *et al*. (2002), modificado da Agência de Proteção ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987).

Através da soma dos parâmetros observados que podem chegar até 40 pontos, é possível identificar a condição do trecho em relação à ação antrópica conforme o quadro 3:

Quadro 3 - Pontuação dos impactos ocasionados pela ação antrópica na área estudada

Pontuação	Condição Ecológica
40 pontos	Otimo (trechos naturais)
Entre 20 e 39 pontos	Bom (trechos alterados)
Abaixo de 20 pontos	Ruim (trechos impactados)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Já o protocolo de Hannaford *et al.* (1997) adaptado por Callisto *et al* (2002) busca avaliar as condições de habitats e o nível de conservação das condições naturais, de acordo com o quadro 4:

Quadro 4 - Protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em trechos de bacias hidrográficas

Parâmetros	Pontuação			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 pontos
1. Tipos de Fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvios; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
2. Extensão de Rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
3. Frequência de Rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
4. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
5. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo é coberto por lama.	Entre 25% e 50% do fundo é coberto por lama.	Entre 50% e 75% do fundo é coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
6. Depósito de sedimentos	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
7. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) e dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas acima de 80% do rio modificado.

8. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" expostos.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
9. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingem a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingem a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
10. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros.	Menos de 5% da margem afetada. Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
11. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
12. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos, distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).

Fonte: Callisto *et al.* (2002), modificado do Protocolo de Hannaford *et al.* (1997).

O valor final do protocolo de avaliação é obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro independente e extraído da pontuação total o respectivo percentual. As pontuações finais refletem o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos de bacias estudadas, o qual pode ser classificado em três condições conforme o quadro 5:

Quadro 5 - Percentual das condições ecológicas da área estudada

Pontuação	Condição Ecológica
Acima de 61 %	Ótimo (trechos naturais)
41 a 60 %	Bom (trechos alterados)
0 a 40 %	Ruim (trechos impactados)

Fonte: Adaptado de Callisto *et al.* (2002).

O "Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos" (PARU) de Campos (2020) (Figura 3), utilizado nos estudos de Campos e Nucci (2021), tem a finalidade de avaliar qualitativamente as características de trechos de drenagem, os níveis de impactos decorrente das ações antrópicas e a complexidade do habitat natural em estudo junto ao seu nível de conservação:

Figura 3 - Protocolo de Avaliação de Rios Urbanos (PARU)

CRITÉRIO	CONDIÇÃO DO RIO (PARÂMETROS)									
	Ótima		Boa			Regular			Ruim	
Estabilidade das margens	Margem estável, sem evidência de erosão.		Margem moderadamente estável, com pequena evidência de erosão somente nas curvas ou com erosão em menos de 1/4 do trecho observado.			Margem moderadamente estável, com deslizamentos nas curvas ou erosão em menos da metade do trecho observado.			Margem instável, com evidência de erosão em mais da metade de sua extensão. Margens canalizadas ou retificadas sem vegetação restabelecida.	
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Presença e estado de conservação da mata ciliar	A vegetação ocupa quase toda a margem e é composta predominantemente por espécies arbustivas e arbóreas, sem sinais de degradação causados por atividades humanas.		A vegetação ocupa mais de 3/4 da margem e as espécies arbóreas e arbustivas são predominantes em relação às herbáceas.			A vegetação ocupa mais da metade da margem e a vegetação herbácea é abundante.			A vegetação é praticamente inexistente. O solo está exposto à intempéries naturais ou está impermeabilizado ou ocupado por edificações.	
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Ocupação das margens do rio	A mata ciliar compreende toda (ou quase toda) a margem do rio e é composta principalmente por espécies arbóreas e arbustivas.		Mais da metade da margem é composta por mata ciliar, independentemente do tipo de vegetação.			Mais da metade da margem tem solo exposto ou é ocupada por estruturas urbanas, como residências, comércio, indústrias, sistema viário, etc.			A margem é ocupada prioritariamente por estruturas urbanas, como residências, comércio, indústrias, sistema viário, etc.	
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Resíduos sólidos (lixo)	Não se observam resíduos sólidos no fundo nem nas margens do rio.		Existem resíduos sólidos em pouca quantidade nas margens, que aparentemente ainda não alcançaram o canal fluvial. São em geral recentes e estão próximos às pontes e ruas.			Existem resíduos sólidos em pequena quantidade no fundo do rio ou nas margens. Podem estar concentrados em pequenas porções ou dispersos.			Existe uma grande quantidade de resíduos sólidos no fundo e/ou nas margens do rio.	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Esgoto doméstico e efluente industrial	Não se observam canalizações, nem odor ou presença de espuma, mancha escura ou óleo na água ou sedimento.		Existem uma das seguintes evidências: 1) canalizações nas margens; 2) espuma na água ou sedimento; 3) odor característico de esgoto doméstico ou outro odor forte na água.			Existem duas das seguintes evidências: 1) canalizações nas margens; 2) espuma na água ou sedimento; 3) odor característico de esgoto doméstico ou odor forte não identificado; 4) mancha escura ou óleo na água ou sedimento.			Existem três ou mais das seguintes evidências: 1) canalizações nas margens; 2) espuma na água ou sedimento; 3) odor característico de esgoto doméstico ou odor forte não identificado; 4) mancha escura ou óleo na água ou sedimento.	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Alterações antrópicas no canal fluvial	Ausência de alterações antrópicas no canal fluvial, como dragagens, pontes, diques e estabilização artificial das margens.		Pouca modificação presente, em geral em área de apoio de pequenas pontes ou evidência de canalizações antigas, mas com ausência de canalizações recentes.			Presença de pontes com grande estrutura de sustentação, estruturas que dificultem o fluxo de água no rio (diques, tubos, etc.) ou de escoramento nas margens e evidências de dragagem.			O rio encontra-se retificado e canalizado, com as margens totalmente (ou quase totalmente) cimentadas.	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Deposição de sedimentos	Ausência de bancos de areia (feições deposicionais que podem aparecer na forma de ilhas ou de barras que se desenvolvem ao longo das margens). As águas correm normalmente.		Há pequenos bancos de areia recentes ou pequenos alargamentos existentes que não afetam as condições de escoamento da água.			Os bancos de areia são extensos e podem interferir no escoamento da água no rio. A deposição de novos sedimentos mostra que os bancos estão se desenvolvendo.			Há muito sedimento depositado no rio, indicando alto nível de assoreamento. Os bancos de areia se estendem ao longo das margens e do rio e atrapalham o escoamento da água.	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Substratos e/ou habitat disponíveis	Existem vários tipos e tamanhos de substratos e habitats estáveis para a biota aquática, tais como galhos e troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas.		Existem muitos galhos e troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas, mas estão totalmente disponíveis.			Existem poucos galhos e troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas, e não estão totalmente disponíveis.			Ausência de substratos e habitats estáveis disponíveis. Não existem galhos ou troncos, cascalhos, folhas e plantas aquáticas, ou estão soterrados.	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Soterramento	Não se observa acúmulo de lama ou areia no fundo do rio.		Pouca quantidade de lama e areia cobrem o fundo do rio, sendo possível ver bastante substratos e habitats disponíveis.			Boa parte do fundo do rio está coberto por lama ou areia, mas ainda é possível ver substratos e habitats disponíveis.			O fundo do rio apresenta muita lama ou areia, cobrindo os substratos e habitats disponíveis.	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Animais	Observam-se com facilidade peixes, insetos aquáticos, anfíbios (sapos, rãs ou pererecas).		Observam-se poucos peixes, insetos aquáticos, anfíbios (sapos, rãs ou pererecas) ou mamíferos silvestres (como a capivara) no rio ou nas margens.			Observam-se apenas aves no rio ou nas margens.			Não é visível nenhum animal aquático ou silvestre no rio ou nas margens.	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Fonte: Campos (2020).

