

**DETECÇÃO DE POSSÍVEIS MICROPLÁSTICOS POLUENTES NO CÓRREGO
PARAGOMINAS, MUNICÍPIO DE MESMO NOME, PARÁ, BRASIL**



<https://doi.org/10.56238/arev7n3-077>

Data de submissão: 10/02/2025

Data de publicação: 10/03/2025

Antônio Pereira Júnior

Doutoranda em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará
E-mail: antonio.junior@uepa.br

Gundisalvo Piratoba Morales

Doutoramento em Geoquímica e Petrografia Ambiental
Universidade do Estado do Pará
Travessa Eneas Pinheiro, 2626, Bairro Marco, Belém, Pará
E-mail: gundymorales@gmail.com

Norma Ely Santos Beltrão

Doutoramento em Economia Agrícola e Desenvolvimento Rural
Universidade do Estado do Pará
E-mail: normaelybeltrao@gmail.com

Gysele Maria Moraes Costa

Doutoranda em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará
E-mail: gyselemoraes@hotmail.com

Maik Cauan Silva Recoliano

Graduação em Química
Universidade do Estado do Pará
E-mail: maik.csrecoliano@aluno.uepa.br

Maria Eduarda Moreira Martins

Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária
Universidade do Estado do Pará
E-mail: maria.em.martrins@aluno.uepa.br

Ana Carolina Sampaio Moreira

Graduação em Química
Universidade do Estado do Pará
E-mail: ana.csmoreira@aluno.uepa.br

Paula Freitas de Almeida

Especialista em Estudos Linguísticos e Análise Literária
Universidade do Estado do Pará.
E-mail: paula.freitas@uepa.br

RESUMO

Poluentes emergentes como os microplásticos – MPs (partículas < 5mm), têm suscitado atualmente a preocupação dos gestores de recursos hídricos, sobretudo nas áreas urbanas. O problema se torna mais grave quando não há informações e dados sobre a possível presença ou ausência delas em águas urbanas. Essa lacuna foi fundamental para a execução desta pesquisa no córrego Paragominas, no município homônimo, além de determinar os quatro objetivos: Identificar: 1) as possíveis origens das MPs nas duas matrizes ambientais; 2) a presença ou ausência nas duas matrizes ambientais: água e sedimentos em cinco áreas do trecho urbano; 3) as formas e cores, e 4) as possíveis mudanças ambientais que sua presença pode causar nas águas superficiais. O método utilizado foi o investigativo com abrangência quantitativa e qualitativa e de natureza observacional. Os dados obtidos e analisados nas cinco áreas (24.255 itens) da zona urbana indicaram que há a presença de MPs. A maior magnitude ocorreu em águas superficiais (23500 itens/m³); o menor, em sedimentos (755 itens/kg); Em relação à forma, as fibras apresentaram maior magnitude (96,60%), com predominância da cor azul (44,13%). Na distribuição por áreas, A4 – Lago Verde, apresentou, em água, a maior magnitude (8050 itens/m³), e a menor, em A2 – Avenida Selecta (2300 itens/m³). Quanto aos sedimentos, a maior magnitude das fibras ocorreu na A1 - Rodovia Constantino Pereira do Sacramento (320 itens/Kg), e a menor, na A5 - Rua Padre Carvalho (25 itens/Kg). Este é o primeiro estudo sobre esse tema, nesse córrego, e pode ser utilizado pelos gestores municipais e desenvolver ações que permitam e controlem a abundância de MPs e evitem custos adicionais tanto na saúde quanto no tratamento da água para abastecimento público.

Palavras-chave: Poluentes emergentes. Bioincrustação. Densidade demográfica. Impactos urbanos.

1 INTRODUÇÃO

Poluentes emergentes como os microplásticos – MPs (<¹ 5mm), a nível internacional, têm uma presença identificada nos meios de comunicação de três componentes do ambiente: solo, água e ar. A proliferação de MPs no meio ambiente ocorreu logo após o fim da Segunda Guerra Mundial (HARTMANN, 2019), e se intensificou com o crescimento tanto da população quanto do consumo de produtos cujas embalagens são plásticas e inadequadamente descartáveis (CAIXETA *et al.*, 2022). Essa proliferação e detecção, em águas superficiais e sedimentos, precisa ser detectada, já está em evidência na América do Norte, no continente asiático, na Europa e na América do Sul.

Na América do Norte, no estado da Carolina do Norte, já foi identificada a presença de MPs no rio Neuse, com base na relação entre uso e ocupação do solo e nas concentrações desse poluente emergente (ALLEN, 2021; KURKI-FOX *et al.*, 2023). No Texas, as águas superficiais dos lagos recebem efluentes domésticos em áreas urbanas, e um dos poluentes identificados são os MPs. No rio San Marcos, e isso associa a deficiência, recepção, condução e tratamento adequado desses efluentes domésticos e industriais (STOVALL; BRATTON, 2022).

No continente asiático (AZEVEDO, 2024), estudos realizados na Indonésia (NURIKA *et al.*, 2023), Malásia (ZAHID *et al.*, 2022), Vietnã (THANH *et al.*, 2022), nas evidências dos MPs, o problema está na contaminação da fauna aquática de vertebrados (por exemplo, peixes), ou filtradores (por exemplo, mexilhões). Na China, o problema diz respeito à forma de intervenção que pode, de fato, mitigar a poluição causada pelos MPs (SADIA *et al.*, 2024). Na Europa, em Portugal, essa preocupação já é um fato (PRATA *et al.*, 2020).

Na América do Sul, MPs já foram identificados em águas costeiras colombianas (GARCÉS-ORDÓÑES *et al.* 2024; SÁEZ-ARIAS *et al.*, 2023). Em território brasileiro, foram detectados em 1995 (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2021). Na região Norte, a área amazônica, estudos (SANTANA *et al.*, 2024; SOUZA; SILVA; OLIVEIRA, 2023) já mostram a presença dessas MPs. Pesquisa realizada no estado do Amazonas (GEROLIN *et al.*, 2020). Nesse estado, as MPs já foram detectadas no rio Javari, município de Benjamim Constant (SILVA *et al.*, 2024) e em Itacoatiara (GUIMARÃES *et al.*, 2023).

No Pará, as MPs foram identificadas e estudadas no município de Santarém, em um reservatório de água, a Usina Hidrelétrica Samuel (OLIVEIRA, 2022). Na região nordeste, mais especificamente no estado do Ceará, na Região Metropolitana do Cariri (LIMA, *et al.*, 2024), investigou-se a poluição do rio Salgado causada pela MP. Na região sudeste, na Baía de Guanabara, já foi evidenciada a presença de MP (ALVES; FIGUEIREDO, 2019).

¹ Administração Nacional Oceânica e Atmosférica – NOAA. 2024. Disponível em: O que são microplásticos?

No entanto, o desafio quanto à relação causa-efeito no meio ambiente, especialmente no território nacional, devido à sua extensão, em termos do meio aquático, esse novo tipo de poluente é um desafio sob duas perspectivas: 1) sistema de gestão operacional; 2) monitoramento da qualidade da água (ABREU, 2023). Essas MPs, em ambientes aquáticos, levantam preocupações sobre a abundância e o grau de risco que representam para a fauna aquática (KHAN *et al.*, 2024), devido à sua não detecção a olho nu (KRAUSE, 2021; KURKI-FOX *et al.*, 2023), além do alto tempo de permanência em corpos hídricos. Tudo isso associado à ausência de diretrizes legais Esses três desafios permitiram que a MP fosse denominada poluentes ambientais emergentes (MONTAGNER *et al.*, 2021).

Essas preocupações globais residem no fato de que os polímeros, ou simplesmente plásticos, sofrem alterações químicas para serem adaptados aos fins a que se destinam no pós-fabricação (RANIBORGES, 2022). Torna-se ainda mais intenso quando, após o uso, são descartados em locais inadequados. Tal ação provoca mudanças no ambiente e aumenta os riscos de mudanças na saúde pública (MONTAGNER, *et al.*, 2021). Tais modificações causam uma alta resistência à decomposição por bactérias, além da alta capacidade de adsorção com outros agentes contaminantes, como pesticidas (BATISTA; AMADO, 2023).

