

ANTROPOCENO: A INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NOS PROCESSOS FLUVIAIS DE RIOS URBANOS

Matheus Silveira de **Queiroz**¹, Selma Paula Maciel **Batista**², Neliane de Sousa **Alves**³,
Rogério Ribeiro **Marinho**⁴

(1 – Universidade Federal do Amazonas, matheussilveiradequeiroz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8722-7715>; 2 – Universidade do Estado do Amazonas, sbatista@uea.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-4418-5436>; 3 – Universidade do Estado do Amazonas, nsalves@uea.edu.br, <https://orcid.org/0000-0003-4851-8514>; 4 – Universidade Federal do Amazonas, rogeo@ufam.edu.br, <https://orcid.org/0000-0001-5219-8635>)

Resumo: O objetivo deste trabalho foi analisar os impactos antropogênicos nos processos fluviais de um rio em área urbana na cidade de Manaus. Foram realizados trabalhos de campo entre os anos de 2017 e 2020 no igarapé do Mindu para identificação e análise dos processos fluviais e alterações antropogênicas e coletadas amostras de sedimentos na planície de inundação para identificar depósitos tecnogênicos. O igarapé sofre um impacto significativo devido à intervenção humana na maioria de sua extensão. As áreas correspondentes ao médio e alto curso foram as mais impactadas devido aos processos de dragagem, que causaram alterações na morfologia do canal, na dinâmica fluvial e no transporte de sedimentos. Além disso, as observações estratigráficas realizadas nos depósitos da planície de inundação também revelaram a presença de materiais antrópicos. Adicionalmente, foram identificados depósitos intracanalais, como barras antropogênicas, localizadas a montante de pilares de pontes. Todos esses fatores indicam que a atividade humana está causando um impacto direto na dinâmica de transporte de sedimentos, tanto de fundo como em suspensão. Portanto, apesar de ainda serem necessários estudos complementares, sugere-se que os processos fluviais clássicos estão sendo alterados pela intervenção antrópica, sendo necessários novos estudos para entender essa nova dinâmica.

Palavras-Chave: Sistemas Fluviais; Antropoceno; Rios Urbanos.

ANTHROPOCENE: ANTHROPIC INFLUENCE ON THE FLUVIAL PROCESSES OF URBAN RIVERS

Abstract: The objective of this work was to analyze the anthropogenic impacts on the fluvial processes of a river in an urban area in the city of Manaus. Fieldwork was carried out between 2017 and 2020 on the Mindu Igarapé to identify and analyze fluvial processes and anthropogenic alterations, and sediment samples were collected from the floodplain to identify technogenic deposits. The igarapé suffers a significant impact from human intervention along most of its length. The areas corresponding to the middle and upper reaches were the most impacted due to dredging processes, which caused alterations to the channel's morphology, river dynamics and sediment transport. Furthermore, the stratigraphic observations made on the floodplain deposits also revealed the presence of anthropogenic materials. In addition, intrachannel deposits were identified, such as anthropogenic bars located upstream of bridge abutments. All these factors indicate that human activity is having a direct impact on the dynamics of sediment transport, both bottom and suspended. Therefore, although further studies are still needed, it is suggested that the classic fluvial processes are being altered by anthropogenic intervention, and further studies are needed to understand these new dynamics.

Keywords: Fluvial Systems; Anthropocene; Urban Rivers.

ANTROPOCENO: INFLUENCIA ANTRÓPICA EN LOS PROCESOS Fluviales DE LOS RÍOS URBANOS

Resumen: El objetivo de este estudio fue analizar los impactos antropogénicos en los procesos fluviales de un río en una zona urbana de la ciudad de Manaos. Se realizaron trabajos de campo entre 2017 y 2020 en el arroyo Mindu para identificar y analizar los procesos fluviales y los cambios antropogénicos, y se recogieron muestras de sedimentos de la llanura de inundación para identificar depósitos tecnogénicos. El igarapé sufre un importante impacto de la intervención humana en la mayor parte de su recorrido. Las zonas correspondientes a los tramos medio y alto fueron las más impactadas debido a los procesos de dragado, que provocaron cambios en la morfología del cauce, en la dinámica fluvial y en el transporte de sedimentos. Además, las observaciones estratigráficas realizadas en los depósitos de la llanura de inundación también revelaron la presencia de materiales antropogénicos. Además, se identificaron depósitos intracanal, como barras antropogénicas situadas aguas arriba de los estribos de los puentes. Todos estos factores indican que la actividad humana está teniendo un

impacto directo en la dinámica del transporte de sedimentos, tanto de fondo como en suspensión. Por lo tanto, aunque todavía se necesitan más estudios, se sugiere que los procesos fluviales clásicos están siendo alterados por la intervención antropogénica, y se necesitan más estudios para comprender esta nueva dinámica.

Palabras Clave: Sistemas Fluviales; Antropoceno; Ríos Urbanos.

1 Introdução

O Antropoceno, como uma nova época geológica, considera que os impactos humanos nos sistemas naturais foram tão intensos que modificaram a condição do Holoceno. Nos últimos três séculos, a partir da revolução industrial, o efeito do homem na paisagem aumentou de forma significativa. As emissões de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono, contribuíram para alterações não naturais no clima global, regional e local, o que pode afetar o comportamento natural por muitos milênios. Crutzen (2002) defende que o Antropoceno iniciou no século XVIII quando as análises de ar no gelo polar indicaram o início do aumento da concentração global de dióxido de carbono na atmosfera.

A população humana, nos últimos três séculos, tem crescido exponencialmente, de modo que ultrapassou 8 bilhões em 2022 e a forte concentração humana nas cidades com o êxodo rural, a industrialização acelerada e o descarte de material antrópico alteraram significativamente a natureza, desenvolvendo relevos antropogênicos. Assim, foram criadas algumas feições geomorfológicas diretamente antropizadas (Ex. aterros, escavações, ilhas artificiais, recifes artificiais, canais fluviais, etc.) (GOUDIE; VILES, 2016). Além disso, o relevo dessas áreas urbanas teve sua dinâmica natural alterada devido à inserção de equipamentos antrópicos nos processos geomorfológicos.

