

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GABRIEL ANDRADE DE SOUZA**

**ANÁLISE DE MICROPLÁSTICOS EM SEDIMENTOS DE LAGOS URBANOS**

**LONDRINA**

**2023**

**GABRIEL ANDRADE DE SOUZA**

**ANÁLISE DE MICROPLÁSTICOS EM SEDIMENTOS DE LAGOS URBANOS**

**Analysis of microplastics in urban lake sediments**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitário, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi  
Coorientador(a): Bruno de Oliveira Freitas

**LONDRINA**

**2023**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIEL ANDRADE DE SOUZA**

**ANÁLISE DE MICROPLÁSTICOS EM SEDIMENTOS DE LAGOS URBANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 20 de junho de 2023

---

Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos  
(Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

---

Prof. Dr. Orlando de Carvalho Junior  
(Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

---

Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi  
(Universidade Tecnológica Federal do Paraná)  
(Orientador)

**LONDRINA**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas e instituições que contribuíram de maneira significativa para a realização deste trabalho. Seus apoios, encorajamentos e contribuições foram fundamentais, e sou imensamente grato por toda ajuda recebida.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, por ter me concedido a força e a perseverança necessárias para completar essa etapa da minha jornada. À minha família, expresse meu sincero agradecimento pelo constante incentivo e apoio ao longo desta jornada. Seu amor incondicional e suporte emocional foram essenciais para que eu pudesse enfrentar os desafios e persistir em meu objetivo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi, meu coorientador, Prof. Dr. Bruno de Oliveira Freitas e ao Prof. Dr. Renato Marcio Ribeiro Viana, expresse minha gratidão profunda. Suas orientações, conhecimento e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço pela paciência e pelos ensinamentos que levarei para a vida toda.

Aos meus colegas e amigos, que me acompanharam nesta jornada acadêmica, agradeço pelo apoio mútuo, pela troca de ideias e pela motivação constante. Sem vocês, essa trajetória não teria sido a mesma.

Gostaria de estender meu agradecimento aos professores e membros da banca examinadora, Prof. Dr. Orlando de Carvalho Junior e Prof. Dr. Mauricio Moreira dos Santos, pelos preciosos comentários e sugestões durante todo o processo de execução do trabalho. Suas contribuições enriqueceram o resultado final e aprimoraram minha compreensão sobre o assunto abordado.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, meu sincero agradecimento por fornecer o ambiente propício para a realização desta pesquisa. Agradeço pelo acesso aos recursos, às bibliotecas e a todas as oportunidades que me foram concedidas ao longo deste período.

Por fim, mas não menos importante, desejo agradecer a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram com este trabalho. Sua ajuda, discussões e contribuições foram inestimáveis e me ajudaram a expandir meus horizontes e a aprimorar minha compreensão sobre o tema.

Obrigado!

## RESUMO

Diante do crescente aumento no consumo de produtos embalados em plástico, que, após o uso, são frequentemente descartados de maneira incorreta, surge uma preocupante gestão inadequada de resíduos, resultando em altos níveis de poluição plástica. Esses resíduos plásticos, por sua vez, se degradam no ambiente, gerando partículas menores conhecidas como microplásticos (MP), que têm sido amplamente encontrados em lagos urbanos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi quantificar e determinar a presença de microplásticos nos sedimentos de lagos urbanos e um dos principais pontos turísticos de Londrina: os Lagos Igapó I, II, III e IV. Foram coletadas amostras de sedimento em três pontos distintos de cada lago, que foram submetidas à análise granulométrica com peneiras de 5 mm e 1 mm. Em seguida, as amostras passaram por um processo de flotação em uma solução contendo NaCl para a separação do MP por densidade. Após esse pré-tratamento, as amostras foram analisadas e separadas em microscópio. Os MP encontrados foram encaminhados para análise química no equipamento FTIR utilizando-se pastilhas de KBr. Foram identificados microplásticos com diferentes características, sendo possível realizar a quantificação a partir das imagens no microscópio, onde foi observado que o Lago Igapó II possuiu uma maior quantidade de MP. Porém, devido às limitações do método utilizado, houve dificuldade em determinar a tipologia dos MP devido a interferência de material celulósico, uma vez que o equipamento não analisa cada partícula individualmente. Porém, foi possível identificar alguns tipos de MP presentes, como o látex e o principal MP associado as análises foi o náilon.

Palavras-chave: lago igapó; microplásticos; plástico; sedimento.

## ABSTRACT

The increasing consumption of products packaged in plastic, which, after use, are often disposed of incorrectly. Thus, there is a worrying inadequate waste management, resulting in high levels of plastic pollution. These plastic wastes, in turn, degrade in the environment, generating smaller particles known as microplastics (PM), which have been widely found in urban lakes. In this context, the objective of this study was to quantify and determine the presence of microplastics in the sediments of urban lakes and one of the main tourist attractions in Londrina: Lakes Igapó I, II, III and IV. Sediment samples were collected at three different points in each lake, which were subjected to granulometric analysis with 5 mm and 1 mm sieves. Then, the samples underwent a flotation process in a solution containing NaCl to separate PM by density. After this pre-treatment, the samples were analyzed and separated under a microscope. The PM found were sent for chemical analysis in the FTIR equipment using KBr pellets. Microplastics with different characteristics were identified, making it possible to quantify from the images in the microscope, where it was observed that Lake Igapó II had a greater amount of PM. However, due to the limitations of the method used, it was difficult to determine the type of PM due to the interference of cellulosic material, since the equipment does not analyze each particle individually. However, it was possible to identify some types of PM present, such as latex and the main PM associated with the analyzes was nylon.

Keywords: Igapó Lake; microplastics; plastic; sediment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cadeia produtiva da indústria plástica.....	16
Figura 2 - Exemplo de microplástico classificado como primário.....	18
Figura 3 - Exemplo de microplástico classificado como secundário.....	19
Figura 4 - Microplásticos classificados como primários, sendo fibras plásticas para produção de tecidos sintéticos.....	23
Figura 5 - Representação do funcionamento de um hidrociclone.....	27
Figura 6 - Imagem da área de estudo Lago Igapó, Londrina – PR.....	29
Figura 7 - Categorias para classificação dos microplásticos.....	33
Figura 8 - Procedimentos experimentais para a determinação do solo .....	36
Figura 9 - Triângulo para determinação de classes texturais (IAC) .....	37
Figura 10 - Pontos de coleta das amostras de solo e água no lago Igapó I .....	39
Figura 11 - MPs identificados com a Microscópio Ótico com aumento de 4x, nas amostras coletadas no lago Igapó I .....	40
Figura 12 - Comparação dos gráficos gerados a partir das amostras coletadas do Lago Igapó I no equipamento .....	42
Figura 13 - Pontos de coleta das amostras de solo e água no lago Igapó II .....	44
Figura 14 - MPs identificados com a Microscópio Ótico com aumento de 4x, nas amostras coletadas no lago Igapó II .....	45
Figura 15 - Comparação dos gráficos gerados a partir das amostras coletadas do Lago Igapó II no equipamento FTIR .....	47
Figura 16 - Pontos de coleta das amostras de solo e água no lago Igapó III .....	49
Figura 17 - MPs identificados com a Microscópio Ótico com aumento de 4x, nas amostras coletadas no lago Igapó III .....	50
Figura 18 - Comparação dos gráficos gerados a partir das amostras coletadas do Lago Igapó III no equipamento FTIR .....	52
Figura 19 - Pontos de coleta das amostras de solo e água no lago Igapó IV ....	53
Figura 20 - MPs identificados com microscópio ótico com aumento de 4x, nas amostras coletadas no lago Igapó IV .....	54
Figura 21 - Comparação dos gráficos gerados a partir das amostras coletadas do Lago Igapó IV no equipamento FTIR .....	57
Figura 22 - Estrutura para retenção autolimpante.....	59
Figura 23 - Resíduos Sólidos deixados no entorno do Lago Igapó .....	60
Fotografia 1 - Estufa de secagem das amostras.....	31
Quadro 1 - Definição dos plásticos de acordo com as dimensões.....	18
Quadro 2 - Bandas de absorção para os polímeros mais frequentes.....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo para pipetagem a partir da temperatura ambiente .....	35
Tabela 2 - Quantificação dos microplásticos observados nas amostras do lago Igapó I .....	41
Tabela 3 - Quantificação dos microplásticos observados nas amostras do lago Igapó II .....	46
Tabela 4 - Quantificação dos microplásticos observados nas amostras do lago Igapó III .....	51
Tabela 5 - Quantificação dos microplásticos observados nas amostras do lago Igapó IV .....	55
Tabela 6 - Teores de Argila, Silte e Areia no sedimento do lago IV .....	58