Nesse contexto, torna-se iminente a análise, o estudo e a pesquisa sobre os problemas causados aos corpos hídricos urbanos, à saúde humana e ao meio ambiente pela presença desses microplásticos em águas superficiais urbanas, como no trecho urbano do córrego Paragominas, no estado do Pará. Todos esses fatos, somados à geração de dados que facilitam e contribuem para a gestão municipal, para melhor efetividade e eficiência na gestão dos recursos hídricos, justificaram e contribuíram para a relevância desta pesquisa. Além disso, esses argumentos também contribuíram para o estabelecimento de quatro objetivos: 1) as possíveis origens das MPs nas duas matrizes ambientais; 2) a presença ou ausência nas duas matrizes ambientais: água e sedimentos em cinco áreas do trecho urbano; 3) as formas e cores, e 4) as possíveis mudanças ambientais que sua presença pode causar nas águas superficiais.

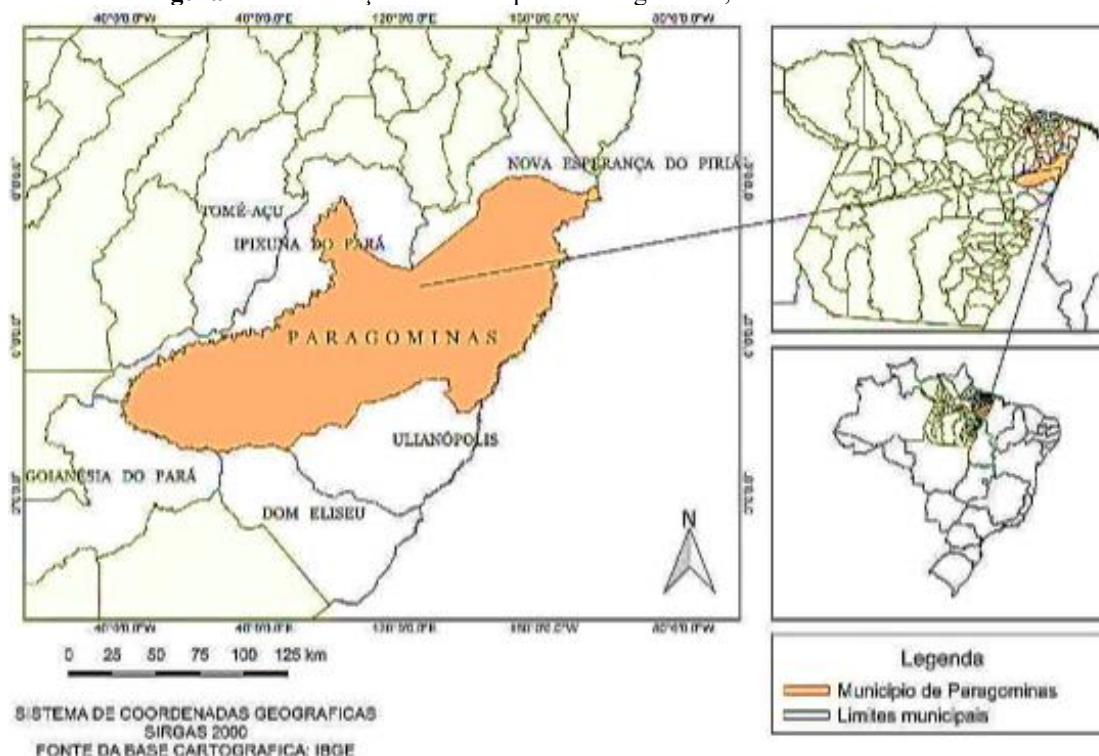
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O município de Paragominas (Figura 1) está localizado a 316 km da Região Metropolitana de Belém, na região sudeste do estado do Pará, sob as seguintes coordenadas geográficas, em *Universal Transversa Mercator* (UTM), 23M, 223948 E; 9671781 N. A vegetação atual classificada como primária, é caracterizada pela capoeira, cujos estágios são variados (PARAGOMINAS, 2019). O clima

é quente e úmido, razão pela qual é classificado como Aw1, no parâmetro de classificação de Köppen, e como B1WA', no tipo climático estabelecido por Thornthwaite. A temperatura média anual é de 26,3°C (fevereiro e junho = 25,6°C; Outubro e Novembro = 27,0 °C), com humidade relativa anual em torno de 81% (76% a 85%), e precipitação pluviométrica anual de 1800 mm, com oscilações entre 800 mm e 2800 mm (BASTOS; PACHECO; FIGUEIREDO, 2005).

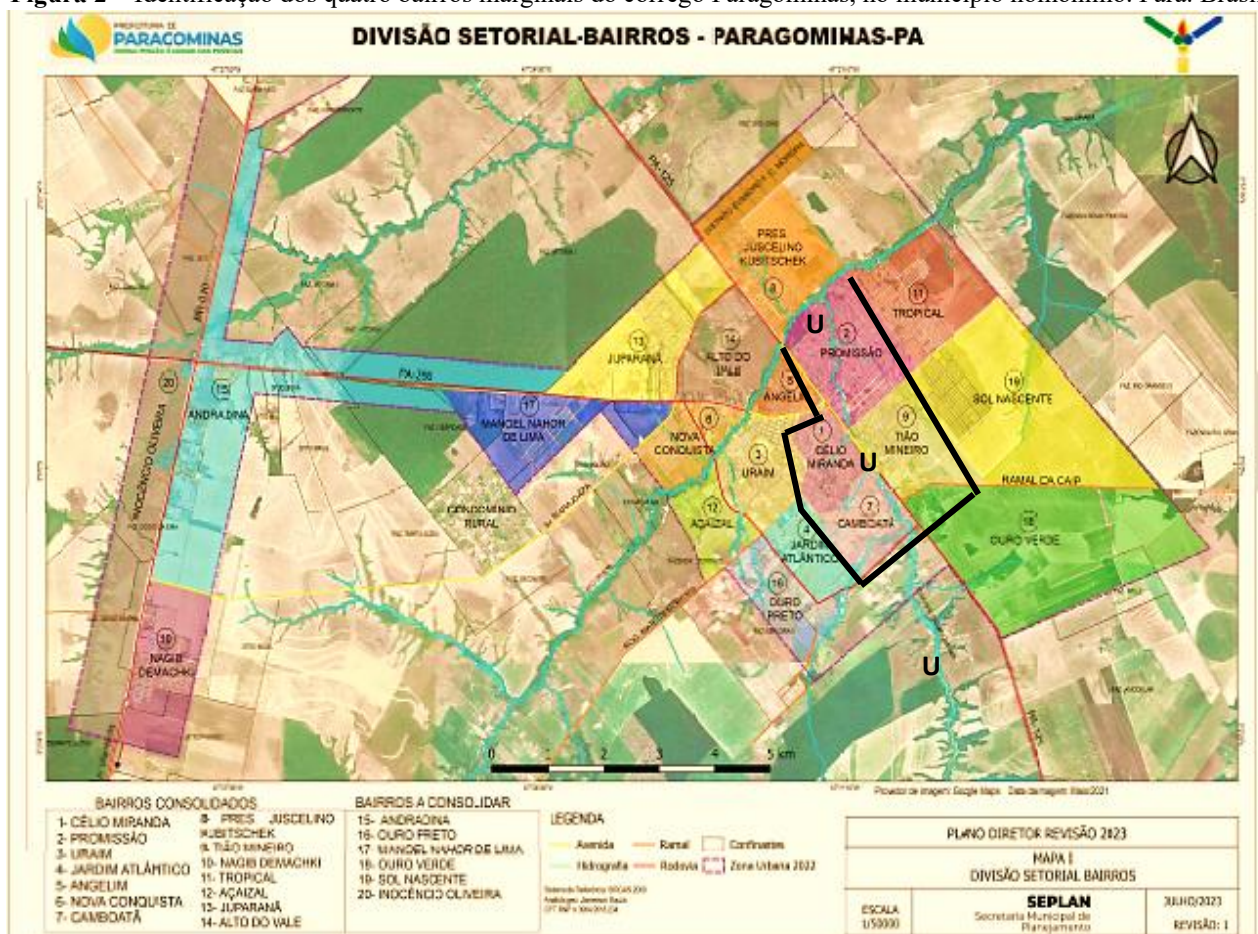
Figura 1 – Localização do município de Paragominas, sudeste do Pará. Brasil.