Os rios urbanos em países em desenvolvimento são especialmente afetados por obras de retificação, dragagem, canalização, etc., de forma que seus processos fluviais de erosão, transporte e deposição de sedimentos são diretamente impactados (QUEIROZ, 2019). Além disso, com o desenvolvimento de polímeros sintéticos nos séculos XIX e XX de demorada decomposição (ex. borracha, resinas, policloreto de vinila) e o aumento da produção mundial de plástico a partir da década de 1950 (multiplicou de 1.700 toneladas para 368.000 toneladas

em 2019) (PLASTICSEUROPE, 2018, 2020; WEBER; LECHTHALER, 2021), a inserção desse material no relevo natural aumentou drasticamente.

Logo, a abundância global desses materiais, o descarte direto no meio ambiente e a demora temporal na decomposição (principalmente o plástico) foram importantes fatores para a delimitação de uma era Cenozoica Pós-Holoceno, o Antropoceno, que abrangesse, na estratigrafia sedimentar, o impacto humano (CORCORAN et al., 2014; GEYER et al., 2017; WATERS et al., 2016; ZALASIEWICZ et al., 2008, 2021). Quando se trata de sistemas fluviais, observa-se que há depósitos antropogênicos acumulados principalmente na planície de inundação, que é uma forma fluvial dinâmica, influenciando e alterando a estratigrafia desses sedimentos (QUEIROZ, 2019; LECHTHALER et al., 2021; WEBER; OPP, 2020).

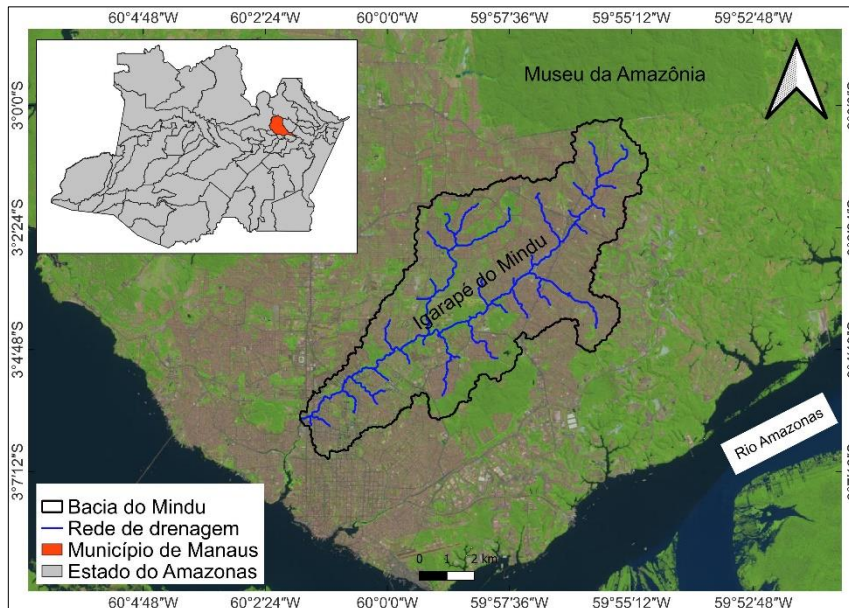
Materiais antropogênicos foram identificados por diversos autores em ambientes de água doce como lagos (ERIKSEN et al., 2013; IMHOF et al., 2013; FREE et al., 2014; ZBYSZEWSKI et al., 2014) e rios (MORRITT et al., 2014; LECHNER et al., 2014; ZHAO et al., 2014; WEBER; LECHTHALER, 2021), além disto observa-se a influência de microplásticos em diversos ambientes ecológicos o que interfere diretamente na fauna e na flora (ERIKSEN et al., 2014; ANDRADY, 2017; ALIMY et al., 2018). Nos estudos estratigráficos analisando a presença de material antropogênico em depósitos fluviais, destaca-se o trabalho de Weber e Lechthaler (2021). Esses depósitos antrópicos em áreas urbanas podem ser classificados como depósitos tecnogênicos, que são resultado da interferência direta do homem no ambiente (SUERTEGARAY et al., 2008).

O estudo desses depósitos tecnogênicos é essencial nos estudos fluviais atuais, pois a inserção de material antrópico no sistema fluvial pode influenciar e até alterar os processos fluviais de um rio. Portanto, esse trabalho tem como objetivo analisar os impactos antropogênicos nos processos fluviais de um rio em área urbana.

2 Caracterização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Mindu (Figura 1) está localizada 100% na área urbana da cidade de Manaus e possui uma área de 66 km². O igarapé (termo regional para canal fluvial) do Mindu, rio principal da bacia, possui uma extensão de 18,21 km. A bacia engloba parte das zonas Oeste, Leste, Sul, Norte e Centro-Sul.

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Igarapé do Mindu



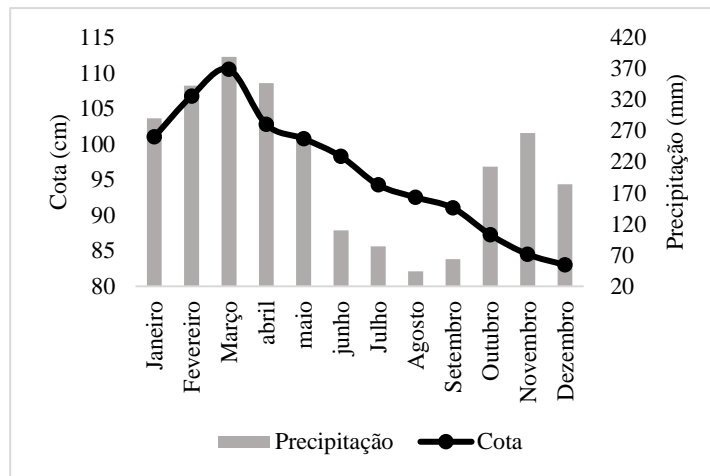
Org.: Os autores, 2023.