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b>	<b>16</b>
3.1	Consumo de materiais plásticos	16
3.2	Classificação dos microplásticos	17
3.2.1	Microplásticos primários	18
3.2.2	Microplásticos secundários	19
3.3	MPs em sistemas hídricos urbanos	20
3.4	Impacto dos microplásticos no meio ambiente	22
3.5	Impacto dos microplásticos na saúde pública	24
3.6	Métodos de remoção para os microplásticos	25
3.6.1	Hidrociclones	26
3.6.2	Flotação	27
3.6.3	Eletrocoagulação	28
<b>4.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b>	<b>29</b>
4.1	Área de coleta	29
4.2	Análise dos microplásticos	30
4.2.1	Coleta das amostras	30
4.2.2	Preparo das amostras de sedimento	30
4.2.3	Secagem das amostras	30
4.2.4	Análise granulométrica	31
4.2.5	Processo de flotação	31
4.2.6	Processo de filtragem	32
4.3.	Caracterização física e química dos microplásticos	32
4.3.1	Caracterização física	32
4.3.2	Caracterização química	33
4.4	Determinação do teor de argila e silte	34
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>38</b>
5.1	Procedimentos metodológicos	38

5.2	Coleta das amostras realizadas no lago igapó .....	39
5.2.1	Amostras retiradas do Lago Igapó I .....	39
5.2.2	Amostras retiradas do Lago Igapó II .....	44
5.2.3	Amostras retiradas do Lago Igapó III .....	48
5.2.1	Amostras retiradas do Lago Igapó IV .....	53
5.3	Teor de Argila e Silte .....	58
5.4	Soluções .....	59
5.4.1	Retenções nos bueiros e no canal .....	59
5.4.2	Conscientização da População .....	59
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de produtos que possuem embalagens de fácil uso, como o plástico e papel, que acabam, por ser descartados de forma indevida, invadindo as redes de drenagem e os sistemas pluviais da cidade, ocasionam diversos problemas, como a contaminação de rios e lagos. Para garantir a qualidade da água, é fundamental conscientizar as pessoas sobre a importância do meio ambiente e investir em sistemas de esgotamento sanitário e pluvial adequados (NEVES; TUCCI, 2006).

Neste contexto, a má gestão de resíduos tem gerado um alto nível de poluição por plásticos. Grande parte dessa poluição é causada por diferentes tipos de plásticos, que de acordo com o tamanho são classificados como megaplásticos e macropásticos, e que, ao se fragmentam no ambiente, geram partículas menores conhecidas como mesoplásticos, micropásticos e nanopásticos (THURSHARI; SENEVIRATHNA, 2020).

Os MPs tem sido encontrado em larga escala no meio ambiente e são classificados atualmente como contaminantes emergentes (MONTAGNER, 2021). Os níveis de contaminação em diferentes ambientes, bem como os riscos potenciais para os seres vivos e a saúde pública, relacionados à possível absorção de micropásticos por meio de exposição, como ingestão e inalação de substâncias contaminadas, precisam ser mais bem compreendidos. Portanto, essa nova classe de poluentes tem sido objeto de pesquisa em todo o Mundo (RICHARDSON; KIMURA, 2016).

Estudos recentes têm revelado a presença generalizada dessas partículas nos ecossistemas aquáticos urbanos, como lagos urbanos. Destaca-se a importância de entender a sua origem, distribuição e comportamento nesses ambientes (WANG et al., 2018)

A contaminação por micropásticos em lagos urbanos pode ser resultado de fontes variadas, como o descarte inadequado de resíduos plásticos, o escoamento urbano, a erosão de solos contaminados por materiais plásticos e a degradação de grandes fragmentos plásticos (megaplásticos e macropásticos). O que incita a necessidade de medidas eficazes de gestão e estratégias de monitoramento contínuo para avaliar o impacto dos micropásticos nos lagos urbanos e implementar medidas de mitigação de impactos ambientais e de saúde.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar e caracterizar os tipos de microplásticos presentes nos Lagos Urbanos de Londrina denominados de Igapó.,

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste estudo era determinar qualitativamente e quantitativamente microplásticos nos lagos urbanos denominados de Igapó no município de Londrina-PR.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Quantificar e classificar os microplásticos quanto a sua presença e sua cor nos sedimentos presentes nos lagos urbanos oriundos da drenagem urbana e do descarte irregular de resíduos sólidos;
- Propor soluções para minimizar os impactos dos microplásticos e evitar a sua inserção no sistema hídrico urbano.