Fonte: Souza et al., 2019.

O censo demográfico realizado em 2020 constatou que existem 105.550 habitantes nessa área, o equivalente a 19.342.565 km² (IBGE, 2023). A microbacia do rio Uraim, principal manancial do município, possui extensão equivalente a 505.437 ha (área) e 414 km² de perímetro (FERREIRA *et al.*, 2024). Em 2022, foram reconstruídas 38.284 residências, das quais 33.006 (86,3%) foram ocupadas (IBGE, 2023). O Plano Diretor Municipal (PARAGOMINAS, 2023) indicou que Paragominas possui 16 bairros já consolidados e seis a serem consolidados. Desse total, quatro deles, Célio Miranda¹ e Camboatã⁷, estão na margem esquerda, a montante (M) → a jusante (J), do córrego ParagominasA; os bairros Tião Miranda⁹ Promissão² estão na margem direita, no mesmo sentido (Figura 2).

Figura 2 – Identificação dos quatro bairros marginais do córrego Paragominas, no município homônimo. Pará. Brasil.



Fonte: Paragominas, 2023.

2.2 MÉTODO

Para um desenvolvimento mais adequado desta pesquisa, adotou-se a chamada "pesquisa exploratória", com abrangência quantitativa e qualitativa, de natureza observacional (PEREIRA *et al.*, 2018). A melhor justificativa para esse tipo de pesquisa com abrangência qualitativa reside no fato de que ela aprofunda a forma de conhecer o objeto estudado e como ele ocorre no ambiente analisado (LÖSCH; RAMBO; FERREIRA, 2023): origem, formas, cores e mudanças nas matrizes ambientais analisadas, especialmente em comunidades aquáticas.

Quanto à abrangência quantitativa, adotou-se por permitir uma tradução numérica de informações sobre o objeto estudado (MINEIRO; SILVA; FERREIRA, 2022). Nesse caso, os MPs, em termos de forma (fibra, filmes e fragmentos) e cor encontrados no córrego Paragominas (GÜNTHER, 2006).

2.3 ÁREA DE PESQUISA

O córrego Paragominas está posicionado sob as seguintes coordenadas geográficas: 239920.6 E; 9667047.7 N, a 79 m de altitude, cujo comprimento sinuoso ($\approx 4,4$ km), deságua na margem direita do rio Uraim, na chamada zona V, no Zoneamento Territorial Urbano. As cinco áreas estão localizadas no trecho urbano: A1 – Rodovia Constantino Pereira do Sacramento (Figura 3a), A2 – Avenida Selecta (Figura 3b); A3 - Camboatã (Figura 3c); A4 – Lago Verde (Figura 3d) e A5 – Rua Padre Carvalho (Figura 3e) foram definidas de acordo com a densidade populacional desses bairros, e as coletas ocorreram sempre no sentido M \rightarrow J.

Figura 3 – Os cinco pontos de captação de água, no trecho urbano do córrego Paragominas, município homônimo. Pará, Brasil.



Fonte: autores (2025).

2.4 MATRIZES AMBIENTAIS - AMOSTRAGEM

2.4.1 Água e sedimentos

As coletas foram realizadas durante o período de transição seco-chuvoso nos meses de outubro e novembro, no período da manhã. O protocolo de amostragem tanto para água quanto para sedimento foi adaptado daquele descrito pela *Administração Nacional Oceânica e Atmosférica* (MASURA, 2015). Os instrumentos foram fornecidos pelo Laboratório de Qualidade Ambiental (LQA), de Biologia e Química, do *Campus VI*, Paragominas (Quadro 1).

Tabuleiro 1. Instrumentos utilizados para coleta de água e substrato. Córrego Paragominas, município de mesmo nome. Pará. Brasil.

Coleção de...	Instrumentos utilizados	Marca	Volume
Água	Coletor de balde de alumínio com alça	--	10 L
	Peneira de controle granulométrico	TPL	75 µm. 150 µm.
	Garrafa de borossilicato com tampa de rosca	Vidrex	500 mL
Sedimentos de fundo	Coletor inferior com extensão de 4m.	--	1800 mL
	Armazenamento em recipientes de alumínio.	Termal	CP 1360

Fonte: autores (2025).

2.4.2 Dados primários

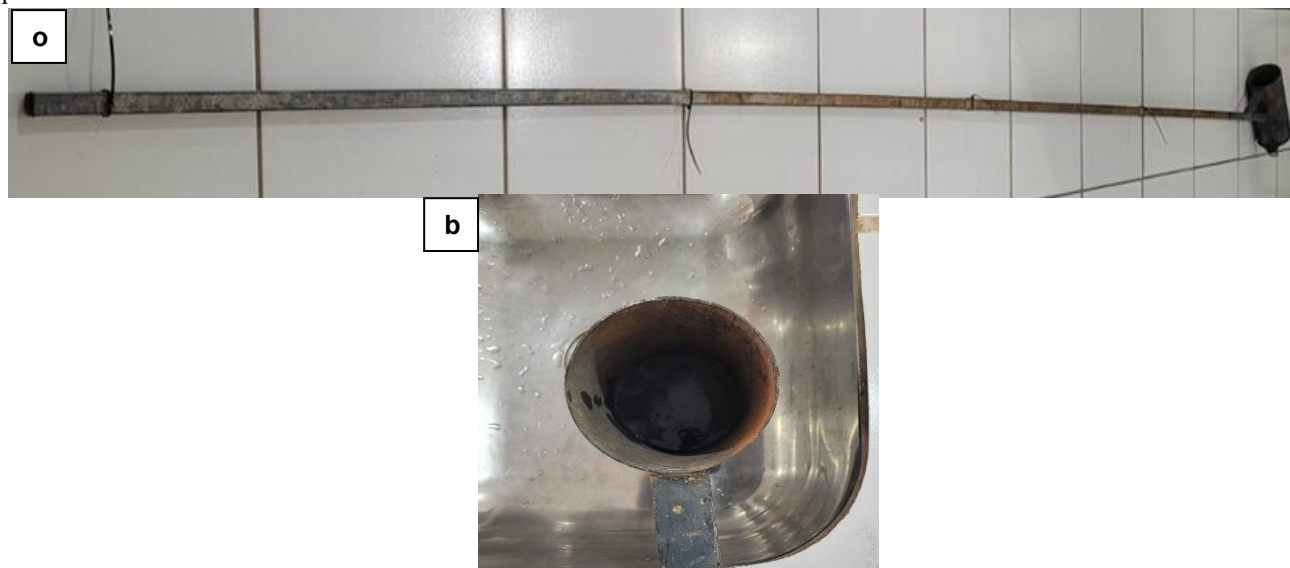
2.4.2.1 Água

Para a amostragem de água para obtenção de dados primários, foi utilizado um balde de alumínio com capacidade igual a 10 L. Foi mergulhado quatro vezes no córrego Paragominas, totalizando 40 L; Em seguida, foram peneiradas em malhas de 75 e 150 µm, respectivamente. Logo após, as peneiras foram lavadas com água destilada e esta água foi envasada em garrafas de borossilicato (V Total = 500 mL; VOccupied = 250 mL), que foram selados com papel alumínio, para evitar a inserção de outros tipos de plásticos como o contido na tampa original desses frascos. Após essas ações, as amostras foram armazenadas em um *refrigerador* contendo gel de gelo, com temperatura ajustada para 10 °C, e levadas para os Laboratórios de Biologia e Engenharia Ambiental do *Campus VI*, Paragominas, e foram armazenadas a 18° C para posterior análise.

2.4.2.2 Sedimentos

A amostragem foi realizada por meio de coletor manual (Figura 4a), em bastão de 4 m, ao final do qual há um copo circular com volume igual a 1.800 mg (Figura 4b). Este coletor foi imerso no corpo d'água até atingir o substrato. Em seguida, foi elevado até a borda do barco, onde o excesso de água foi removido e, em seguida, o substrato foi depositado nos recipientes de alumínio que foram preenchidos até a borda. Por fim, as amostras foram acondicionadas em um *refrigerador* capacidade para 32 L, e levadas para o laboratório de Engenharia Florestal, onde foram armazenadas em geladeira, no *campus VI*, Paragominas, para posterior análise laboratorial.