O igarapé do Mindu apresenta o período máximo de cheia no mês de março e de vazante em dezembro. Quando comparado com o regime de precipitação na bacia, é possível observar uma correlação positiva ($R^2 = 0.64$), o que indica que a pluviometria local interfere no regime hidrológico. Porém, nos meses de outubro, novembro e dezembro, a precipitação aumenta e o canal segue no período de vazante, o que pode indicar uma histerese (Figura 2). Observa-se, também, a influência do regime hidrológico do rio Negro no baixo curso do igarapé do Mindu na bacia. A vazão e velocidade do igarapé do Mindu possuem valor médio de $3,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $0,27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente. Esses parâmetros hidrológicos são influenciados por um barramento hidráulico no baixo curso que diminui a velocidade de fluxo, principalmente no período de águas altas do rio Negro (maio, junho e julho) (QUEIROZ et al., 2020a).

Em alguns pontos da bacia, como no médio curso, a vazão pode atingir $54,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ devido às condições geológicas da área (presença de *knickpoint*). Observa-se também que, com exceção da foz da bacia, devido à influência do barramento hidráulico, no médio e alto curso da bacia as velocidades de fluxo foram sempre maiores no período da cheia (maior precipitação) (QUEIROZ et al., 2020). A declividade média da bacia é de $0,001 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$, considerada muito baixa (Figura 3). A amplitude altimétrica da bacia é de 109 metros (QUEIROZ; ALVES, 2020). Considerando apenas o igarapé do Mindu a altitude na nascente é 58 m e na foz 18 m (amplitude

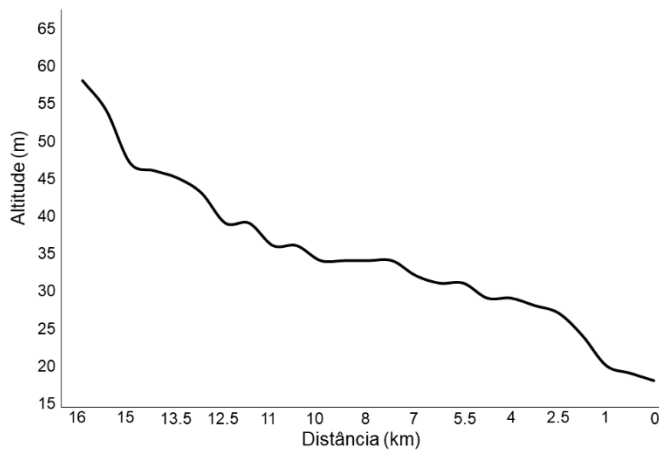
de 40 m) (Figura 3). Queiroz (2020) indica que o igarapé do Mindu é controlado por um lineamento morfoestrutural e observou um leve basculamento tectônico para a direita (fator de assimetria = 46,8), indicando influência neotectônica na morfologia da rede de drenagem.

Figura 2: Relação precipitação x nível da água no igarapé do Mindu (2011-2014)



Fonte: ANA e Filizola e Oliveira (2012) (nível da água) e INMET (precipitação). Org.: Os autores, 2023.

Figura 3: Perfil topográfico do igarapé do Mindu



Perfil gerado a partir do modelo digital de elevação Copernicus da Agência Espacial Europeia. Org.: Os autores, 2023.

De acordo com Oliveira (2008, p. 34), a forma urbana de Manaus foi moldada inicialmente “a partir do padrão topográfico limitado por vales afogados, com o rio Negro penetrando cidade adentro”. Conforme o autor, os igarapés isolavam o que ele denomina blocos urbanos, e serviam de bloqueio natural para a ocupação e integração do território da cidade.

Em 1900, cerca de 80% da população do estado do Amazonas residia em municípios do interior do Estado e apenas 20% na capital. Neste período, a população do estado do Amazonas era de 249.756 habitantes, enquanto na capital residiam 50.300. Em 2010, cerca de 50% da população do estado vive na capital, sendo 3.480.937 habitantes no estado e 1.802.014 habitantes em Manaus (AMAZONAS, 2013). Da década de 1950 a 1960, houve um aumento percentual de 25,6%, já da década de 1960 para a década de 1970 houve um aumento populacional de 44,1% (138.854 habitantes) e entre 1970 e 1980 houve um aumento de 51,1% (328.295 habitantes). O período compreendido entre 1960 e 1980, é quando a Zona Franca de Manaus – ZFM foi instituída e começou a ter efeitos práticos visíveis na morfologia urbana da cidade; apenas nesse período houve aumento de 467.149 habitantes.

Um grande vetor de crescimento populacional para a cidade foi a Zona Franca de Manaus - ZFM nas décadas de 1960-1970. Na fase inicial da ZFM os consumidores, de vários estados, vinham à Manaus com o intuito de comprar produtos de excelente qualidade a preços abaixo do que normalmente se via no mercado. Com economia do terceiro setor estimulada, a cidade começou a expandir-se para o sentido norte com maior intensidade. Nesta fase, nota-se a construção de grandes conjuntos residenciais para atender a demanda habitacional, devido à migração de trabalhadores provenientes de outros estados para trabalhar no terceiro setor ou na ZFM (AMAZONAS, 2013).