### 3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

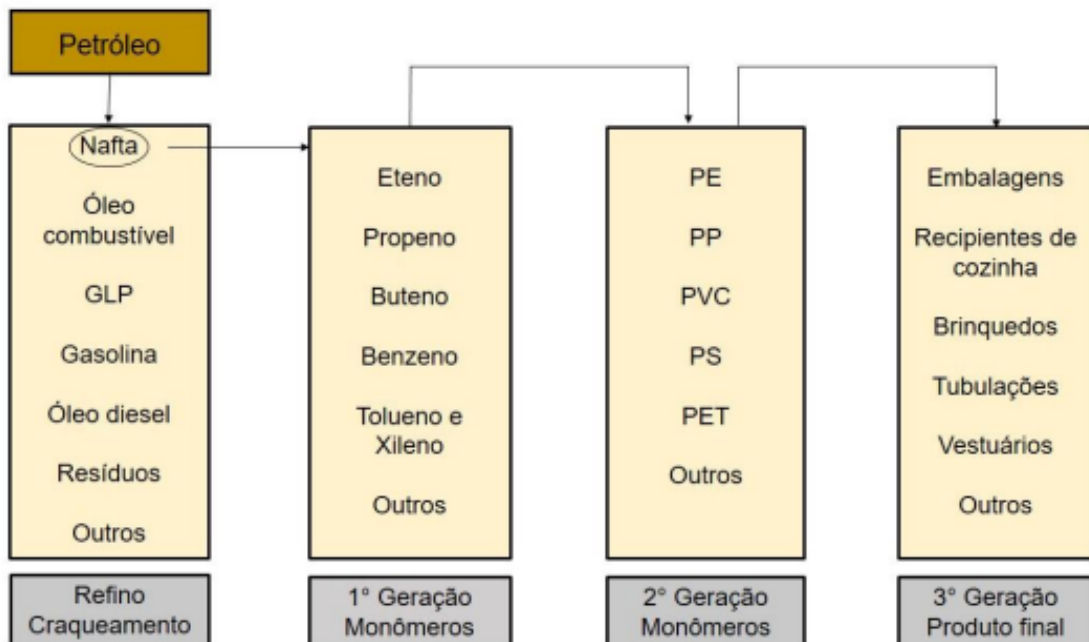
#### 3.1 Consumo de materiais plásticos

Os materiais plásticos têm como principais matérias primas o petróleo bruto ou gás natural, sendo que 4% de toda a produção de petróleo é destinada a produção de plástico (ABIPLAST, 2015).

A mistura do petróleo bruto com hidrocarbonetos associado ao processo de refino gera diversos subprodutos, como por exemplo a nafta, que é a principal matéria prima utilizada na produção dos materiais plásticos (OLIVATTO, 2017).

A nafta é fornecida para a indústria de primeira geração, onde são produzidos os monômeros utilizados na criação de matéria prima plástica. Em seguida essa matéria prima é fornecida para as indústrias de segunda geração, onde são produzidas as resinas poliméricas, também conhecidas como “pellets”. Por fim, os *pellets* são fornecidos para as indústrias de terceira geração, responsáveis pela transformação desses polímeros em materiais plásticos (OLIVATTO, 2018). A Figura 1 estão identificados os monômeros e polímeros descritos.

Figura 1: Cadeia produtiva da indústria do plástico



Fonte: OLIVATTO, 2018

Devido as suas diversas aplicações, os polímeros plásticos têm tido sua

aplicação expandida para diversos setores. De acordo com o levantamento da Abiplast (Associação Brasileira da Indústria do Plástico), em 2020, estes resíduos foram utilizados principalmente nos setores da construção civil (23,1%), alimentos (20,4%), artigos de comércio em atacado e varejo (9,1%), Automóveis e autopeças (8,9%), Bebidas (5,8%), Produtos de metal (5,3%), Máquinas e equipamentos (5,2%), móveis (4,4%), Higiene (3,1%), agricultura (3,1%), papel e celulose (2,8%), químicos (2,7%), descartáveis (1,8%), eletrônicos (1,8%), farmacêutico (0,9%), têxteis e vestuário (0,9%), outros equipamentos de transporte (0,6%).

### **3.2 Classificação dos microplásticos**

Os plásticos utilizados nos produtos podem ser denominados de megaplásticos e macropelásticos. Porém, quando dispostos no ambiente são expostos a radiação ultravioleta, variações de temperatura, processos de oxidação, interação com agentes químicos, processos de biodegradação e abrasão física; gerando partículas menores denominadas de mesoplásticos, microplásticos e nanoplásticos (THURSHARI; SENEVIRATHNA, 2020).

Por se tratar de um objeto de estudo com uma grande variedade de tipologias, existem controvérsias na definição dos microplásticos, sendo a mais usual considerar os polímeros com tamanho entre 1  $\mu\text{m}$  e 5 mm (Quadro 1). Portanto para chegar a essa definição é aplicado o comprimento de sua dimensão mais longa ou dimensões do diâmetro (O'BRIEN et al., 2020). Já para os nanoplásticos, que geralmente são produzidos a partir da degradação dos microplásticos, ainda está em processo de debate quanto a sua definição, mas diferentes estudos estabelecem seu limite superior de tamanho em 1000 nm (COLE e GALLOWAY, 2015, DA COSTA et al., 2016, KOELMANS et al., 2015).

**Quadro 1: Definição dos plásticos de acordo com as dimensões**

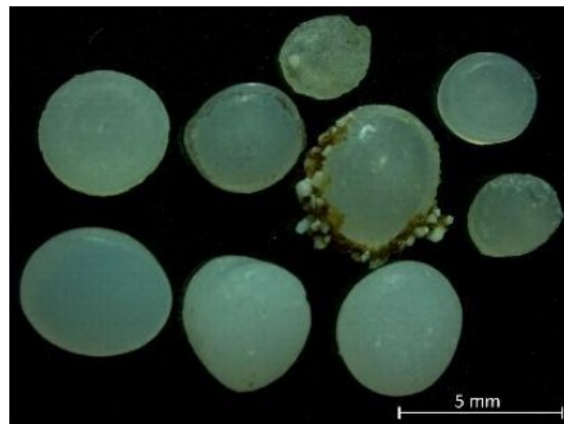
Definição	Tamanho	Citações
Megaplásticos	>50 cm	Lebreton et al., (2018)
Macroplásticos	Subdividido em 6 categorias: 2,5 – 5 cm / 5 – 10 cm / 10 – 20 cm / 20 – 30 cm / 30 – 50 cm/ >50 cm >25 mm	Galgani et al., (2013) González et al., (2016) Khalid et al., (2021)
Mesoplásticos	5 e 20 mm 5 e 25 mm	Ter Halle et al., (2017) González et al., (2016) Khalid et al., (2021)
Microplásticos	1 µm a 5 mm <5 mm	Huang et al., (2020) González et al., (2016)
Nanoplásticos	1 a 100 nm <100 nm	Greven et al., (2016) Khalid et al., (2021)

Fonte: Adaptado de CAIXETA et al., 2022

### 3.2.1 Microplásticos primários

Os microplásticos primários já são originalmente manufaturados em tamanhos que os caracterizam como MPs na forma de *pellets*, que são esferas (Figura 2) utilizadas como matéria prima na produção de filmes plásticos e plásticos maiores ou de microesferas adicionadas em cosméticos e produtos de limpeza, por conta de seus efeitos abrasivos.

**Figura 2: Exemplo de microplástico classificado como primário.**



Fonte: SILVA (2019)



No caso dos *pellets*, esse material atinge o meio ambiente por meio do descarte inadequado durante processo produtivo e perdas acidentais durante seu transporte, sendo possível encontrá-los comumente em ambientes próximos a complexos industriais e portos em alto mar (OLIVATO et al., 2018).

As microesferas usadas em cosméticos e produtos de limpeza são destinadas ao uso domiciliar, portanto atingem os cursos hídricos a partir do seu carreamento e descarte junto dos efluentes domésticos.

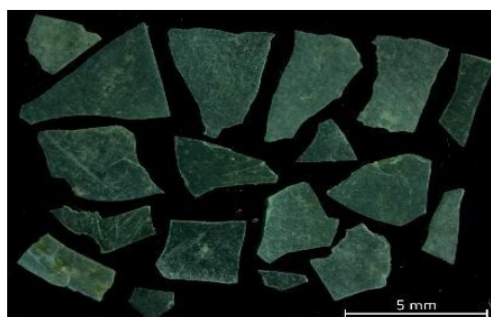
Em alguns países, como a Suécia e Reino Unido, a utilização de microesferas de plástico em cosméticos é proibida. Atualmente no Brasil, está em discussão desde 2016, a PL 6528/2016, que tem como finalidade proibir a manipulação, fabricação, comercialização e importação de produtos de perfumaria, cosméticos e de higiene pessoal que contenham a adição intencional de microesferas plásticas (LIMA, 2021).