Figura 4 – Instrumentos utilizados para coletas de campo: a) coletor de sedimentos; b) Recipiente de alumínio para coleta para substrato.

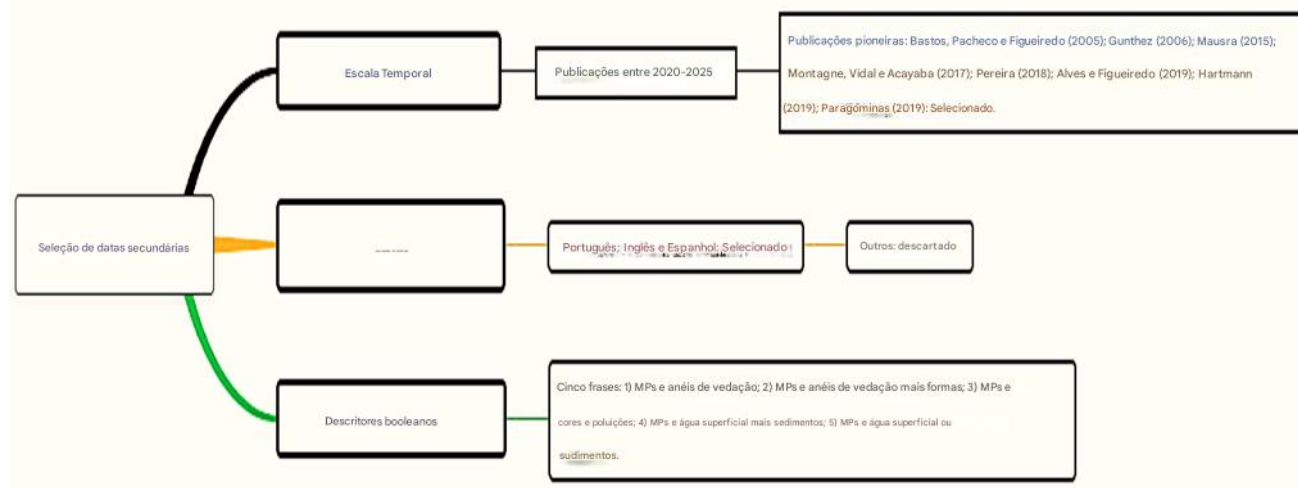


Fonte: autores (2025).

2.5 DADOS SECUNDÁRIOS

Para a obtenção dos dados secundários, foram realizadas as seguintes etapas (Figura 5).

Figura 5 – Três etapas utilizadas para a seleção dos dados secundários.







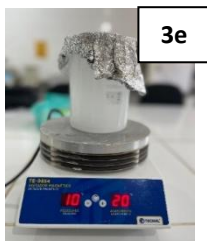
Fonte: autores (2025).

2.6 ANÁLISES LABORATORIAIS

2.6.1 Água e sedimentos

A separação dos possíveis itens de MP, contidos na água e nos sedimentos, foi realizada em diferentes etapas (Quadro 2).

Tabuleiro 2. Procedimentos laboratoriais para detecção de MP em água e sedimentos. Igarapé Paragominas, município de mesmo nome Stop. Brasil.

Análise:	Ações		Objetivos
Da água	<ol style="list-style-type: none"> 1) A água coletada foi medida; 2) Um volume semelhante de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi adicionado a 15%; 3) 72 h na estufa a 45° (Figura 3a); 4) Foi filtrado com o uso de uma bomba de vácuo² (Figura 3b); 5) Caracterização física dos MPs utilizando microscópio binocular com 4 objetivas³ (Figura 3c). 	  	Digestão da matéria orgânica
Sedimentos	<ol style="list-style-type: none"> 1) O cloreto de sódio (NaCl = 360 g/L) foi pesado em uma balança analítica de precisão de quatro dígitos (Figura 3d) 		Promoção da flutuação de microplásticos.
	<ol style="list-style-type: none"> 2) Foi seco em casa de vegetação por 4 a 5 dias a 50°C; 3) Uma alíquota de 100g de sedimento foi pesada em duplicata por ponto coletado; 4) Após a secagem, por 72 h, a 45°C, foram adicionados 500 mL de Cloreto de Sódio (NaCl); 5) Removido o sobrenadante; 6) Peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi adicionado; 7) Foi filtrado, com o uso de uma bomba de vácuo, sem circulação de ar. 		
	<ol style="list-style-type: none"> 8) A amostra foi homogeneizada usando uma placa de aquecimento com agitador magnético³ (Figura 3e) 		Diluição de NaCl.

Legendas: ¹Temperatura = 20° C; RPM = 10; ²Marca Prismatec, modelo 131/132; ³Marca Zeiss, modelo Primo Star. Fonte: Autores (2025).

Os MPs possíveis foram quantificados e tipificados em termos de (1) forma (esfera, fibra, filme, fragmento, esfera e pellets, e (2) cores, com o uso de um microscópio eletrônico Zeiss, com aumento de 10x. A classificação textural do sedimento foi realizada pelo Laboratório de Solos e Plantas, sob a responsabilidade técnica do Sr. Geordano I. Sobrinho (CREA/CRQ 1216270929).

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Após a obtenção da abundância com o número de partículas obtidas, foi aplicada estatística descritiva (frequência absoluta e relativa; média, desvio padrão, mediana, máximo, mínimo). Em seguida, foram realizados o Teste de Man-Whitney (método de Dunn) e o Teste Q-Quadrado.

3 RESULTADOS

3.1 DISTRIBUIÇÃO, FORMA E CORES DAS MPS NAS CINCO ÁREAS ANALISADAS

A análise dos dados obtidos e analisados indicou a presença e MPs nas duas matrizes ambientais coletadas (24255 itens), sendo maior para água (23500 itens.m3) e menor para sedimentos = 755 itens/kg (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição dos itens identificados nas duas matrizes ambientais analisadas em cinco áreas do trecho urbano do Córrego Paragominas, no município de mesmo nome. Pará. Brasil.

Áreas analisadas	MATÉRIAS AMBIENTAIS						valor de p
	Águas		Sedimentos				
	(item m3)	(%)	(item.kg)	(%)			
A1-RCPS	5925	24.43	320	1.32		< 0,0001	
A2 – COMO	2425	10.00	210	0.87			
A3 – TCC	1200	4.95	120	0.49			
A4 – LV	8225	33.91	80	0.33			
A5 - RPC	5725	23.60	25	0.10			
Total	23500	96.89	755	3.11			
	FORMS						
Áreas analisadas	ÁGUA (Itens/m3)						valor de p
	Fibras		Filmes		Fragmentos		
	n	(%)	n	(%)	n	(%)	< 0,001
A 1- RCPS	5675	23.40	0	0	250	1.03	
A2 – COMO	2300	9.48	0	0	125	0.52	
A3 – TCC	1150	4.74	0	0	50	0.21	
A4 – LV	8050	33.19	0	0	175	0.72	
A5 - RPC	5700	23.50	0	0	25	0.10	
Total	22875	94.31	0	0	625	2.58	
Áreas analisadas	SEDIMENTO (Itens/Kg)						valor de p
	Fibras		Filmes		Fragmentos		
	n	(%)	n	(%)	n	(%)	< 0,001
A1 - RCPS	270	1.11	0	0	50	0.21	
A2 - AS	100	0.41	00	0	110	0.45	
A3 - TCC	120	0.49	00	0	0	0.00	
A4 - LV	40	0.16	0	0	40	0.16	
A5 - RPC	25	0.10	0	0	0	0	
Total	555	2.29	0	0	200	0.82	
	ÁREAS ANALISADAS						
Cores	A1 - RCPS	A2 - AS	A3 - TCC	A4 - LV	A5 - RPC	Σ (%)	
	-----Itens (%) -----						
Amarelo	0.00	0.1	0.10	0.14	0.00	0.2	
Azul	14.14	2.59	1.64	12.90	12.86	44.13	
Branco	0.08	0.18	0.00	0.00	0.00	0.26	
Cinza	0.28	0.00	0.04	0.41	0.00	0.73	
Laranja	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.1	
Lilás	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1	
Prata	0.00	2.06	0.00	0.51	0.00	2.57	
Preto	4.46	2.22	1.31	5.70	0.00	13.69	
Rosa	0.55	1.13	0.00	0.82	0.44	2.94	
Roxo	0.00	0.00	0.31	0.51	0.00	0.82	
Transparente	3.21	2.37	0.98	5.4	4.61	16.57	
verde	0.31	0.59	0.45	1.95	0.13	3.43	