Queiroz (2019), Queiroz et al. (2019; 2020) destacam que no baixo curso da bacia estão localizados os empreendimentos de maior vetor econômico (condomínios, shoppings, grandes comércios), enquanto no médio e alto curso o processo de ocupação foi desorganizado, resultando em palafitas e construções irregulares ao longo das margens do canal principal, o que aumentou significativamente as alterações estruturais na bacia (Figura 4).

Figura 4: Diferentes tipos de alteração estrutural no igarapé do Mindu



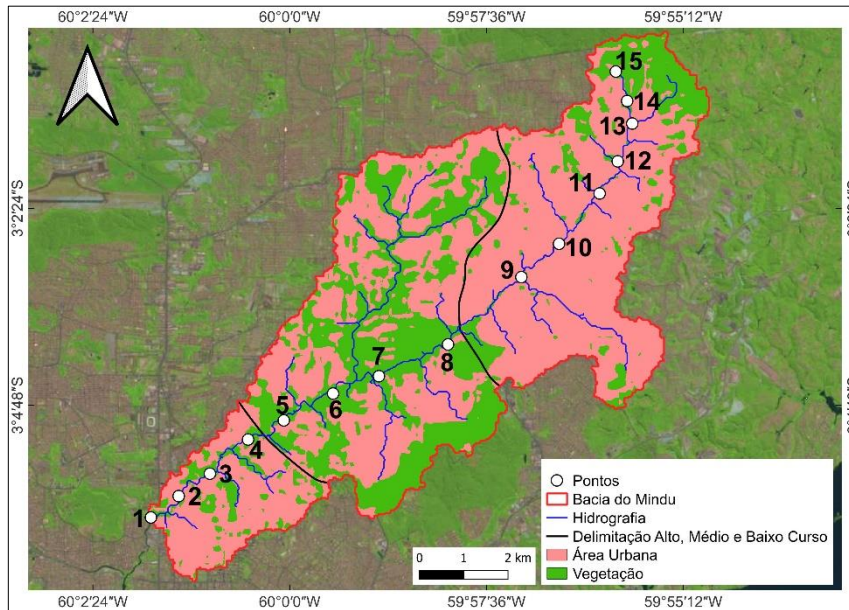
a - Retificação no baixo curso do igarapé do Mindu. b - Resultado de dragagem no alto curso do Igarapé do Mindu. Org.: Os autores, 2023.

3 Materiais e Métodos

Foram realizados trabalhos de campo entre os anos de 2017-2020 para identificação e análise dos processos fluviais e alterações antropogênicas no igarapé, considerando o Antropoceno no contexto dos sistemas fluviais. A coleta das amostras de sedimento foi realizada no ano de 2018, entre os meses de abril e julho, em quatro expedições no igarapé do Mindu (Figura 5) (QUEIROZ et al., 2020). Foram coletadas um total de 70 amostras em 15 pontos de análise com um trado a cada 10 m de profundidade, totalizando 50 m de profundidade para cada tradagem. Foram quatro pontos no baixo curso, quatro no médio e sete no alto. A identificação e análise de depósitos tecnogênicos em campo ocorreram de acordo com Weber e Lechthaler (2021), que analisaram os depósitos fluviais em perfis de sedimentos, avaliando se há depósitos tecnogênicos em profundidade.

Cada amostra foi seca naturalmente para não danificar os depósitos como plástico, por exemplo. Após isso, as amostras passaram por uma peneira granulométrica de 8x2 com abertura de 2 mm e malha 10 para separar os depósitos tecnogênicos de sedimentos mais finos. Por último, os depósitos (plástico, metal, dentre outros) foram identificados e classificados. Inicialmente, a coleta das amostras foi realizada na planície de inundação a 10 metros do curso d'água (Quadro 1). Os pontos apresentaram uma equidistância de 200 metros no sentido jusante-montante. A partir da segunda expedição, as coletas foram realizadas com uma equidistância de 1000 metros, esse ajuste de metodologia se fez necessário devido às condições de acesso às margens do igarapé conforme a densidade de residenciais aumentava.

Figura 5: Localização dos Pontos de Análise na bacia do Mindu



Org.: Os autores, 2024.

Quadro 1: Pontos análise de solos da área de estudo

Pontos de Coleta	Amostras	Curso da bacia	Latitude	Longitude
1	solum1a; solum1b; solum1c; solum1d; solum1e	Baixo	03°6'10,38''S	060°1'43,71''W
2	solum2a; solum2b; solum2c; solum2d solum2e	Baixo	3°5'54,81''S	060°1'19,63''W
3	solum3a; solum3b; solum3c; solum3d solum3e	Baixo	3°5'34,35''S	060°0'60''W
4	solum4a; solum4b; solum4c; solum4d solum4e	Baixo	3°5'12,17''S	060°0'31,93''W
5	solum5a; solum5b; solum5c; solum5d solum5e	Médio	3°4'54,77''S	060°0'12,58''W
6	solum6a; solum6b; solum6c; solum6d solum6e	Médio	3°4'39,36''S	059°59'28,64''W
7	solum7a; solum7b; solum7c; solum7d solum7e	Médio	3°4'25,96''S	059°58'56,14''W
8	solum8a; solum8b; solum8c; solum8d solum8e	Médio	3°4'1,58''S	059°58'6,09''W
9	solum9a solum9b; solum9c; solum9d solum9e	Alto	3°3'13,33''S	059°57'11,02''W
10	solum10a; solum10b; solum10c; olum10d solum10e	Alto	3°2'49,58''S	059°56'43,17''W
11	Perfil de Sedimentos Artificial	Alto	3°2'12,97''S	059°56'12,99''W
13	solum13a; solum13b; solum13c; olum13d solum13e	Alto	3°1'49,85''S	059°55'5949,41''W
14	solum14a; solum14b; solum14c; solum14d; solum14e	Alto	3°1'5,67''S	059°55'53,14''W
15	solum16a; solum16b; solum16c; solum16d; solum16e	Alto	3°0'35,27''S	059°56'0,07''W