O Protocolo de Avaliação de Rios Urbanos (PARU) de Campos (2020), contém 10 critérios de avaliação, sendo atribuída uma pontuação de 0 a 10 que indica a condição do rio nos pontos observados. A análise foi realizada nas margens direita (MD) e esquerda (ME) dos pontos, retirando, assim, a média das pontuações das duas margens e, a partir da somatória das médias de todos os itens, será indicada a condição geral do rio conforme o quadro 6.

Quadro 6 - Condição geral do rio conforme a pontuação total do PARU

Pontuação	Condição Geral do Rio
81 a 100	Ótima (Recuperado)
51 a 80	Boa (Alterado)
21 a 50	Regular (Impactado)
0 a 20	Ruim (Muito Impactado)

Fonte: Adaptado de Campos, 2020.

A pontuação indica a condição dos rios, em que o recuperado é classificado como “ótimo”, alterado como “bom”, impactado como “regular” e muito impactado como “ruim”. Os protocolos foram aplicados se adequando para o Igarapé do Mindu e suas margens, pois, no decorrer do estudo, os pontos analisados apresentaram diferentes ecossistemas e espécies distintas, além do grau de vulnerabilidade ser variado ao longo do seu percurso, não tendo um padrão de características.

Resultados e Discussões

De acordo com os resultados do Protocolo da agência de proteção ambiental de Ohio, EUA (EPA, 1987), o trecho do igarapé do Mindu, que passa pelo Conjunto Shangrilá, apresenta discrepância em suas duas margens. Por exemplo, a margem esquerda apresenta uma vegetação bem preservada e com porte original bem definido, o que tem contribuído para conter o processo de erosão e de sedimentação no canal. Todavia, a margem direita apresenta um cenário degradado, com a vegetação natural removida, presença de pneus, lixo doméstico e uma canalização de esgoto que despeja diretamente no igarapé.

A cobertura vegetal ainda se encontra parcialmente preservada, embora haja diferenças visíveis entre as margens. Quanto às características e à coloração da água, foi possível sentir um forte odor no local decorrente da canalização de esgoto que despeja dejetos residenciais diretamente no igarapé. O odor é exalado para as residências, o que torna as condições de moradia prejudicial para as pessoas que residem nas proximidades do leito, tornando-as vulneráveis a diversas doenças.

Na seção correspondente ao igarapé do Mindu, situado no interior do Parque Municipal do Mindu, observa-se que as margens são ocupadas por vegetação natural preservada, ao passo que a erosão nas proximidades e/ou margens do rio se apresenta de forma acentuada, com o fundo do rio composto

principalmente por pedras e cascalhos e grandes rochas. Isso ocorre, uma vez que, no trecho em questão, há uma falha estrutural que constitui a presença de uma pequena cachoeira, cuja queda d'água é constante. Destaca-se uma forte e significativa influência da ação antrópica que se reflete na ausência de cobertura vegetal no leito do rio, porém com deposição constante de lixo doméstico. Neste trecho, registrou-se forte odor característico proveniente da deposição de resíduos sólidos e do despejo de dejetos no alto setor da bacia hidrográfica, afetando a coloração da água do rio classificada como turva. Sobre a oleosidade da água e do fundo, é praticamente ausente a presença de óleos ou de substâncias oleosas que se acumulam ou que se aderem ao leito do rio, geralmente no fundo.

No Corredor Ecológico do Mindu, constatou-se que as margens do corpo d'água são ocupadas por residências e estabelecimentos comerciais. A erosão nas margens do igarapé é moderada, apresentando forte influência de alteração antrópica. Observa-se também uma redução parcial da cobertura vegetal no leito. Quanto à qualidade da água, foram identificados sinais de um odor moderado, semelhante ao de esgoto, e a ausência de oleosidade. A cor da água é turva, sem evidências de odor proveniente de sedimentos ou de oleosidade no fundo, onde se constata a presença de uma composição de lama/areia.

A partir do somatório dos dados aferidos e da pontuação dos critérios avaliados, considera-se os valores: abaixo de 20 pontos (ruim, com trechos impactados), entre 20 e 39 pontos (bom, com trechos alterados) e 40 pontos (ótimo, com trechos naturais), referente à complexidade do habitat e de seu nível de conservação. Os três pontos foram classificados com bom nível de conservação, porém, devido aos impactos ocasionados pela ação antrópica (despejo de lixo e o esgoto doméstico), o canal encontra-se completamente “alterado”, conforme o quadro 7.

Quadro 7 - Protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats: trechos do Igarapé do Mindu, Manaus (AM)

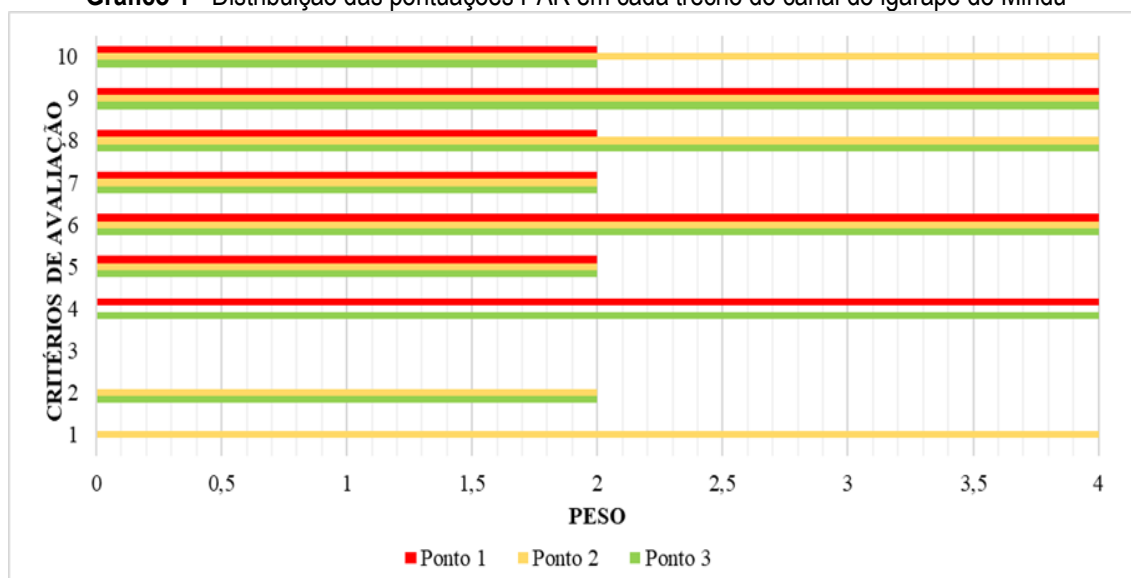
Parâmetros	Pontuação		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
1	0	4	0
2	0	2	2
3	0	0	0
4	4	0	4
5	2	2	2
6	4	4	4
7	2	2	2
8	2	4	4
9	4	4	4
10	2	4	2
Somatório	20	26	24