vermelho	2.50	0.82	0.51	5.45	5.18	14.46	
Total						100.00	

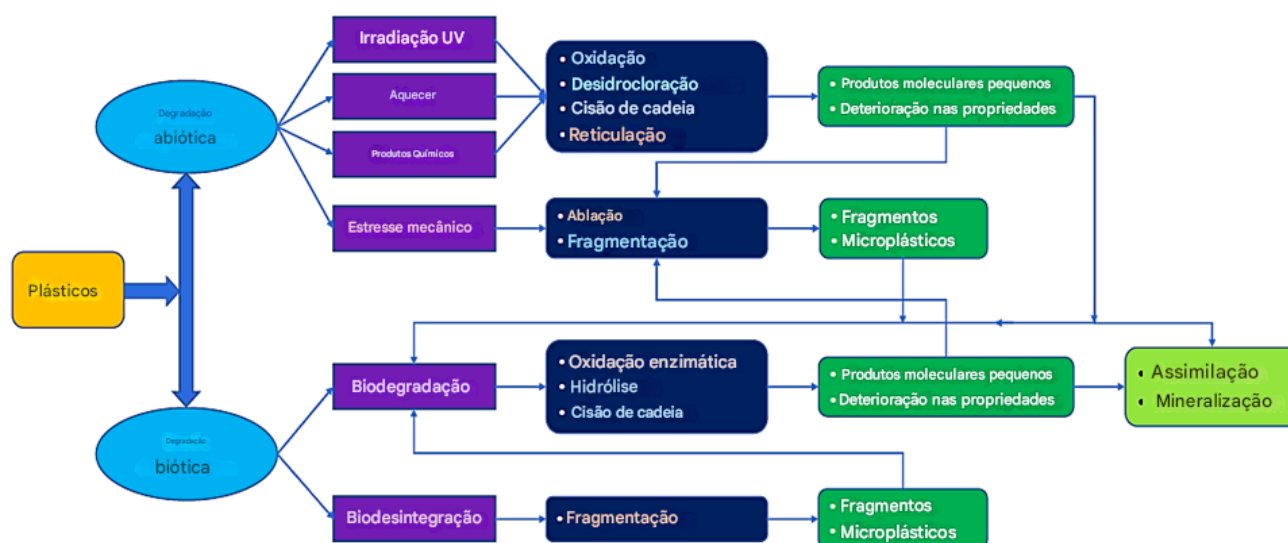
Legendas: RCPS, Rodovia Constantino Pereira do Sacramento; AS, Avenida Selecta; TCC, Camboatã; LV, Lago Verde; RPC, Rua Padre Carvalho.

4 DISCUSSÕES

4.1 ORIGENS

Para melhor precisão sobre os MPs, o fator se origina da entrada em águas superficiais. Em relação a essa origem, Vargas *et al.* (2022), afirmam que sua formação envolve movimentos de ondas, vento sobre águas superficiais e radiação UV emitida pelo sol. Por isso, as MPs em águas superficiais precisam urgentemente de ações que contribuam para mitigar sua formação nessas águas. Além disso, Zhang *et al.* (2021), alertam para a falta de conhecimento sobre o processo de degradação de plásticos no ambiente aquático desde a interação entre fatores bióticos e abióticos, até a formação de MPs (Figura 6).

Figura 6 – Degradação de plásticos primários para produção de plásticos secundários ou MPs.



Fonte: Zhang *et al.* 2021.

No entanto, a degradação, independentemente do tipo, só ocorrerá se houver plástico, de origem industrial, para fins de embalagem de produtos para consumo humano, então chamados de primários. Sobre essa origem, Osman *et al.* (2023), mostrou que essas embalagens podem conter cosméticos, produtos de higiene pessoal, produtos farmacêuticos, entre outros. Por outro lado, a parte secundária é indicada para artefatos de pesca como redes ou linhas, garrafas plásticas e embalagens plásticas de alimentos que, em geral, após o uso, são descartados de forma inadequada e que contribuem para a formação de MPs de forma direta, pois sofrerão degradação biótica e abiótica.

Sobre garrafas plásticas, Egun e Evbaytro (2020), realizaram pesquisas na Nigéria, sobre o uso, descarte, não reutilização, reutilização e proliferação de descarte inadequado de garrafas plásticas e a ineficiência do "saneamento ambiental" e a formulação de uma política nacional de resíduos plásticos para mitigar tais origens. No estudo realizado por Hoeke *et al.* (2024), indicou que uma das contribuições mais relevantes para a formação de MPs vem dos pneus em diferentes percentuais: 85% se originam de seu desgaste; 15% quando são submetidos ao processo de calibração. Em relação ao destino/ano, esses autores indicaram que, no meio ambiente, 80% vai para o solo e 20% vai para águas superficiais.

Todas essas origens aqui descritas podem estar envolvidas na presença de plásticos nas cinco áreas do trecho urbano do córrego Paragominas, pois um município com 60 anos de existência ainda apresenta falhas em termos de saneamento básico, coleta de resíduos sólidos (PARAGOMINAS, 2019), supressão marginal da vegetação dos corpos hídricos urbanos, crescimento populacional que determina a extensão da área urbana e da periferia com maior produção de resíduos sólidos diários cujas destinações podem ser os córregos e rios que constituem a microbacia urbana do córrego Paragominas.

4.2 PRESENÇA NA ÁGUA E SEDIMENTOS

4.2.1 Água

Nessa matriz, a magnitude (23500 itens/m³) identificada nas águas superficiais do córrego Paragominas pode ser explicada a partir do exposto por Chaves *et al.* (2023): 1) na superfície dos MPs, formam-se biofilmes – bioincrustação; 2) quando o biofilme é descolado, há descalcificação; 3) a partir disso, há decantação quando a colônia de microrganismos é muito densa e, então, os MPs se ligam aos sedimentos. Isso pode ter ocorrido nos trechos analisados do córrego Paragominas.

Esse fato corrobora o estudo realizado por Caixeta *et al.* (2022) que identificou as fontes e efeitos nos ambientes, incluindo o ambiente aquático. Esse é um indicador de que a água do córrego esteve sob a ação de atividades antrópicas durante os 60 anos de existência do município. Essa afirmação está em consonância com as evidências encontradas na pesquisa consultada por Lin, Chiu e Kuo (2022) afirmam que os PMs podem ameaçar o plâncton e até mesmo os bentos, e indicam que as atividades antrópicas, quando perdem a flutuabilidade, podem afundar e prejudicar a fauna bentônica.

Uma dessas atividades foi evidenciada no estudo realizado por Montagner *et al.* (2021), que identificou a destinação inadequada de resíduos sólidos (79%), incluindo plásticos. Para Oluwoye *et al.* (2023), as indústrias da construção civil que utilizam o plástico como mecanismo de proteção para

estruturas produzidas a partir de estímulos ambientais contribuem massivamente para a presença de MPs em águas superficiais e subterrâneas.

A maior magnitude da presença de MPs foi evidenciada em A4 (8050 itens/m³). Nesse local, o fluxo de água não é tão intenso (= 5,1 m/s), então isso pode ter concentrado essa quantidade de itens. Sobre esse fato hidrodinâmico, Bernardo, Stefani e Smith (2022), concluíram que as plantas aquáticas permitem a retenção de MPs, seja em suspensão ou no substrato, é descrito na pesquisa realizada por quando observaram tal ação no estudo de caso realizado no rio Sorocaba, em São Paulo. \bar{v}

Ainda sob a perspectiva da mata ciliar, no estudo realizado por Souza, Silva e Oliveira (2023), no córrego Mindu, Manaus, Amazonas, foi conclusivo quanto ao desempenho da mata ciliar. Outro fator de aumento na magnitude de MPs que pode explicar o que aconteceu na A4 está associado às inundações. Para D'Avignon *et al.* (2022), as inundações podem ressuspender MPs anteriormente armazenadas nos leitos dos corpos d'água. Portanto, é necessário continuar os estudos para comprovar esse fato, já que este é o primeiro estudo sobre MPs nessa área.