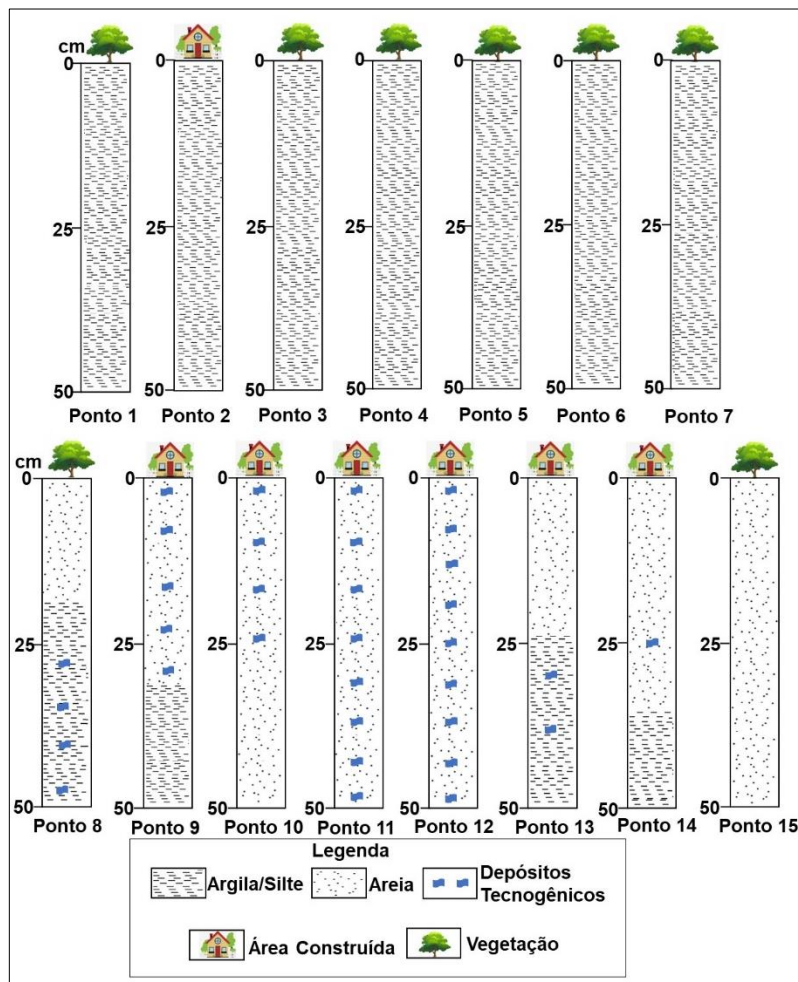
Org.: Os autores, 2023.

4 Resultados e Discussão

4.1 Análise dos Sedimentos da Planície de Inundação

Foram identificados materiais antropogênicos (plástico, metal, etc.) em sete pontos amostrais localizados no médio e alto curso do igarapé, sendo que o ponto do médio curso é na transição para o alto curso (Figura 6). Conforme observado em Queiroz (2019) e Queiroz et al. (2020b), nessas áreas as construções estão mais próximas do igarapé e são caracterizadas por residências de baixo poder aquisitivo, com maior impacto sobre a paisagem. Nos pontos onde há pouca interferência antrópica (devido ao parque do Mindu e ao corredor ecológico do Mindu), não foi identificado material antropogênico (com exceção do ponto 8).

Figura 6: Perfis de sedimentos do igarapé do Mindu



Org.: Os autores, 2023.

No ponto 8, encontrou-se nas amostras solum8c, solum8d e solum8e: plástico e material de construção (Figura 7). O ambiente no entorno indica pouca influência antrópica (último

ponto do corredor ecológico do Mindu), com vegetação densa nas duas margens do igarapé. Portanto, estima-se que o material antrópico pode ter sido transportado e depositado pelo canal.

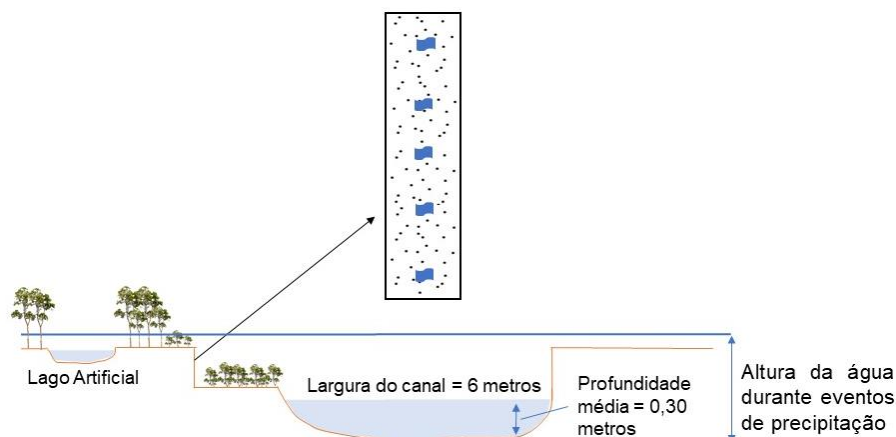
Figura 7: Amostra solum8d do ponto 8



Org.: Os autores, 2023.

Observa-se na figura 8 um modelo esquemático transversal da área do ponto 11 no alto curso do igarapé do Mindu. No ponto, observaram-se depósitos antropogênicos resultantes do trabalho fluvial do igarapé, com a presença de resíduos sólidos como plásticos, pedaços de metais, cano de PVC e pedaços de tijolo. O processo de deposição provavelmente ocorre nos períodos de precipitação, quando a altura do espelho d'água extrapola o leito de cheia. A velocidade de subida da água, dependendo do volume precipitado, é rápida e a descida, logo depois do fim da precipitação, também é veloz (QUEIROZ, 2019), dessa forma os sedimentos e os materiais antropogênicos transportados pelo curso d'água são depositados na planície de inundação.