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O gráfico 1 apresenta de forma evidente as condições em que se encontra o canal nos três pontos visitados. Sobre os elementos mais evidentes, o parâmetro 1, que se refere ao tipo de vegetação,

somente o trecho correspondente ao Parque Municipal do Mindu possui vegetação natural preservada, enquanto nos demais a vegetação é escassa, dando lugar à ocupação comercial e residencial. O parâmetro 2, que indica o grau de erosão próximo às margens, indicou acentuada erosão no trecho do Conjunto Shangrilá, enquanto nos demais classificou-se como moderada. As únicas características que pontuaram valores equivalentes para os três pontos são: oleosidade da água e oleosidade do fundo, que se encontram ausentes. Ainda, o canal apresenta tipos de fundo do leito diferentes em cada trecho: lama e areia (pontos 1 e 3), pedra/cascalho (ponto 2):

Gráfico 1 - Distribuição das pontuações PAR em cada trecho do canal do igarapé do Mindu



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na avaliação por meio do PAR do Protocolo de Hannaford *et al.* (1997), modificado por Callisto *et al.* (2002) e composto por doze parâmetros (quadro 8), foi possível analisar que o setor do canal no Conjunto Shangrilá encontra-se visivelmente modificado, apresentando péssimas condições para o desenvolvimento de habitats, com apenas 36,67% considerado em estado de conservação das condições naturais. Isso evidencia que este trecho tem sido intensamente afetado pela ação antrópica e, se continuar nesta mesma intensidade, pode comprometer diretamente o canal, consequentemente, o fluxo do igarapé. Esta é uma condição prejudicial para as espécies que ainda dependem desse ecossistema para manter o equilíbrio ecológico. Ademais, observaram-se diferentes tipos de vida ao longo do trecho, indicando que o ambiente, apesar de insalubre, ainda resiste.

No Parque Municipal do Mindu, o trecho analisado possui características de fundo com 30 a 50% de habitats diversificados, adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos, com presença significativa de algas filamentosas e de musgos distribuídos no trecho anterior à cachoeira. A vazão do canal é rápida e bem desenvolvida, ocorre sistema de falhas estruturais em determinado trecho

do canal, onde existe uma pequena queda d'água. Porém, é necessário ressaltar que as correntezas são apenas evidentes no segmento do canal posterior à cachoeira, já que anterior à vazão não possui força evidente.

Apesar do desflorestamento visível, este não parece afetar significativamente o crescimento das plantas, a maioria das quais alcança alturas normais. É importante destacar a forte influência humana nesta área, com a presença evidente de resíduos sólidos depositados em ambas as margens. Contudo, a seção correspondente ao Parque Municipal do Mindu mantém condições ecológicas excelentes para o desenvolvimento de habitats, abrangendo cerca de 65% em termos de conservação das condições naturais.

O estado atual do Corredor Ecológico do Mindu é considerado bom, mantendo-se 51,67% de suas características naturais. A influência antrópica, refletida na largura da vegetação ripária, varia entre 6 a 12 metros. Apesar disso, ainda é possível identificar uma cobertura vegetal nativa de 70 a 90%, indicando que, embora haja evidências de desflorestamento, este não compromete significativamente o desenvolvimento da cobertura vegetal. Mesmo diante dos desafios causados pela ação humana, as margens do leito permanecem estáveis, apresentando uma presença mínima ou ausência de erosão:

Quadro 8 - Percentual das condições ecológicas da área estudada

Parâmetros	Pontuação		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
1	2	3	2
2	0	5	0
3	0	3	5
4	0	3	0
5	3	3	3
6	0	2	3
7	5	5	3
8	3	2	3
9	2	3	3
10	3	5	5
11	2	2	2
12	2	3	2
Somatório	22	39	31
Percentual	36,67%	65%	51,67%

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

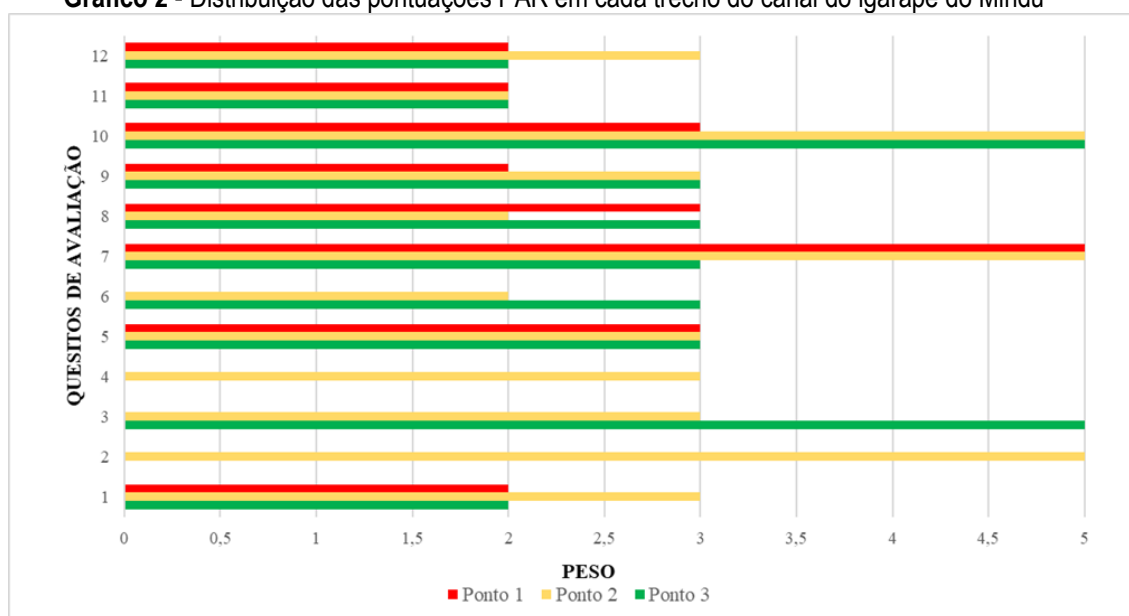
O gráfico 2 apresenta de forma evidente o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos estudados. No critério 7, relacionado à “alteração no canal do rio”, os trechos do Conjunto Shangrilá e o Parque Municipal apresentam rio com padrão normal, sem muita alteração (canalização e retificação do canal). No entanto, o Corredor Ecológico apresenta obras em suas margens e algum tipo de retificação do canal, com canalização de rede de esgoto das residências do entorno.

Esses elementos evidenciam a distribuição da vegetação e a extensão das matas ciliares (critérios 9 e 11). O trecho do Conjunto Shangrilá apresenta-se entre 50% a 70% com vegetação ripária nativa, desflorestamento óbvio em trechos com solo exposto e vegetação eliminada. Assim, menos da metade das plantas atingem altura normal. Isso reflete de forma impactante no critério 10 “estabilidade da margem”, pois, com a frequente erosão em pequenas áreas, as margens encontram-se moderadamente estáveis, com cerca de 5% a 30% destas erodidas, e o canal com forte presença de deposição no leito.

Nos trechos seguintes, o percentual atinge entre 70% e 90% com vegetação ripária nativa. O desflorestamento não afeta o desenvolvimento das margens, considerando a preservação do Parque e as contínuas atividades de preservação e segurança do Corredor Ecológico. Apesar disso, a extensão da mata ciliar, em específico, a vegetação ripária, em todos os trechos atinge largura entre 6 a 12 metros, com intensa influência antrópica. Nestes pontos, as margens encontram-se estáveis, com evidência mínima de erosão, menos de 5% da margem afetada pelas obras realizadas no canal.