Outra explicação é elenca com a ineficácia do controle preventivo desde a fonte, o que evidencia a ineficiência do princípio da precaução, contido no capítulo II, artigo 6º, inciso I, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). A lei municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PARAGOMINAS, 2019), na p. 35, parágrafo segundo: ... ou de preferência também em **sacos plásticos**... No entanto, a solução mais eficiente para sacolas e sacolas plásticas é a reciclagem, juntamente com as garrafas plásticas, conforme descrito por Santos *et al.* (2012).

Isso pode ser observado no estudo realizado por Ferreira *et al.* (2022), que relataram tais evidências a respeito de políticas públicas na área de gestão de recursos hídricos, em relação a poluentes emergentes como as MPs. Nessa linha de pensamento, Abreu (2023), incrementa o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNRIH), atua com o princípio da gestão integrada e não dissociativa quanto à quantidade e qualidade da água.

Os plásticos estão ativos desde o final da Segunda Guerra Mundial (1943), e até hoje ainda não há regulamentação ou legislação, embora o Projeto de Lei n.º. 2542 (BRASIL, 2022) sobre a economia circular envolvendo embalagens plásticas já esteja em tramitação no Congresso Nacional. O que chama a atenção é a afirmação de Moraes *et al.* (2024), referente à presença e aumento da produção de plásticos industrializados que ocorre desde 1950. Portanto, o gerenciamento integrado e não dissociativo ainda é falho.

4.2.2 Sedimentos

Os sedimentos das cinco áreas pesquisadas continham a presença de MPs. A maior magnitude em termos de presença de MPs, em número de itens (320 itens/kg), ocorreu na A1 – Rodovia Constantino Pereira do Sacramento – RCPS. Na A5 – Rua Padre Carvalho, apresentou a menor magnitude (25 itens/kg), ambas com textura granulométrica classificada como média e baixa velocidade de fluxo de água ($= 0,8 \text{ m/s}$). Quanto ao aspecto da magnitude encontrada, a maior ou a menor, Soler et al. (2025), apresentam justificativas hidrodinâmicas para esse fato. \bar{v}

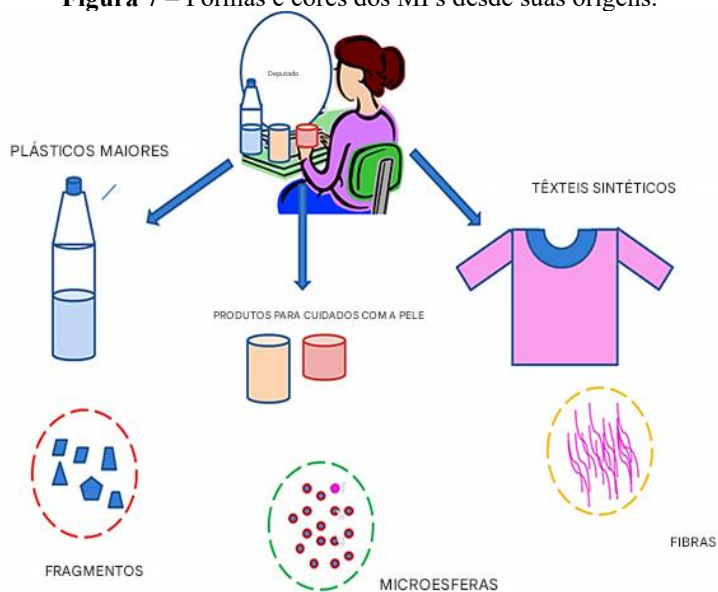
Realizando pesquisas *ex situ*, ou seja, no Laboratório a partir de calhas preparadas por eles, com sedimentos coletados nos rios Negro, Solimões e Amazonas, a jusante e a montante da Região Metropolitana de Manaus – RMM. Eles descobriram que as maiores concentrações em áreas com dois aspectos: profundidade rasa e baixa velocidade da água. Esta última foi medida nas cinco áreas, sendo que em A5, ocorreu a menor média. Em relação à profundidade, os estudos geodésicos indicaram apenas uma declividade igual a $-0,14^\circ$, de A1 a A5.

Tais justificativas são semelhantes às apresentadas no estudo realizado por Gerolin *et al.* (2020), *in situ*, no rio Amazonas. Neste estudo, os autores caracterizaram a maior concentração de partículas de PM em baixas profundidades (5-7m) e menores concentrações em altas profundidades (34m). Em Paragominas, A1- Rodovia Constantino Pereira do Sacramento, tem profundidade média igual a 2,5 m;. A $\vec{v}_{\text{água}} = 0,8 \text{ m/s}$; 5– Rua Padre Carvalho: profundidade = 2,1 m; $\vec{v}_{\text{água}} = 8,9 \text{ m/s}$, houve predomínio da velocidade da água, já que em termos de profundidade, a diferença não foi significativa: 0,4 m.

4.2.3 Formas e cores

Sobre essas duas evidências, estudos acadêmicos realizados por Issac e Kandasurbramanian (2021), confirmam a existência de várias formas e cores. Esses autores afirmam que as fibras (Figura 7) são formadas a partir de roupas sintéticas quando submetidas à lavagem ($\bar{x} = 700.000/6\text{kg}$).

Figura 7 – Formas e cores dos MPs desde suas origens.



Fonte: Issac e Kandasurbramanian (2021).

Na pesquisa realizada em Paragominas, no córrego Paragominas, as fibras obtiveram maior magnitude (94,64%), em detrimento dos fragmentos (2,77%). No estado do Amazonas, Manaus, Silva *et al.* (2024). em estudo realizado no rio Javari, município de Benjamin Constant, Manaus, Amazonas, houve maior magnitude para os fragmentos na cor branca opaca (61,83%). o que foi semelhante ao estudo realizado no rio Cagayan de Oro, nas Filipinas por Gabriel *et al.* (2023), e na bacia amazônica por Moraes *et al* (2024), as fibras foram as MPs de maior magnitude: 63% e 96%, respectivamente. A cor azul foi a de maior magnitude (59%).

4.2.4 Mudanças nas matrizes ambientais

Os problemas ecotoxicológicos causados pela presença de MPs são diversos, Nesse contexto, Haque e Fan (2023), afirmam que essa classe de poluentes, atualmente considerada emergente, provoca alterações tanto na água quanto no solo. Isso ocorre devido à fobia da água e à origem externa dos MPs. Esses dois fatores os tornam preparados para servir como nicho ecológico e permitir a proliferação de microrganismos. Nessa linha de pesquisa, Sun *et al.* (2023), aplicou o nome *plasticisfera*.

Dentre os problemas gerados nas águas superficiais pela presença de MPs, o processo de adsorção de substâncias é o mais preocupante para a gestão da água. No estudo realizado por Souza, Silva e Oliveira (2023), no córrego Mindu, Manaus, Amazonas, um dos fatores que contribuem para isso é a presença de matéria orgânica natural, cuja interação possui três elos: o ciclo hidrológico, a biosfera e a geosfera. A preocupação é compartilhada por Martins *et al.* (2024) foi conclusivo quanto à existência de poluição cruzada de MPs, dada a sua elevada capacidade de adsorção.

No estudo realizado por Rani-Borges, Vicente e Pompêo (2022), esses pesquisadores também constataram que fármacos e compostos organoclorados podem ser transportados por MPs. o que é confirmado na pesquisa realizada por Rochman (2014). Esse autor relata que as substâncias tóxicas são transportadas pelos MPs de duas formas: por absorção, quando entram e se ligam à cadeia polimérica, ou por adsorção, quando se fixam apenas na superfície dos MPs, além dos pesticidas organoclorados, confirmando a pesquisa de Martins et al. (2024).

Dentre os inúmeros danos causados pelas MPs ao plâncton, estudos realizados por Moraes *et al.* (2023), Guimarães *et al.* (2023), Thanh *et al.* (2022) e Zimmermann *et al.* (2020), afirmam que há perdas recorrentes devido à presença de MPs na água doce superficial para o plâncton, como o aumento da ecotoxicidade como o transporte de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Outras perdas foram identificadas na revisão de literatura realizada por Aranda e Rivas (2023). Esses autores explicaram que os MPs podem servir como transportadores de metais pesados devido às afinidades minerais.