Figura 8: Perfil esquemático transversal do ponto 11 do alto curso do igarapé do Mindu (figura sem escala)



Org.: Os autores, 2023.

O ponto possui 50 cm de altura (h) no início do monitoramento (maio de 2018) e após os 12 meses apresentou 32 cm (maio de 2019), ou seja, um decréscimo vertical de sedimentos de 24 cm, indicando que atualmente há um processo de erosão na área (Figura 9). Weber e Lechthaler (2021) analisaram um perfil de sedimentos na planície de inundação do rio Lahn, Alemanha, e identificaram na estratigrafia depósitos fluviais antropogênicos datados a partir de 1930. Os autores indicam que a presença de plástico na estratigrafia fluvial aumentou a partir de 1950, quando houve um aumento na produção global de plástico.

Figura 9: Ponto de análise 11



a- Ponto no início do monitoramento. b- Ponto após 12 meses de monitoramento. Org.: Os autores, 2023.

A planície de inundação está associada a sistemas altamente dinâmicos e pode ser alterada rapidamente dependendo da sua localização e susceptibilidade aos processos fluviais, assim como à influência antrópica (BRIDGE, 2003; EDGEWORTH, 2011; JAMES, 2013;

DEBOER et al., 2020). No igarapé do Mindu a concentração de depósitos tecnogênicos na superfície da planície ocorre principalmente no baixo curso, porém esse material tende a ser ressuspensionado para o canal e transportado para o Rio Negro. Isto ocorre durante os eventos de precipitação, quando há o aumento da largura do espelho d'água nessa região (GAMA, 2013) e o aumento da velocidade de fluxo (QUEIROZ, 2019). Portanto, o material é transportado antes de ser agregado à estratigrafia da planície, visto que não foram identificados depósitos em profundidade nas coletas dessa área.

4.2 Depósitos e Transporte Intracanal

As barras de areia formadas no igarapé do Mindu, principalmente no alto e médio curso, possuem características tecnogênicas. Além do material predominantemente arenoso, é possível observar material antrópico transportado como carga de fundo. Souza (2014) indica que as barras de areia dos igarapés de Manaus podem ter mais de 100 metros de comprimento (com base nas barras fluviais do igarapé do Passarinho, cidade de Manaus) e o material predominante nas barras é o plástico. Outro ponto importante do depósito intracanal são as pontes, os pilares dessas estruturas funcionam como barragem para os sedimentos tecnogênicos que acumulam a montante dos pilares, formando barras de areia longitudinais antrópicas interferindo diretamente no fluxo que é desviado para as laterais podendo causar erosão na planície de inundação (Figura 10).

Figura 10: Depósitos tecnogênicos a montante de pilares de pontes



Org.: Os autores, 2023.

A construção civil na planície de inundação do igarapé agrega sedimentos diretamente no igarapé, o que aumenta a carga de sedimentos suspensos e de fundo e materiais antrópicos

(Figura 11). Queiroz (2019) observou que durante eventos de precipitação, quando a velocidade de fluxo aumenta, é possível notar também um aumento na carga de sedimentos em suspensão. Esse acréscimo de sedimentos é transportado da planície de inundação (erosão produzida) diretamente para o canal. Portanto, muitos sistemas fluviais em áreas urbanas não possuem equilíbrio entre a capacidade de transporte e carga de sedimentos (TRIMBLE, 1977).

Figura 11: Área de construção civil no alto curso do igarapé do Mindu



Org.: Os autores, 2023.

4.3 Dragagem

Um dos processos que altera diretamente o igarapé do Mindu é a dragagem realizada pelo Estado para facilitar a vazão nas épocas de precipitação (Figura 12). Esse aprofundamento e alargamento artificial do canal não se mostrou eficaz para evitar as inundações no alto curso que ocorrem com precipitações a partir de 25 mm e o espelho d'água podendo chegar a 200 metros da margem (QUEIROZ et al., 2020b). Nota-se também que a maior concentração de casos de chamadas de inundação pela defesa civil da cidade de Manaus na bacia do Mindu ocorre no alto curso (MARINHO; SILVA, 2016), que é a área de maior adensamento populacional com residências de menor estrutura (palafitas de madeira e casas de alvenaria próximas do curso d'água) (QUEIROZ, 2019).

Esse processo desagrega os sedimentos do leito e das margens, facilitando o transporte destes no período de precipitação, pois a velocidade de fluxo pode aumentar duas vezes mais durante os eventos de precipitação (QUEIROZ, 2019) o que pode acrescentar um maior volume de sedimentos suspensos do igarapé do Mindu de origem antrópica. Além disto, Queiroz (2019)

observou também que as áreas dragadas não apresentam velocidade de fluxo detectável pelo método do flutuador, indicando que essas áreas podem funcionar com características semelhantes a lagos durante os períodos sem precipitação.

Figura 12: Área de dragagem e inundação no alto curso do igarapé do Mindu



a - Máquina dragando o canal. b - Igarapé do Mindu após o processo de dragagem. As setas azuis indicam a direção do Fluxo e as setas pretas indicam o material que foi retirado do leito e das margens. Foto: Expedição Mindu, 2018. C - Condição do alto curso do igarapé após precipitação de 25 mm, dia 03/02/2018. D - Mesmo local após o volume precipitado atingir 40,20 mm no dia 03/02/2018. As setas indicam a direção do fluxo e a localização leito do igarapé. Dados da estação de Manaus (INMET). Fonte: Queiroz et al. (2020).