Além dos MPs primários utilizados na fabricação de produtos cosméticos, são encontrados nos efluentes domésticos uma grande quantidade de microfibras de plásticos provenientes da lavagem de tecidos sintéticos. Pois a indústria têxtil utiliza as microfibras plásticas como matéria-prima para confecção desses produtos.

### 3.2.2 Microplásticos secundários

Os materiais plásticos são projetados para possuir resistência e uma longa duração, contudo, ao serem liberados no meio ambiente, são expostos a fatores físico-químicos e biológicos que aceleram sua fragmentação. Os microplásticos secundários (Figura 3) são o resultado deste processo, do qual a consequência não depende apenas das condições ambientais, mas também do tipo de polímero e aditivos usados em sua composição (JONES, 2019).

**Figura 3: Exemplo de microplástico classificado como secundário.**



Fonte: SILVA (2019)

Os principais fatores que promovem a formação dos microplásticos secundários são, as ações mecânicas, como o atrito das ondas, contato com contaminantes e microrganismos, radiação UV, altas temperaturas e presença de oxigênio.

A combinação desses fatores desencadeia diferentes mecanismos de degradação, tais como: degradação mecânica, biológica, foto oxidativa, térmica, induzida por ozônio e outros agentes químicos, e a hidrólise.

A promoção da alteração das propriedades iniciais dos materiais plásticos permite que o material fique mais frágil, promovendo a sua degradação na forma de partículas menores. Fato que facilita o seu transporte e carreamento em sistemas de drenagem e esgotamento com seu fim em sistemas aquáticos distantes de seu local de origem (OLIVATTO et al., 2018).

Embora ocorra com uma menor frequência, alguns plásticos podem sofrer biodegradação. Contudo, muitos plásticos biodegradáveis, quando sofrem degradação biológica, geram fragmentos que não são biodegradáveis. Além disso, esses plásticos possuem em sua formulação, aditivos químicos degradantes, com metais de transição em suas estruturas que atuam como catalizadores na sua degradação. Assim, os metais que continuam presentes nos MPs formados, podem ser lixiviados para o meio ambiente na forma de aditivos metálicos (OLIVATTO et al., 2018).

### **3.3 MPs em Sistemas Hídricos Urbanos**

Os fragmentos de microplástico são provenientes principalmente da fragmentação e quebra de grandes plásticos, como sacolas plásticas, garrafas plásticas e outros resíduos domésticos (Wang et al.<sup>(a)</sup>, 2022).

Os principais caminhos na transferência da poluição por MPs para ambientes aquáticos incluem a deposição atmosférica, descarga de efluentes de águas residuais e escoamento superficial urbano. O sistema de água doce geralmente existe como uma rede de corpos d'água interconectados de vários tipos, como rios, lagos, lagoas, pântanos e reservatórios (XIONG et al., 2022).

As concentrações de MPs no escoamento urbano são originadas de fontes

complexas e diversas (WANG et al., 2022), sendo o principal contribuinte para a geração de MPs em ambientes aquáticos urbanos.

Os MPs possuem sua ocorrência principalmente nas áreas urbanas e por meio do escoamento superficial urbano são transportados para os sistemas hídricos no qual ocorrem processos de mobilização, envelhecimento, transporte e retenção (WANG et al., 2022). A abundância de MPs é maior em lagos de áreas urbanas

Estudos realizados por Siegfried et al. (2017) verificaram que 42% das MPs em rios europeus são partículas de desgaste de pneus e estradas transportadas pelo escoamento urbano. Piehl et al. (2017) observou que 43% das MPs no estuário de Warnow na Alemanha, são originárias de sistemas de águas pluviais. Schernewski et al. (2021) constatou que 62% dos MPs no Mar Báltico chegaram através do escoamento de águas pluviais urbanas.

No lago Taihu foram detectados MPs na faixa de 160 a 700 partículas por metro cúbico com tamanho variando de 500 a 5000  $\mu\text{m}$  na superfície da água e 514 a 3018 partículas por kg de sedimento seco com tamanho menor que 1000  $\mu\text{m}$ , sendo a maior parte dos MPs de coloração transparente (LI et al., 2022). A presença de polipropileno (PP), poliestireno (PS), náilon (NY), polietileno de baixa densidade (LDPE), acetato de etileno vinil (EVA), acrilonitrila butadieno estireno (ABS) e polietileno tereftalato (PET) foi detectada.

A abundância de microplásticos em amostras de plâncton atingiu 0,62 a 4,31 itens por metro quadrado de plâncton com 21 a 52 itens por 100 g de sedimentos em estudos realizados por HU et al. (2020). A cor transparente se apresentou para a maioria das amostras de microplásticos.

Wang et al. <sup>(a)</sup> (2022) observou que a quantidade de MPs nos lagos urbanos geralmente tende a diminuir à medida que aumenta a distância das cidades. Também, observou que os rios possuem menos MPs que os lagos urbanos devido ao transporte e a hidrodinâmica dos rios e ao acúmulo contínuo e a degradação dos plásticos que ocorrem devido ao acúmulo nos lagos. LI et al. (2023) observou efeitos mútuos entre a abundância de microplásticos, as concentrações de nitrogênio total e carbono orgânico em Lago urbano.

Em sedimentos, a distribuição vertical de polímeros de alta densidade muda principalmente com o tamanho do grão do sedimento. A distribuição de cada tipo de polímero muda dependendo do tamanho e/ou forma das partículas com interações complexas. As distribuições observadas por Constant et al. (2023) foram comparadas com distribuições esperadas com base nas fórmulas de velocidade vertical. No geral, as fórmulas utilizadas não explicaram a sedimentação da porção de polímeros de baixa densidade e previram uma distribuição no sedimento menor do que as observadas no experimento.

LI et al. (2019) observou que os MPs estavam presentes na ordem de duas vezes maior em lagos do que em rios. A forma de MPs dominante foi de fibra de 93,81% na amostra de água superficial e 94,77% na amostra de sedimento. Os MPs de cor azul foram dominantes em quase todos os lagos em amostras de águas superficiais (cerca de 40% a 60%) e amostras de sedimentos (cerca de 60% a 80%), seguidos pelos de cor roxa e verde.

Fontes de poluição de MPs quando os níveis de urbanização são baixos, são caracterizados por baixa abundância, grande tamanho de partículas e alta proporção de fibras. Enquanto as atividades urbanas com altos níveis de urbanização geram tamanhos de partículas pequenos, alta proporção de polietileno tereftalato (PET), fragmentos e grânulos e MPs coloridos (GAO et al., 2023).

Neste contexto, os sistemas hídricos urbanos possuem risco ecológico e ambiental de serem contaminados por MPs, sendo que os rios transportam os MPs para sistemas lacunares como os lagos urbanos.