No rio Amazonas, a pesquisa realizada por Rico *et al.* (2023), sobre os problemas causados ao plâncton, sobre a causa-efeito da presença de MPs e organismos aquáticos, os autores concluíram que os MPs, quando ingeridos, atuam no trato digestivo e, conseqüentemente, comprometem a digestão dos alimentos, enquanto na epiderme, tendem a aumentar a sorção epidérmica. No estudo realizado por Chaves *et al.* (2023), três fenômenos que ocorrem em MPs interferem em sua distribuição na água: 1) bioincrustação, que é a formação de biofilmes na superfície de MPs; 2) descalcificação, ou seja, liberação de biofilme. Nesse caso, os MPs decantam e aderem ao sedimento, que eles chamam de bioturbidez.

No córrego Paragominas, todos esses impactos, devido à presença de PMs, podem estar ocorrendo, e representam um perigo a médio e curto prazo para a comunidade aquática e visitantes das áreas utilizadas como balneário, neste município, e necessitam de estudos mais aprofundados para identificar e prevenir a comunidade Paragominas.

5 CONCLUSÃO

Como a primeira pesquisa desse tipo nas águas superficiais do córrego Paragominas, no trecho urbano, os dados sobre MPs nas cinco áreas analisadas indicaram que há presença de MPs em todas elas. Isso é um indicativo de que tanto a destinação quanto a destinação final de materiais plásticos nessas áreas estão ocorrendo, ou seja, de forma inadequada. Do ponto de vista do crescimento populacional e da urbanização, as áreas A1 e A5 apresentaram as menores abundâncias, isso reflete na quantidade populacional, uma vez que em ambas, a população não foi agrupada.

Na A3, confluência da Rua Gregório Santos Araújo com a Rodovia PA 125, a remoção da vegetação marginal e aquática pode ter facilitado o acúmulo de MPs nos sedimentos. Além disso, o escoamento superficial que é evidente na Rua Gregório Santos Araújo (Camboatã) e o saneamento deficiente associado ao escasso tratamento (em termos de volume gerado) de efluentes domésticos podem aumentar o carryover e a deposição de MPs nesta área. Na A4, a deformidade do meandro original, a urbanização, a concentração populacional e os bueiros que nele desaguam, são fontes que transportaram PMs, o que aumentou sua abundância nesta área.

Quanto ao A5, a presença de vegetação ripária não original e vegetação aquática foi fundamental para a elaboração do Biofouling, o que diminuiu a abundância de MPs nos sedimentos dessa área. Assim, verifica-se que a paisagem cênica nem sempre deve ser o objetivo principal, pois nessa área, os sedimentos não atingem o rio principal, o Uraim, o que retira a pressão sobre o rio Gurupi quanto à possível presença de MPs. Todos esses dados, na relação causa-efeito, tendem a piorar se não houver controle ou monitoramento das condições aqui descritas.

Portanto, espera-se que, com as informações aqui contidas, os gestores municipais de recursos hídricos do município possam elaborar planos de monitoramento e conservação desses recursos, para que haja cumprimento da legislação hídrica vigente e ações que possam mitigar e prevenir maior abundância desse poluente emergente, e que isso esteja relacionado a um dos fatores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, n. 6 e meta 6.1, e evitar gastos excessivos futuros com tratamento de saúde para as comunidades residentes nesse município.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Universidade do Estado do Pará pela concessão da bolsa de doutorado. Os dados relativos à urbanização e a consequência sobre a presença de poluentes no córrego Paragominas, no município homônimo, compõem o Cenário III da tese de doutorado do primeiro autor, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) dessa instituição de ensino superior. Ao Sr. Ruy Marcos Minto pelas muitas transferências do barco de alumínio, ao Sr. Raulison Dias Pereira (Técnico de Topografia) e à Sra. Paula Freitas de Almeida, pelas correções gramaticais e ortográficas deste artigo. Por fim, agradecemos à Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paragominas (SEMMA) pela concessão de permissão para esta pesquisa, bem como a geração de dados úteis para a conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. G. Impactos e desafios futuros no monitoramento de contaminantes emergentes. In: Open Science Research X. Guarujá: Editora Científica Digital. 2023, chap. 115, p.1660-1670.
- ALVES, V. E. N.; FIGUEIREDO, G. M. Microplastics in the sediments of a highly eutrophic tropical estuary. *Marine Pollution Bulletin*, n. 146, 2019.
- ARANDA, F. L.; RIVAS, B. L. Microplastics: formation, disposition, and association dangers. An overview. *Journal Chileno de Chemical Society*, v. 68, no. 1, p. 5775-5761, 2023.
- ALLEN, J. Microplastics: the "big little problem" plaguing oceans. Coastal Review, org. 2021. Available at: Microplastics: The 'big little problem' plaguing oceans | Coastal Review. Accessed on 03 mar. 2025.
- D'AVIGNON, G.; GREGORY-FAVES, I.; RICCIARDI, A. Microplastics in lakes and rivers: an issue of emerging significance to limnology. *Environmental Review*, v. 30, p. 228-244, 2022.
- AZEVEDO, I. J. G. et al. Microplastic is catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau 1855) and *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) marketed in Itacoatiara, Amazonas, Brazil. *Environmental Biology Fish*, 107, 07-119. 2024.
- BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A.; FIGUEIREDO, R. O. Frequência de chuvas e ocorrência de estiagem na microrregião de Paragominas PA. 2005. Available at: FREQUENCY OF RAIN AND OCCURRENCE OF DROUGHT IN THE MICROREGION OF PARAGOMINAS- Repercussion for the local agricultural calendar. Accessed on: 08 mar. 2025.
- BATISTA, K. A. S.; AMADO, E. M. Impacts of marine microplastic pollution on sea anemones: state of the art and future perspectives. In: ANDRADE, J. K. B. (Org). *Global challenges, local solutions: advances in Agricultural and Environmental Sciences*, no. 11, p. 104-117, 2022.
- BERNARDO, R. H.; STEFANI, M. S.; SMITH, W. S. Microplastics in river sediments: a case study of the Sorocaba River, São Paulo, Brazil. In: POMPEO, M.; RANI-BORGES, B.; de PAIVA, T. C. B. *Microplastics in ecosystems: impacts and solutions*. São Paulo: Institute of Biosciences, University of São Paulo, chap. 4, p. 43-50. 2022.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei. Nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998, e da outras providências.
- BRASIL. Projeto de Lei nº 2524. de 2022. Estabelece regras sobre a economia circular do plástico. Disponível em: PL 2524/2022 - Senado Federal. Acessado em 05 mar. 2025.
- CAIXETA, D. S. et al. Microplásticos como indicadores de poluição ambiental e seus efeitos sobre os organismos. *Enciclopédia Biosfera*, v. 19, no. 40, p. 23-40, 2022.
- CHAVES, J. R. et al. Microplásticos no meio ambiente: portadores de outros contaminantes emergentes. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 25. 2023. Anais eletrônicos. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/191/XXV-SBRH0593-1-20230612-132633.pdf>. Acessado em: 07.mar.2025.

EGUN, N. K.; EVBAYIRO, O. J. Beat the plastic: an approach to polyethylene terephthalate (PET) bottle waste management in Nigeria. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, No. 2, p. 313-320, 2020.

FERREIRA, M. L. et al. Emerging pollutants: sources, toxicity and challenges. In: POMPÊO, M. CARLOS, C.M.; DOVAL, J. C. L. Aspects of ecotoxicity in aquatic environments. São Paulo: Institute of Bioscience, University of São Paulo, chap. 10, p. 141-163, 2022

FEREIRA, H. S. et al. Spatial analysis of mineral claims in the Uraim river basin. *Public Policy & Cities Journal*, v. 13, no. 2, 2024.

GABRIEL, A. D. et al. Riverine microplastic pollution : insights from Cagayan de Oro river, Philippines. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, n.20, 6132, 2023.

GARCÉS-ORDÓÑES, O. et al. Potential pathogenic bacteria in the plastisphere from water, sediments, and commercial fish in a tropical Coast Lagoon: na assessment and management proposal. *Journal of Hazardous Materials*, 479, 2024.

GEROLIN, C. R. et al. Microplastics in sediments from Amazon rivers, Brazil. *Science Total Environment*, No. 749, 2020.