Apesar dos elementos relatados, o critério 12 “presença de plantas aquáticas” evidencia que, apesar do processo de erosão no Conjunto Shangrilá, a preservação do canal no Parque Municipal do Mindu e a retificação do canal para a construção do Corredor Ecológico do Mindu, em certos trechos, há a presença de algas filamentosas e macrófitas em rochas e em alguns remansos, com certo grau de desenvolvimento do ecossistema, mesmo impactado.

Gráfico 2 - Distribuição das pontuações PAR em cada trecho do canal do igarapé do Mindu



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No Protocolo de Avaliação de Rios Urbanos (PARU), é evidente o impacto ambiental no Conjunto Residencial Shangrilá. As margens neste trecho encontram-se em boas condições, apesar da forte

degradação na margem direita, com deposição de resíduos sólidos e despejo do esgoto doméstico das residências. Na margem esquerda, apesar da presença de residências, o canal apresenta a mata ciliar preservada, com mínimo impacto na vegetação de porte arbóreo. O leito do canal sofre com as alterações antrópicas da margem direita, apresentando elevado assoreamento, presença de lixo e odor forte nas águas. Apesar destes elementos elencados, a fauna é presente, aves e répteis habitam o local, apesar das péssimas condições dos substratos e habitats.

O trecho do igarapé do Mindu apresenta estabilidade moderadamente estável nas margens, com pequena evidência de erosão somente nas curvas. A mata ciliar ocupa mais de $\frac{3}{4}$ da margem, e as espécies arbóreas e arbustivas são predominantes em relação às herbáceas. Mais da metade das margens estão ocupadas por mata ciliar, independentemente do tipo de vegetação. Porém, mesmo com boa cobertura vegetal, observa-se acúmulo de resíduos sólidos, esgoto doméstico e alterações antrópicas no canal fluvial. Por ser uma área estruturada em uma falha e, conseqüentemente, haver uma cachoeira com pequena queda d'água, ocorre a deposição de sedimentos nas duas margens do rio à montante, possibilitando o desenvolvimento de substratos e de habitats disponíveis. Há a presença de animais selvagens nas margens, tais como aves, répteis, mamíferos e anfíbios, com soterramento à jusante da área avaliada.

A situação do Corredor Ecológico do Mindu foi avaliada como "boa", embora apresente algumas alterações. A estabilidade das margens e a deposição de sedimentos são consideradas ótimas. Quanto à ocupação das margens, esgotos domésticos, efluentes industriais, soterramento e condição dos animais, observa-se que estão em boas condições. O estado de conservação da mata ciliar, a presença de resíduos sólidos e as alterações antrópicas no canal fluvial encontram-se em condições regulares.

O PARU evidencia que os trechos em estudo possuem status de Regular no ponto 1 (49,5, Impactado) e Boa nos pontos 2 e 3 (61, Alterado) no quadro 9. São evidentes as péssimas condições de habitat e de desenvolvimento do canal no Conjunto Shangrilá, já que as alterações antrópicas são constantes neste trecho, impactando o ecossistema local. Em contrapartida, nos trechos do Parque e do Corredor Ecológico, há um certo nível de conservação. A degradação chega a estes locais pelo próprio canal, com deposição de resíduos sólidos que se alojam nas margens, além do forte odor pútrido que se acumula no igarapé com o despejo de esgoto em todos os trechos (alto, médio e baixo setor). Porém, há a iniciativa dos órgãos para realizar atividades, com a contribuição da população do entorno, com projetos de limpeza dos igarapés e recolhimento do lixo. Além disso, há a contribuição da prefeitura por meio do recolhimento do lixo no Corredor Ecológico pelas caçambas e pelos agentes de limpeza pública, que trabalham constantemente para deixar o ambiente limpo.

Quadro 9 - Condição geral do rio conforme a pontuação total do PARU

Critérios	Pontuação		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Estabilidade das margens	8,5	8	9
Presença e estado de conservação das matas ciliares	6	8	4
Ocupação das margens dos rios	6	8	8
Resíduos sólidos	3	3	4
Esgoto doméstico e efluente industrial	8	2	7
Alterações antrópicas no canal fluvial	4	5	3
Deposição de sedimentos	4	8	9
Substratos e/ou habitats disponíveis	3	5	3
Soterramento	3	7	7
Animais	4	7	7
Total	49,5	61	61
Condição Geral	Regular (impactado)	Boa (alterado)	Boa (alterado)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Análise Censitária: Abastecimento de água, destino do lixo e esgotamento sanitário

O igarapé do Mindu distribui-se espacialmente por vários bairros da cidade de Manaus. Para a área de estudo, quatro bairros foram selecionados para análise espacial, visando destacar os problemas ambientais por meio da leitura dos dados de setores censitários¹ conforme o censo demográfico do IBGE em 2010. Devido ao atraso do Censo Demográfico do IBGE 2020, decorrente do período pandêmico da COVID19, só foi possível o uso dos dados publicados no ano de 2010. Assim, mesmo que o Censo Demográfico seja de um período distante, os problemas ambientais no médio setor do igarapé do Mindu ainda perduram nos dias atuais.

Os bairros Parque 10 de Novembro, Aleixo, Adrianópolis e N. Sra. Das Graças possuem uma população total de 85.874 habitantes, distribuídos espacialmente em uma área de 1.889,63 hectares, o que demonstra uma densidade demográfica de aproximadamente 45 habitantes por hectare. O quadro 10 apresenta a distribuição da população por bairros e define a numeração proposta pela sigla “ID - Identificação”, a organização dos bairros para a elaboração dos mapas, evitando que haja muitos elementos, o que poderia dificultar a leitura deles:

Quadro 10 - Densidade demográfica dos bairros do entorno do Parque Municipal do Mindu, Manaus, AM

ID	Nome do Bairro	População (2010)	Área (hectares)	Densidade Demográfica
38	Parque 10 de Novembro	41.256	821,12	80,8 (hab./h)
39	Aleixo	20.655	618,34	33,40 (hab./h)
40	Adrianópolis	8.847	248,45	35,61 (hab./h)
41	N. Sra. Das Graças	15.116	211,72	71,40 (hab. H)

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação (2021)