### **3.4 Impacto dos microplásticos no meio ambiente**

Atualmente a poluição plástica representa uma das ameaças globais e pode ser considerado um dos mais importantes indicadores para avaliar o impacto da sociedade humana no meio ambiente. Com a alta demanda desses produtos plásticos e má gestão de seus resíduos, esses materiais estão se acumulando em todos os ecossistemas. Com isso, acabam por serem inclusos nas diferentes cadeias alimentares e estão diretamente relacionados com os impactos físicos na biota, como o emaranhamento e asfixia de várias espécies selvagens (CASTAÑETA, 2020).

A poluição gerada pelos microplásticos começou como um problema de poluição marinha, mas por conta de seu rápido crescimento, se tornou um problema de saúde pública.

Atualmente, os micropásticos estão distribuídos por todos os continentes do planeta. Partículas de MP foram relatadas no ar, solo, sedimentos, águas internas e externas, areias de praias, sistemas marinhos, plumas de água, chegando até mesmo em áreas remotas, como regiões polares e geleiras.

Os microplásticos primários e secundários são lançados principalmente em águas residuais de centros urbanos e rios, onde ocorre a dispersão desses resíduos para diferentes ecossistemas, possibilitando a ingestão destes produtos por animais e aumentando o risco a saúde humana.

Grande parte dessa contaminação por MPs são provenientes das fibras da lavagem de roupa (Figura 4). Experimentos com águas residuais de máquinas de lavar roupa domésticas indicam que uma única peça de roupa pode produzir cerca de 1900 fibras por lavagem (BROWNE, 2011). Outro experimento realizado no Reino Unido por Napper (2015) estimou que em média, cerca de 700.000 fibras de poliéster e acrílico podem ser liberadas após um único ciclo de lavagem de máquina de lavar, com uma carga média de 6 kg de tecido semissintético.

**Figura 4: Microplásticos classificados como primários, sendo fibras plásticas para produção de tecidos sintéticos.**



Fonte: OLIVATTO (2017)

Com isso, todo o resíduo deixado pela lavagem de roupas é levado para o esgoto sanitário, que devido ao seu pequeno tamanho, nem todo o material consegue ser removido pelos processos nas ETEs.

Os microplásticos primários não são retidos de forma significativa pelas estações de tratamento, pois estas não foram projetadas para separar partículas de dimensões dessa magnitude (OLIVATTO, 2018). Para realização deste tratamento seria necessário adaptações tecnológicas e inclusão de etapas no tratamento de efluentes.

Embora alguns estudos apontem uma eficiência próxima de 70% na remoção de microplásticos (Leslie et al., 2017, Carr et al., 2016), parte desses resíduos se mantêm nos descartes de efluentes e acabam por se tornar uma das principais fontes de contaminação por MPs nos corpos hídricos devido ao grande volume de efluentes lançados pelas ETEs (PEREIRA, 2021).

É importante ressaltar que no Brasil, parte significativa dos efluentes não possuem coleta e tratamento. Apenas 55% da população possui coleta de esgoto, sendo que desta parcela, apenas 50,8% é tratado. O restante dos esgotos sanitários acabam por ser descartados diretamente na natureza (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019).

### **3.5 Impacto dos microplásticos na saúde pública**

A absorção de microplásticos pode ocorrer de diversas vias de exposição no corpo humano, tais como pela água, por produtos de consumo alimentar e até mesmo por inalação de poeira (RIBEIRO, 2022). Estudos apontam que a maior parte das partículas inaladas são ingeridas a partir do processo de limpeza mucociliar ou permanecem presas nos pulmões, caso não sejam expelidas, a partir da tosse ou espirro.

As micropartículas plásticas, ao entrarem no intestino, podem liberar monômeros constituintes do plástico, que possuem características associadas a riscos de desenvolvimento de deficiências fisiológicas, que podem variar desde estresse físico a processos cancerígenos. O grau de absorção destas partículas varia de acordo com o seu tamanho, solubilidade, forma e química presente na superfície

do MP. Por conta das limitações existente acerca dos tamanhos das partículas, ainda não há comprovação da quantidade de MPs consumidos que podem gerar riscos iminentes à saúde humana (COX et al., 2019).

De acordo com PRATA et al. (2020), em estudos realizados *in vitro*, o contato com a área superficial dos MPs pode levar ao estresse oxidativo, citotoxicidade e translocação para outros tecidos, limitando sua remoção do organismo e levando a uma inflamação crônica, bem como aumentando o risco de propagação de câncer.

Os MPs como parte de material particulado, possuem envolvimento no aumento de doenças imunológicas e neurodegenerativas. Além, de poderem atuar como vetores de microrganismos perigosos e liberar produtos químicos de sua composição ou adsorvidos no meio ambiente (KIRSTEIN et al., 2016).

O estresse oxidativo ligado aos MPs, se dá por conta de sua alta área superficial e pela liberação de espécies reativas de oxigênio ou oxidantes adsorvidas à sua superfície, como por exemplo os metais pesados. No caso da citotoxicidade, ocorre por conta da toxicidade de partículas, estresse oxidativo e inflamação. Após a exposição aos MPs, as partículas podem causar respostas imunes locais ou sistêmicas dependendo da disseminação e causar a interrupção das funções imunológicas, favorecendo doenças autoimunes ou a imunossupressão (PRATA et al., 2020).

Um estudo realizado por LESLIE et al. (2022), comprovou através do biomonitoramento humano, que partículas plásticas estão biodisponíveis para absorção na corrente sanguínea humana. Para isso, foram analisadas amostras de sangue humano de 22 voluntários saudáveis.

Logo, é de grande importância compreender a exposição dessas partículas em humanos e o risco associado, para determinar o grau de risco desses elementos à saúde pública (LESLIE et al. 2022).

### **3.6 Métodos de remoção para os microplásticos**

Acerca da problemática existente, vários trabalhos têm abordado métodos aplicados à identificação, caracterização e remoção de micro e nanoplasticos (PEREIRA, 2022; LIMA, 2021). De acordo com os dados Scopus, no ano de 2021,

ocorreu um aumento gradativo no número de estudos a respeito desse assunto (AGUIAR, 2021).

No Brasil, grande parte das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), operam utilizando métodos de tratamento convencional, tratando tanto o esgoto como as águas de abastecimento urbano. Contemplam este tratamento, técnicas como a eliminação de sólidos grosseiros, sedimentação, degradação química, biodegradação aeróbia e anaeróbia, adsorção de partículas suspensas e desinfecção (MONTAGNER et al., 2017).

### 3.6.1 Hidrociclones

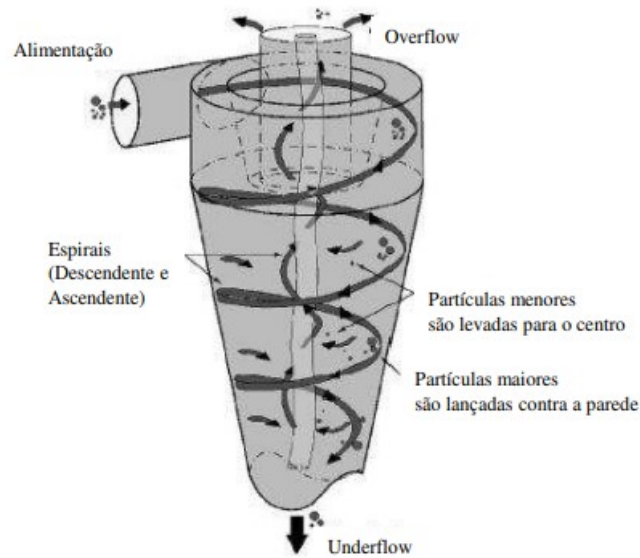
De acordo com Pereira (2022), a utilização de hidrociclones para a remoção de MPs têm conseguido eficiências positivas de até 93% para certas condições de vazão e pressão especificadas no processo de tratamento. Algumas ETEs utilizam hidrociclones no tratamento primário visando remover partículas de areia, fato que poderia ser melhor estudado quanto a remoção de MPs.