5 Considerações Finais

- O igarapé do Mindu é diretamente impactado pela intervenção humana na maioria de sua extensão. As áreas do médio e alto curso foram as mais afetadas com os processos de dragagem que alteram a morfologia do canal, dinâmica fluvial e transporte de sedimentos. As observações estratigráficas nos depósitos na planície de inundação também apresentaram materiais antrópicos. Além disto, depósitos intracanaís como barras de depósitos tecnogênicos,

a montante de pilares de pontes e o transporte de sedimentos influenciado pela construção civil indicam que a dinâmica de transporte de sedimentos de fundo e suspenso está sendo diretamente impactada pela atividade humana.

- Apesar dos estudos sobre os impactos dos materiais antrópicos nos processos fluviais ainda serem iniciais, levanta-se a hipótese de que os processos tradicionais de deposição, erosão e transporte de sedimentos (silte, areia, argila) estão sendo alterados de forma significativa, de forma que os materiais antrópicos agora são incorporados à dinâmica fluvial e sedimentológica do canal e da planície de inundação.

-

6 Agradecimento

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa a nível doutorado para o primeiro autor.

7 Referências

- ALIMI, O.S., FARNER BUDARZ, J., HERNANDEZ, L.M., TUFENKJI, N. (2018). Microplastics and nanoplastics in aquatic environments: aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport. *Environ. Sci. Technol.* 52, 1704–1724. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05559>.
- AMAZONAS (2013). *Anuário Estatístico da Segurança Pública de 2012. Secretária de Estado e Segurança Pública – SSP/AM: Comissão de Estatística e Análise Criminal*. Amazonas: Editora UEA.
- ANDRADY, A.L (2017). The plastic in microplastics: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 119, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>.
- BRIDGE, J.S (2003). *Rivers and Floodplains: Forms Processes, and Sedimentary Record*, first ed. Blackwell, Malden.
- CORCORAN, P.L., MOORE, C.J., JAZVAC, K. (2014). An anthropogenic marker horizon in the future rock record. *GSA Today* 4–8. <https://doi.org/10.1130/GSAT-G198A.1>
- CRUTZEN, P.J (2002). *Geology of mankind*. Nature, v. 415, n.23.

- DEBOER, J.A., THOMAS, M.C., DELONG, M.D., PARSONS, M.E., CASPER, A.F. (2020) Heterogeneity of ecosystem function in an “Anthropocene” river system. *Anthropocene* 31, 100252. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2020.100252>.
- EDGEWORTH, M (2011). *Fluid pasts: Archaeology of Flow*. Bristol. Classical Press, London.
- ERIKSEN M., LEBRETON, L.C.M., CARSON, H.S. THIEL, M., MOORE, C.J., BORERRO, J.C. GALGANI, F., RYAN, P.G., REISSER, J. (2014). Plastic pollution in the world’s oceans: More than 5 trillion pieces weighing over 250 000 tons afloat at sea. *Plos ONE* 9 (12): e111913.
- ERIKSEN, M., MASIN, S., WILSON, S., BOX, C., ZELLERS, A., EDWARDS, W., FARLEY, H., AMATO, S. (2013). Microplastic pollution in surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar. Pollut. Bull.* 77, 177–182.
- FILIZOLA, N.P; OLIVEIRA, M.B.L. (2012). Variabilidade hidrológica multiescala na Amazônia. *Ciência & Ambiente*, 44, pp. 59-70.
- FREE, C.M., JENSEN, O.P., MASON, S.A., ERIKSEN, M., WILLIAMSON, N.J., BOLDGIV, B. (2014). Highlevels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Mar. Pollut. Bull.* 85, 156–163.
- GAMA, E.B. (2013). *Inundações Urbanas E Seus Impactos Na Bacia Hidrográfica Do Igarapé Do Mindu Na Área Da Vila Amazonas, Manaus-Am*. Universidade do Estado do Amazonas – UEA (Trabalho de Conclusão de Curso), Manaus.
- GARCIA, E. (2014). *Manaus: Referências da História*. Morma: 4º Edição, Manaus.
- GEYER, R., JAMBECK, J.R., LAW, K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3, e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
- GOUDIE, A.; VILES, H. (2016). Introduction to the Anthropocene and Anthropogeomorphology. In *Geomorphology in the Anthropocene* (pp. 1-14). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781316498910.001
- IMHOF, H.K., IVLEVA, N.P., SCHMID, J., NIESSNER, R., LAFORSCH, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Curr. Biol.* 23, R867–R868.

- JAMES, L.A. (2013). Legacy sediment: definitions and processes of episodically produced anthropogenic sediment. *Anthropocene* 2, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2013.04.001>.
- LECHNER, A., KECKEIS, H., LUMESBERGER-LOISL, F., ZENS, B. (2014). The Danube so colourful: a potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. *Environ. Pollut.* 188, 177-181.
- LECHTHALER, S., ESSER, V., SCHÜTTRUMPF, H., STAUCH, G. (2021). Why analysing microplastics in floodplains matters: application in a sedimentary context, 299-131 *Environ. Sci.: Process. Impacts* 71, 2021. <https://doi.org/10.1039/D0EM00431F>.
- MARINHO, R.R; SILVA, E.C.M. (2016). Análise Morfométrica de Áreas Afetadas por Inundação Urbana em Manaus (AM). *Caminhos de Geografia*, Uberlândia v. 17, n. 59, pp. 162–176.
- MORRITT, D., STEFANOUDIS, P.V., PEARCE, D. CRIMMEN, O.A. (2014). CLARK, P.F. Plastic in the Thames: a river runs through it. *Mar. Pollut. Bull.* 78, 196–200.
- OLIVEIRA, J. A. (2008). Espaço-Tempo De Manaus: a natureza das águas na produção do espaço urbano. *Espaço E Cultura*, UERJ, RJ, N. 23, P. 33-41.
- PLASTICSEUROPE. (2018). *Plastics – the facts 2018*: an analysis of European plastic production, demand and waste data, Plastic Europe.
- PLASTICSEUROPE. (2020). *Plastics – the facts 2020*: an analysis of European plastic production Demand Waste data.
- QUEIROZ, M. S.; BATISTA, S. P. M.; TOMAZ NETO, A. G.; ALVES, N.S. (2020) Expedição Mindu: Análise Geográfica do Igarapé do Mindu. In: ALBUQUERQUE, C.C; BATISTA, I.H. (Orgs.). *Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas*. 1ed.Boa Vista: Editora da UFRR, v. 1, p. 922-930.
- QUEIROZ, M.S. (2019). *Caracterização Hidrogeomorfológica da Bacia Hidrográfica do Mindu Manaus – Amazonas*. Trabalho de Conclusão de Curso (Universidade do Estado do Amazonas – UEA) Manaus, 2019, 185p.