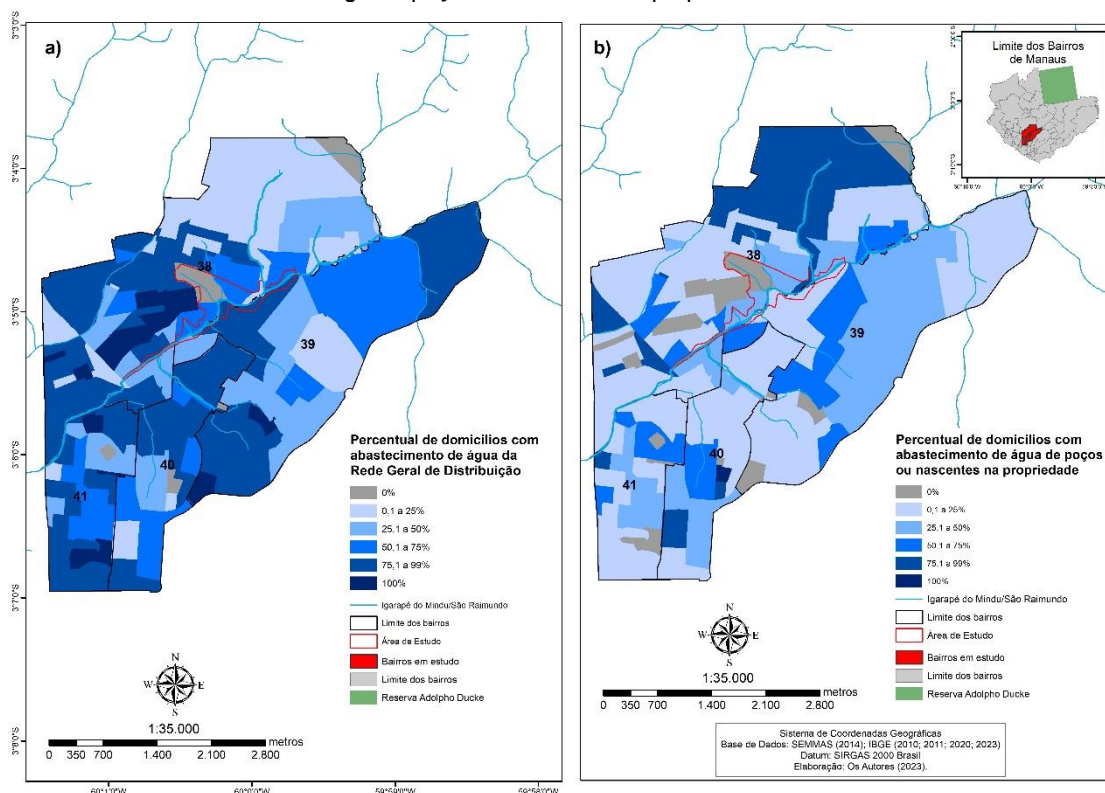
¹ Corresponde à menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País (IBGE, 2011, p. 4).

Após selecionados os bairros para análise censitária, foram trabalhadas três variáveis distintas: Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário e Destino do Lixo. Elementos estes necessários para evidenciar os problemas ambientais recorrentes no igarapé do Mindu.

A primeira variável selecionada para análise corresponde ao “abastecimento de água”, entre as quais foram elencados: o abastecimento de água pela rede geral e o abastecimento proveniente de poços e nascentes na propriedade. O IBGE (2011) define estas variáveis a partir da situação do domicílio no momento da coleta de dados realizados pelo recenseador: I. Rede Geral de Distribuição, quando o domicílio, terreno ou propriedade onde estava localizado está ligado a uma rede de distribuição de água; II. Poço ou Nascente na Propriedade, quando o domicílio era servido por água proveniente de poço ou nascente localizado no terreno ou na propriedade em que estava construído.

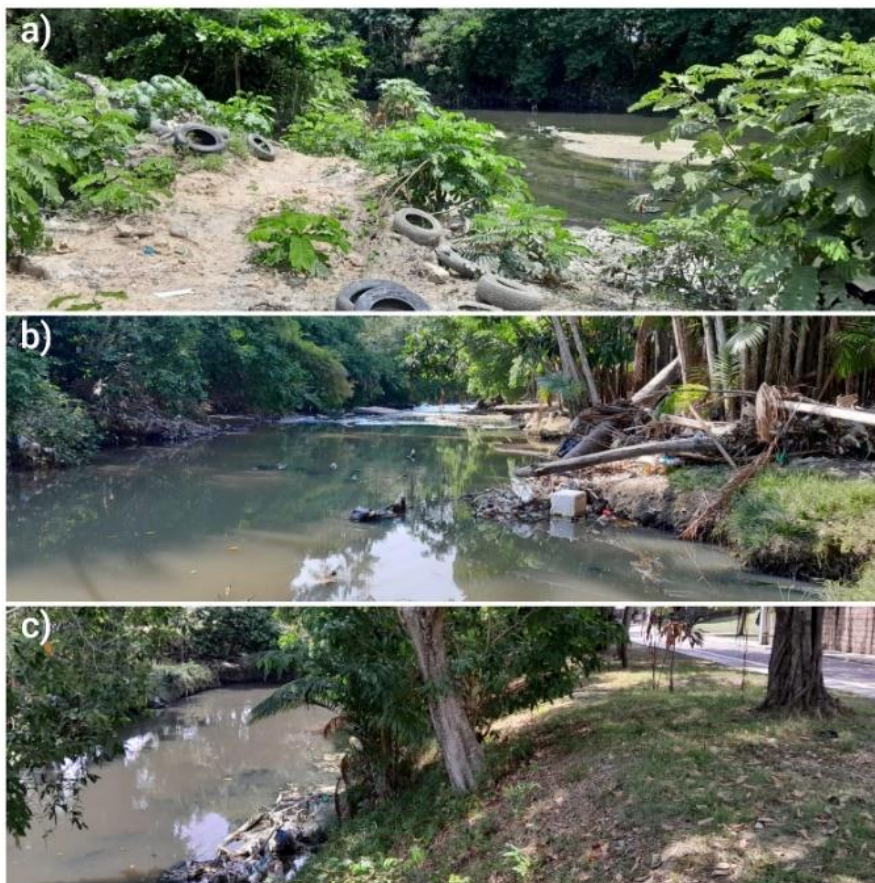
Na figura 4 podemos observar que em ambas as variáveis os setores censitários atingem percentuais máximos de 100%, significando que todas as residências possuem abastecimento de água da rede geral, bem como se abastecem de poços ou nascentes na propriedade. Em termos ambientais e sanitários, isso é um problema, pois observou-se um grande acúmulo de resíduos sólidos nas margens dos igarapés (Figura 5). Nas margens e no interior do igarapé, esses resíduos em decomposição interferem na qualidade da água consumida pela população.

Figura 4 - Percentual de domicílios do médio setor do igarapé do Mindu com abastecimento de água da rede geral, poços e nascentes na propriedade



Fonte: SEMMAs (2010); IBGE (2010; 2011; 2020; 2023). **Elaboração:** Os autores (2023).

Figura 5 - Trechos do igarapé do Mindu com descarte inadequado de lixo: a) Conj. Hab. Shangrilá; b) Parque Municipal do Mindu; c) Corredor Ecológico Passeio do Mindu



Fonte: Os autores (2023).