A base do funcionamento dos hidrociclones consiste na separação envolvendo fases sólido-líquido ou líquido-líquido. Apresenta como princípio de operação a sedimentação centrífuga. Dessa forma, as partículas sólidas suspensas em uma fase líquida serão submetidas a um balanço de forças, dentre elas a força centrífuga, onde a partir do movimento circular gerado na alimentação do equipamento, ocorre a separação das partículas da fase contínua.

A entrada de efluente no sistema, por sua vez, é realizada tangencialmente na entrada localizada na parte superior do cilindro, e como resultado das forças geradas, as partículas são levadas às paredes do equipamento. Ao se tornarem mais densas do que a fase líquida são coletados na saída inferior. A figura 5 apresenta o funcionamento descrito.



**Figura 5: Representação do funcionamento de um hidrociclone.**



Fonte: PEREIRA (2022)

### 3.6.2 Flotação

A flotação tem como base de seu funcionamento a separação de sólidos distintos em meio aquoso, baseado na aderência dos sólidos a superfícies de bolhas de um gás que permeia a suspensão fazendo com que o sólido seja levado a superfície (SILVA, 2008)

Para o tratamento de efluentes, utiliza-se o processo de flotação por ar dissolvido (FAD) que funciona como um método de separação de partículas. Este método possuiu como função inicial o beneficiamento de minérios, mas possui grande eficiência no tratamento de efluentes. Neste processo o ar ou gás, é dissolvido na água sob pressão, em um saturador. A água saturada com ar é injetada à pressão atmosférica no tanque contendo o efluente. Quando a pressão no fluxo de água é reduzida o líquido se torna supersaturado, fazendo com que o ar em excesso seja liberado formando pequenas microbolhas, que variam de  $50\mu\text{m}$  a  $100\mu\text{m}$  de diâmetro, estas bolhas aderem as partículas, fazendo com que elas subam até a superfície (ROSA, 2002).

A principal vantagem aplicada a este processo é a grande eficiência proporcionada, junto a um baixo custo, se em comparação com outros métodos de separação, podendo ser aplicado a diversas áreas, como na indústria têxtil, gráfica, remoção de partículas da água, entre outros (SILVA, 2008).

### 3.6.3 Eletrocoagulação

O processo de eletrocoagulação por possuir uma capacidade de tratar uma gama de poluentes poderia ser utilizado para remoção de MPs. Este processo utiliza a etapa de coagulação com agentes coagulantes originados da dissolução da placa metálica como sais de ferro ou alumínio. Este processo visa a remoção de sólidos em suspensão e é classificado de acordo com o sistema, podendo ser utilizado para coagulação com flotação ou com sedimentação (LIMA, 2021).

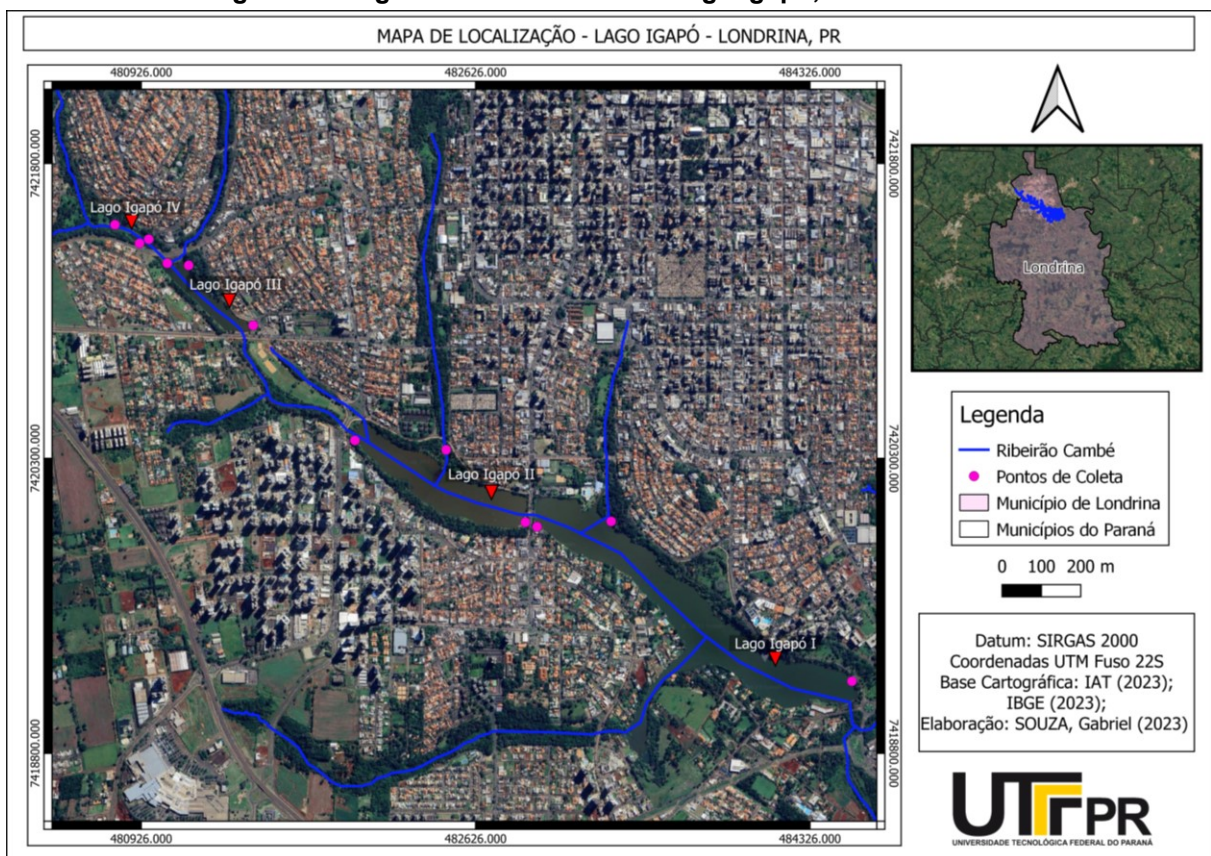
No processo de sedimentação por coagulação, a fase sólida, que possui o resíduo que foi removido do efluente é sedimentado na parte inferior da estação de tratamento. Enquanto a fase líquida, que consiste no efluente tratado, é retirado pela parte superior da estação. Já na coagulação seguida de flotação, a fase sólida forma uma espuma na parte superior da estação para ser removida. E a fase líquida é removida pela parte inferior (GARCIA-SEGURA et al., 2017).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área de coleta

A área de estudo selecionada para este trabalho foram os lagos urbanos da cidade de Londrina denominados de Lago Igapó (Figura 6), que são subdivididos em Igapó I, II, III, e IV e são utilizados como ponto turístico e fonte de lazer na cidade. Estes lagos urbanos estão localizados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cambé, na região norte do estado do Paraná.