GUIMARÃES, G. A. et al. Microplastic Contamination in the freshwater shrimp *Macrobrachium amazonicum* in Itacoatiara, Amazonas, Brazil. *Environmental Monitoring Assessment*, No. 195, 2023.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: Esta é a questão? *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 22, n.º 2, p. 201-210, 2006.

HAQUE, F. ; FAN, C. Fate and impacts of microplastics in the environment: hydrosphere, pedosphere, and atmosphere. *Environments*, v. 10, n.º 70, 2023.

HARTMANN, N. B. et al. Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. *Environmental Science & Technology*, v. 53, p. 1039 1047, 2019

HOEKE, S. et al. Mapping the tire supply chain and its microplastics emissions using a multi-stakeholder approach. *Resources, Conservation & Recycling*, n.º 203, 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/paragominas.html>. Acessado em: 29 set. 2024.

ISSAC, M. N.; KANDASUBRAMANIAN, B. Effect of microplastics in water and aquatic system. *Environmental Science and Pollution Research*, no. 28, p. 19544-19562, 2021.

KHAN, M. L. et al. Effects os microplastic in freshwater fishes' health and the implications for human health. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e272524.2024.

KRAUSE, S. et al. Gathering at the top? Environmental controls of microplastic uptake and biomagnification in freshwater food webs. *Environmental Pollution*, No. 268, 2021.

KURKI-FOX, J. J. et al. Microplastic distribution and characteristics across a large river basin: Insight from the river in North Carolina USA. *Science on the total Environment*, No. 878, 2023.

LIMA, J. N. et al. Poluição por microplásticos em bacias hidrográficas urbanas da bacia do rio Salgado, na região do Cariri-CE. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 16, n.º 8, 01-24, 2024.

LIN, C.T.; CHIU, M. C. ; KUO, M. H. A mini-review of strategies for quantifying Anthropogenic activities in microplastic studies in aquatic environments. *Polymers*, v. 14, n.º 198, 1-17, 2022.

LÖSCH, S. ; RAMBO, C. A.; FERREIRA, J. L. Exploratory research in the qualitative approach in Education. *Iberoamerican Journal of Studies in Education*, v. 18, no. 00, 2023.

MARTINS, G. R. et al. Microplásticos como vetores de contaminantes: modelos de adsorção cinética e isotérmica. In: PANIAGUA, C. E. S. (Org.) *Avanços em química e bioquímica: teorias e práticas*. Ponta Grossa: Atena, cap. 5, p. 55-71, 2024.

MASURA, J. et al. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. USA: NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48, 2015

MINEIRO, M.; SILVA, M. A. S.; FERREIRA, L. G. Investigação qualitativa e quantitativa. Um momento. *Diálogos em Educação*, v. 31, n.º 03, p. 201-218, 2022.

MONTAGNER, C. C.; DIAS, M. A.; PAIVA, E. M.; VIDAL, C. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. *Química Nova*, v. 44, n.º. 10, p. 1328-1352, 2021.

MORAES, N. G. et al. Microplásticos em ambientes aquáticos: ocorrência, riscos ambientais, técnicas analíticas, soluções e perspectivas futuras. *Revista Virtual de Química*, v. 16, n.º. 3, p. 472-493, 2024.

MORAIS, L. M. S. et al. Microplastic in the Amazon biome: state of the art and future priorities. *Helydon*, n.10, E28851, 2024.

NURIKA, G. et al. Microplastic pollution in green shells in aquatic ecosystems: a literature review of determinant factors and management. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, v.15, no. 4, p. 257-266, 2023.

OLUWOYE, I. et al. Degradation and lifetime prediction of plastics in subsea and offshore infrastructures. *Science of the Total Environment*, No. 904, 2023.

OSMAN, A. I. et al. Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 2023. Available at: Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review. Accessed on 03 mar. 2025.

PARAGOMINAS. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Paragominas: Prefeitura Municipal de Paragominas, Secretaria de Urbanismo. 2019.

PARAGOMINAS. Mapa do Plano Diretor - Revisão. 2023. Secretaria Municipal de Planejamento. Disponível em: Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento - SEPLAN - Prefeitura Municipal de Paragominas | Gestão 2021-2024. Acessado em 01 out. 2024.

PEREIRA, A.S. et al. Metodologia da Pesquisa Científica. Santa Maria: UAB/INTE/UFSM, 2018.

PRATA, J. C. et al. The importance of contamination control in airborne fibers and microplastic sampling: experiences from indoor and outdoor air sampling in Aveiro, Portugal. *Marine Pollution Bulletin*, n. 150, 2020.

RANI-BORGES, B.; VICENTE, E.; POMPÊO, M. Plastics and microplastics: pollution in reservoirs. In: POMPÊO M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; LÓPES-DOVAL, J. C. Aspects of Ecotoxicity in aquatic environments. São Paulo: Institute of Biosciences, University of São Paulo, 2022, chap. 1, p. 1-23.

RICO, A. et al. Large-scale Monitoring and risk assessment of microplastic in the Amazon river. *Water Research*, No. 232, 2023.

ROCHMAN, C.M. et al. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fish tissue may be an indicator of plastic contamination in marine habitats. *Science of the Total Environment*, v. 476, p. 622-633, 2014.

SADIA, M. R. et al. A review os microplastics threat mitigation in Asian lentic environments. *Journal of Contamination Hydrology*, No. 260, 2024

SÀES-ARIAS, S. et al. Contamination by wastewater discharges. A review of microorganism-microplastic interactions and their possible environmental risks in Colombian coastal waters. *Ecosystems*, v.32, n.1, 2023.

SANTANA, T. M. J. et al. Microplásticos na Amazônia: uma revisão literária. *Revista Brasileira de Ciencias da Amazônia*, v. 13, n.º 3, 88-99, 2024.

SANTOS, S. F. et al. Sacolas plásticas: destinos sustentáveis e alternativas de substituição. *Polymers*, v. 22, no. 3, p. 237-2012.

SILVA, A. J. J. et al. Ocorrência de microplásticos na margem do rio Javari, em Benjamim Constant, interior do Amazonas, Brasil. *Journal of Education, Science and Health*, v. 4, no. 1, p. 01-20, 2024.

SOLER, M. et al. Transport and sedimentation of microplastics by turbidity currents: dependence on suspended sediment concentration and grain size. *Environment International*, No. 195, 2025.

SOUZA, G. B. et al., Pesquisa bibliográfica sobre o crescimento populacional, frota veicular e o aproveitamento do resíduo de pneu triturado na produção de tijolos de solo-cimento. In: Fórum Internacional de resíduos sólidos. 10. 2019. Paraíba. Anais eletrônicos. Disponível em: (PDF) PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE O CRESCIMENTO POPULACIONAL, FROTA VEICULAR E O APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DE PNEU TRITURADO NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO -CIMENTO. Acesso em: 01 mar. 2025.

SOUZA, G. R.; SILVA, N. M.; OLIVEIRA, D. P. Distribuição longitudinal, vertical e temporal de microplásticos no igarapé do Mindu, em Manaus, Amazonas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 28, e20220234, 2023.

STOVALL, J. K.; BRATTON, S. P. Microplastic pollution in surface waters of urban watersheds in Central Texas, United States: a comparison of sites with and without treated wastewater effluent. *Frontiers in Analytical Science*, v. 2, 2022.

SUN, Y. et al. Plastisphere microbiome: methodology, diversity, and functionality. iMeta, No. 2, 2023.

THANH, N. D. et al. Investigation of microplastics existence in mussel (*Perna viridis*) from Ha long Bay, Viet Nam. Vietnam Journal of Science and Technology, v. 60, no. 58, p.1-10, 2022.

VARGAS, J. G. M. et al. Microplásticos: uso na indústria de cosméticos e impactos no ambiente aquático. Química Nova, v. 45, no. 6, p. 705-711, 2022.

ZAHID, A. Z. M. et al. Microplastic uptake in wild Asian green mussel sampled from Pasis Putih Estuary in Johor, Malaysia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, no. 1121, 2022.

ZHANG, K et al. Understanding plastics degradation and microplastic formation in the environment: a review. Environmental Pollution, No. 274, 2021.

ZIMMERMANN, L. et al. What are the drives of microplastic toxicity? Comparing the toxicity of plastic chemicals and particles to *Daphnia magna*. Environmental Pollution, no. 267, 2020.