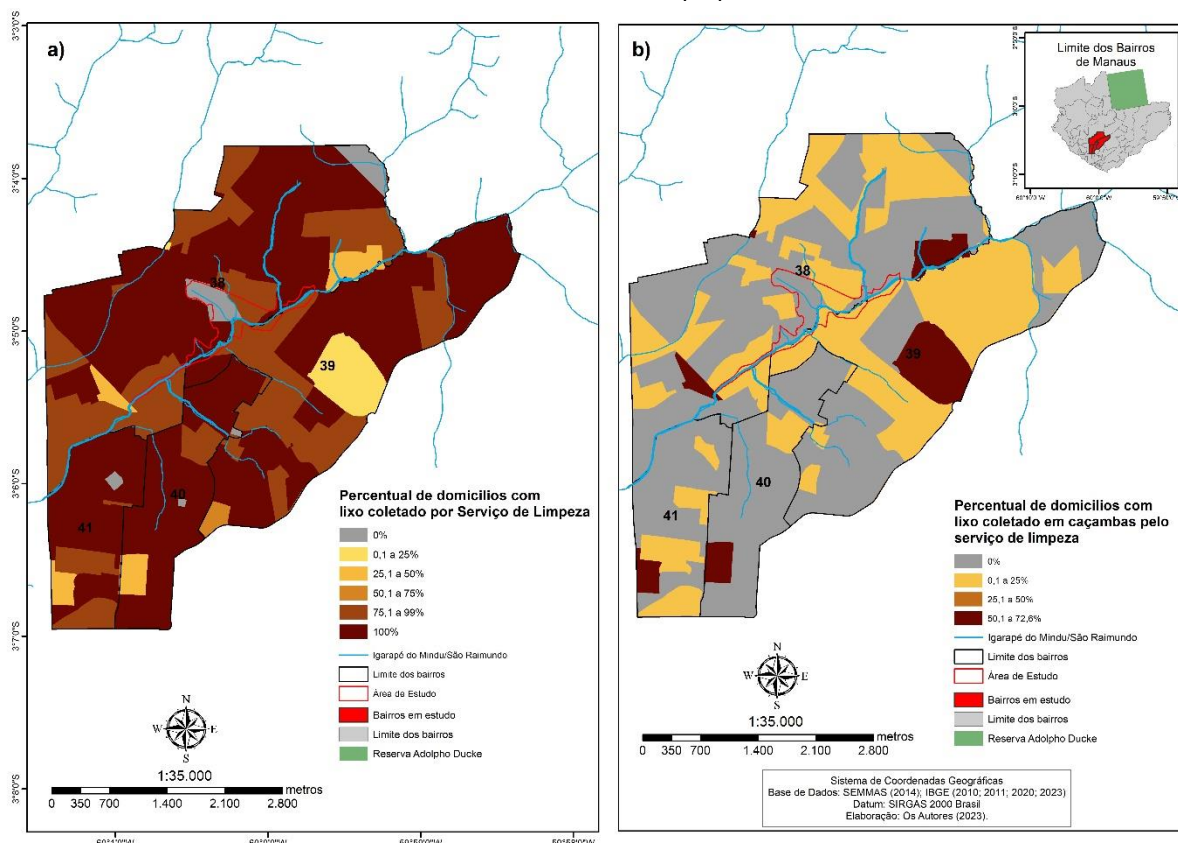
Na variável “Destino do Lixo”, foram selecionadas e analisadas a forma com que o lixo é armazenado e a presença de coleta pelo serviço público ou privado. O IBGE (2011, p. 23) define estas categorias da seguinte forma: I. Lixo coletado por serviço de limpeza, refere-se ao lixo coletado diretamente pelo serviço de limpeza pública ou privada; II. Lixo coletado em caçambas, refere-se ao lixo depositado em caçamba, tanque ou depósito fora dos domicílios, para depois ser coletado pelo serviço de limpeza pública ou privada.

Na figura 6A é possível observar que os domicílios nos quatros bairros são privilegiados com o serviço de limpeza pública que recolhe os resíduos domésticos das residências. Porém, a figura 6B evidencia que estes resíduos são mal armazenados, pois apenas alguns trechos dos setores censitários nos bairros Parque 10 de Novembro (38) e Aleixo (39) atingem 72,8% de domicílios, enquanto que é evidente áreas em que não há local adequado para armazenamento ou coleta seletiva.

O lixo doméstico mal armazenado é um problema a ser resolvido, uma vez que, em episódios de chuvas intensas, é carregado pelas águas indo direto para os igarapés. Em alguns casos, a população

pendura as sacolas plásticas em galhos de árvore ou grades, no entanto isso não impede que se tornem vulneráveis aos animais de rua (cães e gatos) que rasgam o invólucro, espalhando o lixo nas ruas.

Figura 6 - Percentual de domicílios do médio setor do igarapé do Mindu com lixo coletado por serviço de limpeza e armazenado em local apropriado

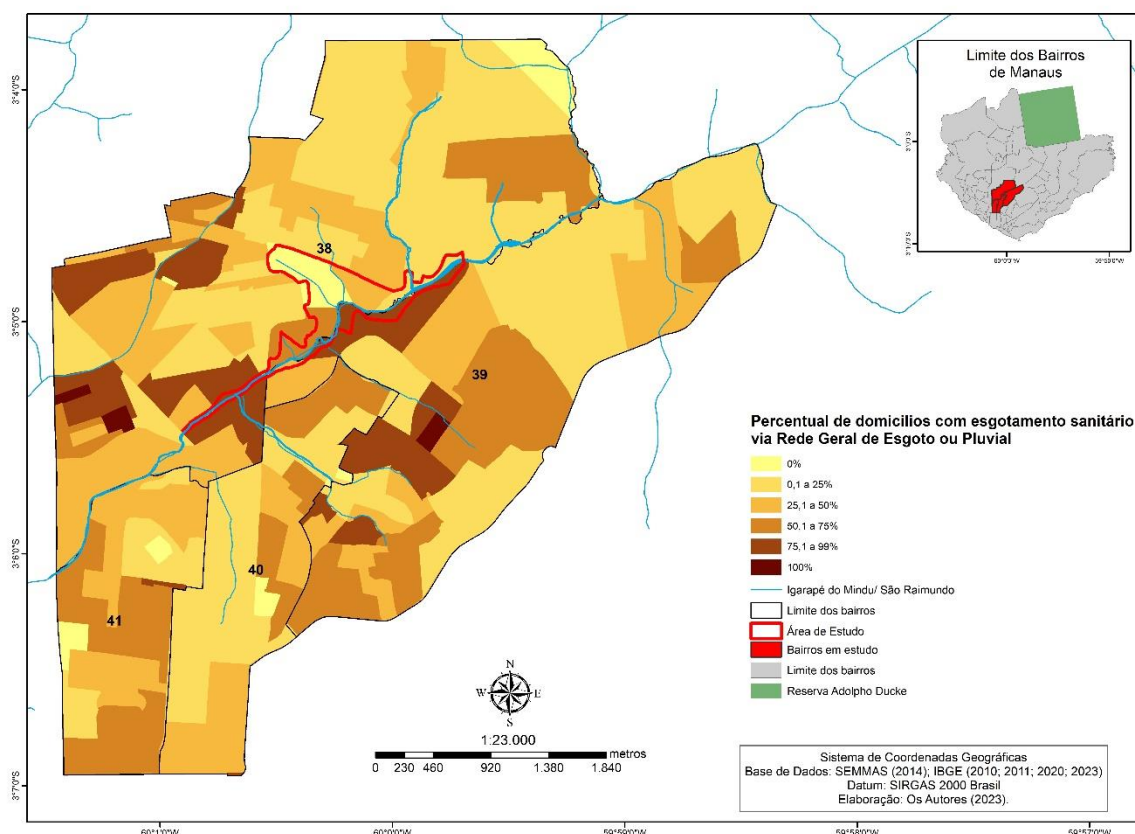


Fonte: SEMMAS (2010); IBGE (2010; 2011; 2020; 2023). Elaboração: Os autores (2023).

A última variável, e a mais importante, corresponde ao “Esgotamento Sanitário”. Ela é definida pelo IBGE (2011) como quando a residência, no momento do levantamento, apresentava canalização das águas servidas e dos dejetos provenientes do banheiro ou do sanitário, ligadas a um sistema de coleta, e este os conduzia a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não dispusesse de estação de tratamento da matéria esgotada.