**Figura 6: Imagem da área de estudo Lago Igapó, Londrina – PR**



Fonte: Autoria própria (2023)

Os lagos Urbanos Igapó tiveram sua origem a partir do represamento do ribeirão Cambé na década de 1950 (OLIVEIRA, 2018). Atualmente tem recebido impactos ambientais relativos ao sistema de drenagem urbana e ao esgotamento de águas residuárias e industriais.

## **4.2 Análise de microplásticos**

### **4.2.1 Coleta das amostras**

As amostras para análise de MPs foram coletadas, seguindo os padrões estabelecidos pelo guia nacional de coleta e preservação de amostras (CETESB, 2011). As amostras foram retiradas nas áreas de fundo e superficial do lago, a fim de extrair os materiais depositados no sedimento do lago e os materiais sobrenadantes.

Para evitar contaminação por MPs das amostras, foram utilizados equipamentos de coleta de inox, alumínio ou vidro. As áreas de coleta selecionadas não apresentaram sinais de perturbação humana recente.

Além disso, quaisquer objetos como folhas, galhos, conchas e resíduos considerados grandes foram retirados no local de coleta antes de se realizar a amostragem.

A coleta em cada lago urbano foi feita em 3 pontos distintos, sendo estes, próximos às saídas da rede de drenagem. Onde foram coletadas cerca de 1 kg de amostra de solo/sedimentos em beakers de 1 Litro.

### **4.2.2 Preparo das amostras de sedimentos**

Para extrair os microplásticos presentes nas amostras do fundo do lago foi necessário submetê-las a processos laboratoriais de pré-tratamento. Assim, foi realizada a determinação de massa do conteúdo coletado em cada ponto e, posteriormente, iniciar o processo de secagem da amostra do sedimento do fundo.

### **4.2.3 Secagem da amostra**

No processo de secagem era recomendado que não se utilize utensílios plásticos. Este procedimento evitava a contaminação da amostra com agentes externos.

Durante todo o processo, a amostra foi submetida a um controle de secagem através de diversas pesagens intermediárias, a fim de averiguar quando ocorresse a estabilidade da massa de solo, podendo ser considerada seca, ou seja, quando se atinge o valor de massa constante. Assim, como pode ser observado na Fotografia 1,

o solo foi transferido para um becker e colocado em uma estufa à 60° Celsius durante o tempo necessário para a sua secagem.

**Fotografia 1: Estufa de secagem das amostras**



**Fonte: A autoria própria (2022)**

#### 4.2.4 Análise granulométrica

As amostras secas passaram por um processo de separação por granulometria, no qual ocorreu o fracionamento através de duas peneiras granulométricas de malha quadrada com aberturas de 5,0 mm e 1,0 mm, respectivamente.

#### 4.2.5 Processo de flotação

Para extrair os MPs presentes nas amostras foi aplicado o processo de flotação que consiste na separação de sólidos através da diferença de densidade existente entre os materiais mergulhados e uma solução salina.

Para isso, foi utilizado uma mistura de 144g de NaCl em 400L de água desmineralizada (BESLEY; VIJVER; BEHRENS; BOSKER, 2017) com a proporção de 400mL de solução para 80g de amostra (ZHANG et al., 2018).

Após a mistura, a solução foi disposta a um processo misturador utilizando uma bomba de ar por 20 minutos. Essa solução tem como finalidade separar os microplásticos do solo a partir da diferença de densidade, pois os MPs são menos

densos que a água.

Após a realização do processo de mistura, os recipientes foram cobertos com papel alumínio, para evitar contaminação externa, e foram deixados em repouso por 5 horas para que ocorra a separação dos MPs das partículas de solo.

Para maior eficiência na extração, o processo foi repetido 3 vezes. Pois de acordo com Besley, Vijver, Behrens e Bosker (2017) é necessário realizar de 3 a 5 repetições para que ocorra uma eficiência de separação de no mínimo 80% das MPs.

#### 4.2.6 Processo de filtragem

Após o processo de flotação, a solução salina passou pelo processo de filtragem, onde foi utilizado uma montagem com um funil de Bunchner, uma bomba a vácuo, um Kitassato de 1L e um filtro de membrana de nitrato de celulose com porosidade de  $5\mu\text{m}$ .

Após o processo de filtragem para todas as amostras, cada filtro foi colocado em uma placa de Petri devidamente identificada. Cada placa foi envolta com papel alumínio a fim de evitar contaminações do ambiente. Em seguida as placas foram levadas para secarem na estufa, a  $60^{\circ}\text{C}$ , até que o valor da massa permanecesse constante.

### 4.3 Caracterização física e química dos microplásticos

#### 4.3.1 Caracterização física

Para a caracterização física dos MPs foi utilizado uma lupa, onde realizou-se a separação manual dos MPs e de outros itens visíveis, como galhos e rochas. Separando-se individualmente cada MP das amostras em frascos devidamente identificados

As categorias utilizadas para caracterização física das amostras estão na Figura 7. A coluna Tipos representa os tipos de microplásticos que podem ser encontrados usualmente nas amostras. A coluna Cores apresenta as cores usualmente encontradas nos MPs. A coluna Formatos exhibe as subclassificações realizadas de acordo com os pellets ou fragmentos.

**Figura 7: Categorias para classificação dos microplásticos**

Tipos	Cores	Formatos	
		Fragmentos	Pellets
Fragmentos	Transparente	Arredondado	Esférico
Pellets	Âmbar	Grânulos	Cilindrico
Filamentos	Branco	Irregular	Disco
Filmes Plásticos	Azul	Angular/ Sub angular	Outros (ovóide, plano, etc.)
Espuma Plástica	Verde		
Isopor	Vermelho		
Fibras	Amarelo		
Outros/ Irregular	Preto		
	Outros		

Fonte: Adaptado de PEREIRA (2019)

#### 4.3.2 Classificação química

Após a triagem realizada no microscópio óptico, os MPs separados foram analisados a partir da espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), com refletância total atenuada (ATR). A região do espectro utilizada foi de 4000-650  $\text{cm}^{-1}$  (AMARAL, 2021)

Para leitura das amostras foi realizado a identificação de um branco de referência, onde foram utilizadas embalagens de uso comum (cosméticos, produtos de limpeza, descartáveis etc.) para padrões de comparação onde cada amostra de referência foi previamente analisada, a fim de confirmação dos polímeros de sua composição.

No Quadro 2 são apresentadas as bandas de absorções dos polímeros encontrados com maior frequência (AMARAL, 2021).