- QUEIROZ, M.S.; BATISTA, S.P.M.; ALVES, N.S. (2020a). Análise Hidrológica do Igarapé do Mindu, Manaus, Amazonas, Brasil. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, Sobral/CE, v. 22, n. 3, p. 57-71.
- QUEIROZ, M.S.; BATISTA, S.P.M.; ALVES, N.S. (2020b) Análise do Risco de Inundação no Igarapé do Mindu em Manaus – Amazonas. *ACTA Geográfica*, Boa Vista, v.14, n.36.
- SOUZA, J.C.S. (2014). *Modificações No Padrão De Drenagem Da Microbacia Do Passarinho - Manaus (Am): A Formação De Barras Sedimentares Tecnógenas Por Deposição De Resíduos Sólidos*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Ciências Humanas e Letras da Universidade Federal do Amazonas – UFAM.
- SUERTEGARAY D.M.A., ROSSATO M.S., BELLANCA E.T., FACHINELLO A., CÂNDIDO L.A., SILVA C.R. *Terra Feições Ilustradas*. 3º Ed., Porto Alegre: Editora Da Ufrgs, 2008. 263 P.
- TRIMBLE, S.W. (1977). The fallacy of stream equilibrium in contemporary denudation studies. *American Journal of Science* 277, 876–887.
- WATERS, C.N., ZALASIEWICZ, J., SUMMERHAYES, C., BARNOSKY, A.D., POIRIER, C., GALUSZKA, A., CEARRETA, A., EDGEWORTH, M., ELLIS, E.C., ELLIS, M., JEANDEL, C., LEINFELDER, R., MCNEILL, J.R., RICHTER, DD, STEFFEN, W., SYVITSKI, J., VIDAS, D., WAGREICH, M., WILLIAMS, M., AN ZHISHENG, GRINEVALD, J., ODADA, E., ORESKES, N., WOLFE, A.P. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* 351, 2622. <https://doi.org/10.1126/science.aad2622>, 351, aad2622
- WEBER, C.J., OPP, C. (2020). Spatial patterns of mesoplastics and coarse microplastics in floodplain soils as resulting from land use and fluvial processes. *Environ. Pollut.* 267, 115390. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115390>.
- WEBER, C.J.; LECHTHALER, S. (2021). Plastics as a stratigraphic marker in fluvial deposits. *Anthropocene*, v. 36.
- ZALASIEWICZ, J., WATERS, C.N., ELLIS, E.C., HEAD, M.J., VIDAS, D., STEFFEN, W., THOMAS, J.A., HORN, E., SUMMERHAYES, C.P., LEINFELDER, R., MCNEILL, J.R., GALUSZKA, A., WILLIAMS, M., BARNOSKY, A.D., RICHTER, DD.B., GIBBARD, P.L., SYVITSKI, J., JEANDEL, C., CEARRETA, A., CUNDY, A.B.,

FAIRCHILD, I.J., ROSE, N.L., IVAR DO SUL, J.A., SHOTYK, W., TURNER, S., WAGREICH, M., ZINKE, J. (2021). The Anthropocene: comparing its meaning in geology (chronostratigraphy) with conceptual approaches arising in other disciplines. *Earth's Future* 9. <https://doi.org/10.1029/2020EF001896>.

ZALASIEWICZ, J., WILLIAMS, M., SMITH, A., BARRY, T.L., COE, A.L., BOWN, P.R., BRENCHLEY, P., CANTRILL, D., GALE, A., GIBBARD, P., GREGORY, F.J., HOUNSLOW, M.W., KERR, A.C., PEARSON, P., KNOX, R., POWELL, J., WATERS, C., MARSHALL, J., OATES, M., RAWSON, P., STONE, P. (2008). Are we now living in the Anthropocene. *GSA Today* 18, 4–8. <https://doi.org/10.1130/GSAT01802A.1>.

ZBYSZEWSKI, M., CORCORAN, P.L., HOCKIN, A. (2014). Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along the shorelines of the Great Lakes, North America. *J. Gt. Lakes Res.* 40, 288-299.

ZHAO, S., ZHU, L., WANG, T., LI, D. (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze estuary system, China: first observations on occurrence, distribution. *Mar. Pollut. Bull.* 86, 562–568.

Publisher: Universidade Federal de Jataí. Instituto de Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia. Publicação no Portal de Periódicos UFJ. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

Contribuições dos autores: Concepção: Matheus Silveira de Queiroz; Neliane de Sousa Alves; Selma Paula Maciel Batista. **Metodologia:** Matheus Silveira de Queiroz. **Análise formal:** Matheus Silveira de Queiroz; Rogério Ribeiro Marinho, Neliane de Sousa Alves; Selma Paula Maciel Batista. **Escrita do artigo:** Matheus Silveira de Queiroz. **Revisão:** Matheus Silveira de Queiroz; Rogério Ribeiro Marinho, Neliane de Sousa Alves; Selma Paula Maciel Batista. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Conflito de interesse: Os autores declaram que não possuem interesses financeiros ou não financeiros relevantes relacionados a este trabalho.