De fato, os bairros do médio setor do igarapé do Mindu apresentam setores censitários, com 100% de suas residências conectadas à rede geral de esgoto (Figura 7). Contudo, diversas áreas apresentam apenas 25% de residências ligadas a esse sistema. No geral, a maioria das residências da cidade de Manaus apresenta esgotamento típico, do tipo fossa séptica ou rudimentar.

Figura 7 - Percentual de domicílios do médio setor do igarapé do Mindu conectados à rede geral de esgoto



Fonte: SEMMAS (2010); IBGE (2010; 2011; 2020; 2023). **Elaboração:** Os autores (2023)

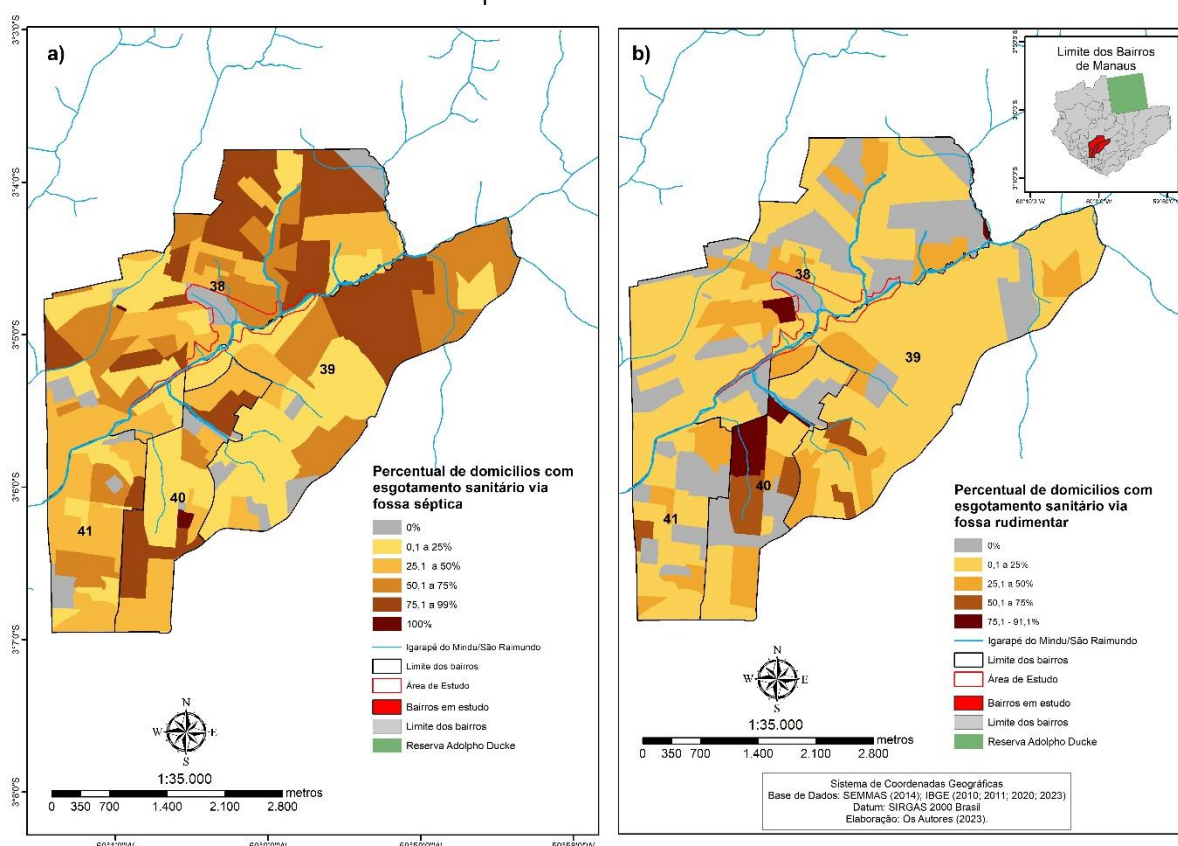
De acordo com o IBGE (2011), a “fossa séptica” é definida como quando a matéria é esgotada para uma fossa próxima, onde passava por um processo de tratamento ou decantação, sendo ou não a parte líquida conduzida para um desaguadouro geral da área, região ou município. Em contrapartida, a “fossa rudimentar” é definida como quando o banheiro ou sanitário estava ligado a uma fossa rústica, fossa negra, poço, buraco etc. (IBGE, 2011). É um tipo de esgotamento muito utilizado na área rural, desprovidos de um sistema de tratamento de esgoto eficiente.

Costa e Guilhoto (2014) explicam, em seu artigo “Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora”, que esse tipo de esgotamento é assim definido por não funcionar como forma de evitar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, não possui efluente reciclável, prolifera vetores, emite odor desagradável e não possui vedação hermética. Já Santos (2015) descreve que as “fossas negras”, outro nome dado às fossas rudimentares, levam os dejetos humanos e a carga bacteriana diretamente para o solo, podendo favorecer a percolação do material que alcançará o lençol freático, contaminando, assim, a água. Um problema constante, quando comparado à variável “poços e nascentes na propriedade”, pois, como visto anteriormente, vários setores censitários utilizam esse tipo de abastecimento.

A construção de poços de baixa profundidade junto ao despejo de dejetos diretamente no solo representa graves riscos de contaminação, sendo a maioria deles responsáveis por internações de crianças em todo o mundo, principalmente em países em desenvolvimento.

Na figura 8A, em várias áreas, os setores censitários atingem 100%, demonstrando que há um controle e monitoramento dos dejetos humanos, porém, na figura 8B, é presente o grande percentual de residências com esgotamento do tipo fossa rudimentar, principalmente no bairro Adrianópolis (40), atingindo cerca de 75,1 a 91,1% dos domicílios.

Figura 8 - Percentual de domicílios do médio setor do igarapé do Mindu com esgotamento sanitário do tipo fossa séptica e fossa rudimentar



Fonte: SEMMAS (2010); IBGE (2010; 2011; 2020; 2023). Elaboração: Os autores (2023).

Conclusão

Em síntese, os três pontos analisados, avaliados por meio do protocolo adaptado da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA), demonstram boas condições, com um impacto moderado resultante das atividades humanas na área circundante. No entanto, quando analisados separadamente, constata-se que o trecho correspondente ao Conjunto Habitacional Shangrilá é o mais impactado devido à remoção da cobertura vegetal, aos processos erosivos frequentes, que resultam no assoreamento do igarapé, e ao descarte inadequado de resíduos sólidos, que altera a coloração da água para turva e

adquire um odor característico de ovo podre ou de material em decomposição que permanece nos demais trechos estudados.

No Parque Municipal do Mindu, devido à sua inserção em uma área de proteção ambiental e ao esforço conjunto da comunidade e dos funcionários do parque em manter o local limpo, conserva-se a cobertura vegetal. Entretanto, apesar dos esforços empreendidos, verifica-se a presença constante de resíduos nas margens do igarapé, formando camadas de entulho doméstico, tais como sacos plásticos, móveis, pneus, eletrônicos, tecidos, entre outros. Esses materiais são descartados à montante e transportados pelas águas das chuvas até o parque.

Já no último ponto, no trecho correspondente ao Corredor Ecológico Passeio do Mindu, há uma melhora aparente na qualidade das águas. Localizado em área nobre, o canal encontra-se totalmente canalizado, com as políticas públicas atuantes para manter o ambiente limpo e seguro, garantindo o lazer e um local de prestígio para os moradores praticarem exercícios ao ar livre. Apesar da canalização, há resquícios das matas ciliares e a presença constante de vegetação de porte arbórea nas margens, com presença de pássaros, de répteis e de peixes neste trecho do igarapé. Indubitavelmente, é o trecho que possui maior status de conservação em relação aos pontos anteriores, apesar do consumo da água ainda ser inadequada.

Sobre isso, é perceptível o problema da qualidade da água, principalmente porque uma parcela da população ainda utiliza a água proveniente de nascentes e de poços na propriedade, mesmo havendo residências que possuem ligação direta com a rede de distribuição da empresa Águas de Manaus. Estas águas, ora contaminadas pelo descarte inadequado do lixo doméstico, ora por dejetos humanos, disseminam doenças: vetores de malária, dengue, vírus Zika e febre amarela, diarreia, cólera, amebíase, giardíase, entre outros.

Portanto, ressalta-se a importância da avaliação dos rios urbanos a partir da aplicação dos protocolos de avaliação rápida, pela sua facilidade de aplicação, da participação da comunidade no processo de análise e de tomada de decisão. Porém, não é algo restrito, podendo ser integrado a outros estudos como Estudos de Impactos Ambientais, Estudos de Remediação Ambiental, análise de risco ambiental, Auditoria Ambiental, estudos hidrológicos e socioambientais.

Referências

ANTONACCIO, G. *Bairros de Manaus*. Manaus: Imprensa Oficial, 2010.
BERSOT, M. R. O. B.; MENEZES, J. M.; ANDRADE, S. F. Avaliação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) na Bacia Hidrográfica do Rio Imbé, RJ. *Revista Ambiência*, v. 11, n. 2, mai./ago., p. 277-294, 2015. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/3303/pdf>. Acesso em: 18 de dez. 2023.

- BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). *Revista Caderno de Estudos Geoambientais*, v. 4, n. 1, p. 5-13, 2014. Disponível em: <https://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/view/20>. Acesso em: 17 de dez. 2023.
- CARVALHO, F. A. A área das nobres casas e avenidas. *Jornal do Comércio*, Manaus, p. Q3, 23 a 25 de outubro de 2022.
- CASSIANO, K. R. M. *Análise Geográfica de áreas de risco na Bacia Hidrográfica no Igarapé do Mindu – Manaus (AM)*. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/106841/319871.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 de dez. 2023.
- CASCAIS, M. G. A.; TERAN, A. F. Parque Municipal do Mindu: espaço de lazer, cultura e educação ambiental. In: *XII Reunião Bienal da Rede POP*, 2011, Campinas. Anais [...] XII Reunião Bienal da Rede POP. Campinas: E-Color, 2011. p. 01-08.
- CAMPOS, J. C. *Protocolo de avaliação rápida de rios urbanos como subsídio ao planejamento da paisagem: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Palmital na região metropolitana de Curitiba (PR)*. 2020. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba., 2020. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/67438>. Acesso em: 17 de dez. 2023.
- CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. *Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PARU) como ferramenta de monitoramento ambiental*. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, n. 21, jun./jul., p. 121-138, 2021. Disponível em: <https://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/view/2021.21.005>. Acesso em 17 de dez. 2023.
- CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Proposta de um protocolo de avaliação rápida para rios urbanos. *Revista Geografar*, v. 14, n. 2, p. 267-286, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/59176/39924>. Acesso em: 16 dez. 2023.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M. PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002. Disponível em: <https://jbb.ibict.br/handle/1/708>. Acesso em: 18 de dez. 2023.
- COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento Rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. *Eng. Sanit. Ambiental*, Edição Especial, p. 51-60, 2014.
- DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO DE MANAUS. *Decreto nº 9.329, de 26 de outubro de 2007, que cria o Corredor Ecológico Urbano do Igarapé do Mindu, para fins de proteção ambiental e dá outras providências*. 2007. Disponível em: <https://www.manaus.am.gov.br/semmas/wp-content/uploads/sites/26/2023/08/Decreto-9.329-de-26-de-outubro-de-2007.pdf>. Acesso em: 16 de dez. 2023.
- DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DO AMAZONAS. *Lei nº 219, de 11 de novembro de 1993*. 1993. Disponível em: <https://www.manaus.am.gov.br/semmas/wp-content/uploads/sites/26/2023/08/Lei-219-de-11-de-novembro-de-1993.pdf>. Acesso em: 17 de dez. 2023.
- GUERRA, Jeffer. Bairro Atualmente. *Jornal do Comércio*, Manaus, 24 de outubro de 2013.
- MACHADO, A. P. F. *Adaptação de um protocolo de avaliação rápida de rios e sua utilização como recurso didático em Educação Ambiental no Ensino Médio*. 70 f. Dissertação (Mestrado em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado), Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Urutaí, 2019. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_8/2020-10-27-12-42-23Disserta%C3%A7%C3%A3o_Ana%20Paula%20Favorito.pdf. Acesso em: 18 de dez. 2023.
- PEDROSO, L. B.; COLESANTI, M. T. M. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios durante período de estiagem em trechos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás. *Revista de*

Geografia (Recife), v. 35, n. 3, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.229351>. Acesso em 18 de dez. 2023.

RAMOS, A. A. *Segregação e diferenciação na metrópole: as pontes que unem e separam no contexto das ocupações em margens dos igarapés de Manaus*. 2021. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021. Disponível em:

https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/8432/8/Disserta%c3%a7%c3%a3o_AgeaneRamos_PPGEOG.pdf. Acesso em: 17 de dez. 2023.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, n. 1, jan./mar., p. 161-170, 2008. Disponível em:

<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=15&SUMARIO=188>. Acesso em: 19 de dez. 2023.

RODRIGUES, A. S. L. *Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres*. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, 2008. Disponível em:

<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2140>. Acesso em: 20 de dez. 2023.

SANTOS, G. J. C.; CARVALHO, M. E. S. Adaptação do protocolo de avaliação rápida de rios como prática pedagógica ambiental no Açude Pindorama, Bahia. In: SILVA, M. S. F.; CARVALHO, M. E. S.; FERRETTI, (Org.). *Paisagens em Movimento: conceitos, temas e as múltiplas linguagens na educação geográfica*. Florianópolis: Editora do Bosque/CFH/UFSC, capítulo IX, p. 175-194, 2022.

SANTOS, S. J. A.; PEREIRA, F. C.; MOREIRA, A. A. D.; CAMPOS, C. L. Disposição dos resíduos sólidos domésticos no meio ambiente em comunidades rurais no município de Picuí, Paraíba. In: *Congresso Latino-americano de Agroecologia*, 5, 2015. Anais [...]. La Plata: SOCLA, 2015, p. 1-5.

Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. *Áreas Protegidas*. 2023. Disponível em:

<https://www.manaus.am.gov.br/semmas/areas-protegidas/>. Acesso em: 16 de dez. 2023.

Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Renovação. *População estimada por bairro de Manaus – AM*. 2021. Disponível em: https://www.seducti.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/mapa_da_populacao_por_bairro_de_manaus.pdf. Acesso em: 20 de dez. 2023.

VILHENA, F. S. *et al.* Análise preliminar das alterações do clima no bairro Parque Dez de Novembro nos últimos três anos (2010 a 2013). *Revista Científica do Centro de Estudos Superiores de Parintins*. 2019. Disponível em: <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/1190>. Acesso em: 16 de dez. 2023.