**Quadro 2: Bandas de absorção para os polímeros mais frequentes**

<b>Polímero</b>	<b>Bandas de absorção (cm<sup>-1</sup>)</b>
Polietileno de alta densidade (HDPE)	2915, 2845, 1472, 1462, 730, 717
Policloreto de vinila (PVC)	1427, 1331, 1255, 1099, 966, 616
Polietileno de baixa densidade (LDPE)	2915, 2845, 1467, 1462, 1377, 730, 717
Polipropileno (PP)	2950, 2915, 2838, 1455, 1377, 1166, 997, 972, 840, 808
Poliestireno (PS)	3024, 2847, 1601, 1492, 1451, 1027, 694, 537
Espuma vinílica acetinada (EVA)	2917, 2848, 1740, 1469, 1241, 1020, 720
Latex	2960, 2920, 2855, 1667, 1447, 1376
Náilon	3298, 2932, 2858, 1634, 1538, 1464, 1372, 1274, 1199, 687
Polycarbonato (PC)	2966, 1768, 1503, 1409, 1364, 1186, 1158, 1013, 828
Poliuretano (PU)	2865, 1731, 1531, 1451, 1223

Fonte: AMARAL (2021)

#### 4.4 Determinação do teor de argila e silte

Os parâmetros físicos e químicos do sedimento, que são determinantes para a sedimentação final dos microplásticos (MPs), são controlados pela sua textura, a qual determina a extensão da superfície específica. A textura do solo representa a distribuição percentual das partículas primárias e é determinada por meio de análise granulométrica.

Para o pré-tratamento da amostra, uma solução dispersante foi preparada dissolvendo-se 8 g de hidróxido de sódio em 2 litros de água destilada, adicionando 20 g de hexametáfosfato de sódio e agitando até a completa dissolução do reagente.

Devido à presença de mais de 5% de matéria orgânica nas amostras de solo, utilizou-se a metodologia descrita por Camargo et al. (1986). Nesse método, foram colocados 10 g da amostra em um copo de 800 ml, adicionando 200 ml de solução de pirofosfato de sódio 0,1 M e 50 ml de água oxigenada a 30%, e deixando a mistura em repouso durante a noite. No dia seguinte, a mistura foi aquecida em uma chapa aquecedora a 40°C, durante oito horas, sendo agitada com um bastão de vidro a cada



duas horas. Para remover o excesso de água oxigenada, a temperatura foi elevada a 80°C até quase secar. Após esse processo, as amostras foram submetidas a um processo de centrifugação, repetido duas vezes com água destilada por um período de 2 minutos, para eliminar o sobrenadante. O material resultante da centrifugação foi filtrado usando uma peneira de 0,2 mm.

Em seguida, utilizou-se o método da pipeta, adicionando 500 ml da solução em uma proveta e agitando por 30 segundos. Seguindo a lei de Stokes e consultando a Tabela 1, determinou-se o tempo para a pipetagem das amostras de solo + dispersante nas provetas de 500 ml.

**Tabela 1: Tempo para pipetagem a partir da temperatura ambiente**

Temp. °C	Argila (5 cm)		Argila+Silte (10 cm)	
	h	min	min	seg
10	5	13	6	14
11	5	05	6	03
12	4	55	5	54
13	4	48	5	44
14	4	40	5	35
15	4	33	5	27
16	4	25	5	19
17	4	18	5	10
18	4	13	5	03
19	4	05	4	55
20	4	00	4	48
21	3	55	4	41
22	3	50	4	34
23	3	43	4	28
24	3	38	4	22
25	3	33	4	15
26	3	28	4	10
27	3	23	4	04
28	3	20	3	59
29	3	15	3	54

Fonte: Camargo, 1986

De acordo com a lei de Stokes e considerando a temperatura ambiente de aproximadamente 23°C, foi utilizado as informações da Tabela 1 para determinar o tempo necessário para realizar a amostragem. Após um período de 4 minutos e 28 segundos, uma pipeta de 10 ml foi introduzida a uma profundidade de 10 cm para a coleta da amostra contendo argila e silte. Posteriormente, após 3 horas e 43 minutos, foi realizada a amostragem de argila, utilizando uma pipeta a uma profundidade de 5 cm. Durante todo o processo de amostragem, foi mantida uma sucção contínua para evitar a ocorrência de turbilhonamento.



**Figura 8:** Procedimentos experimentais para a determinação dos teores de argila e silte do sedimento, Provetas com volume de 500 mL, contendo dispersante e solo (a), Estufa de secagem (b), material seco (c), pesagem das amostras (d).

Em seguida, as amostras foram transferidas para cápsulas de porcelana previamente taradas com uma precisão de aproximadamente 0,0001 g. As cápsulas contendo as amostras foram submetidas a um processo de secagem em temperatura controlada de 105-110°C, com duração mínima de oito horas. Para fins de comparação, o procedimento foi repetido utilizando uma prova em branco, que consistia na solução dispersante e água destilada.

Retirando as cápsulas da estufa, foram deixadas em um dissecador contendo cloreto de cálcio anidro e pesar rapidamente em balança com precisão de décimo milésimo de grama, para obter o peso da argila + dispersante (A+D) e da argila + silte + dispersante (A+S+D).

Os resultados são expressos a partir dos resultados das equações 1 a 4.

$$\text{Argila (\% na TFSA)} = [\text{peso da argila+dispersante (A+D)} - \text{peso do dispersante (D)}] \times 500 \quad (\text{eq. 1})$$

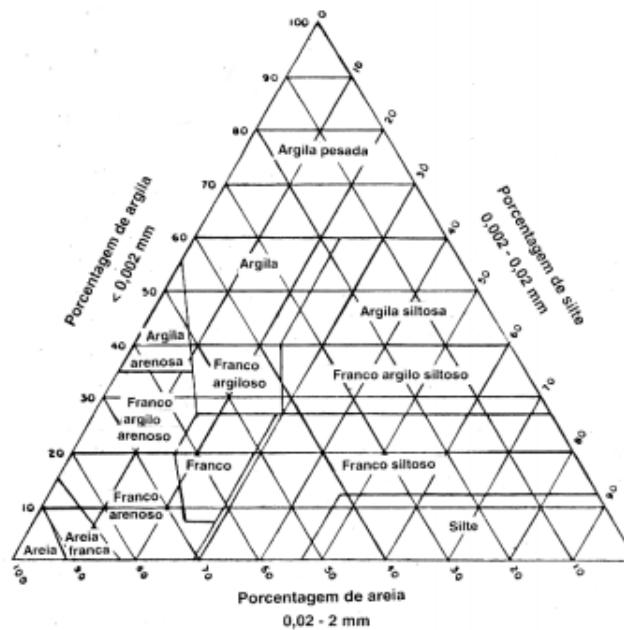
$$\text{Silte (\% na TFSA)} = [\text{peso da argila+silte+dispersante (A+S+D)} - \text{peso da argila (A)} - \text{peso do dispersante (D)}] \times 500 \quad (\text{eq. 2})$$

$$\text{Areia grossa (\% na TFSA)} = \text{peso da areia grossa (AG)} \times 10 \quad (\text{eq. 3})$$

$$\text{Areia fina (\% na TFSA)} = 100 - (\% \text{argila} + \% \text{silte} + \% \text{areia grossa}) \quad (\text{eq. 4})$$

A classificação dos sedimentos utilizou o triângulo de classes texturais utilizada para solos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) que é específico e adaptado para os solos brasileiros.

**Figura 9: Triângulo para determinação de classes texturais (IAC)**



**Fonte: Camargo, 1986**

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Procedimentos Metodológicos

A análise dos microplásticos não possui metodologia normatizada quando aos processos de determinação e procedimento de separação quando encontrada em sedimentos ou em sistemas aquáticos. Este fato proporcionou ao longo do desenvolvimento do trabalho vários desafios:

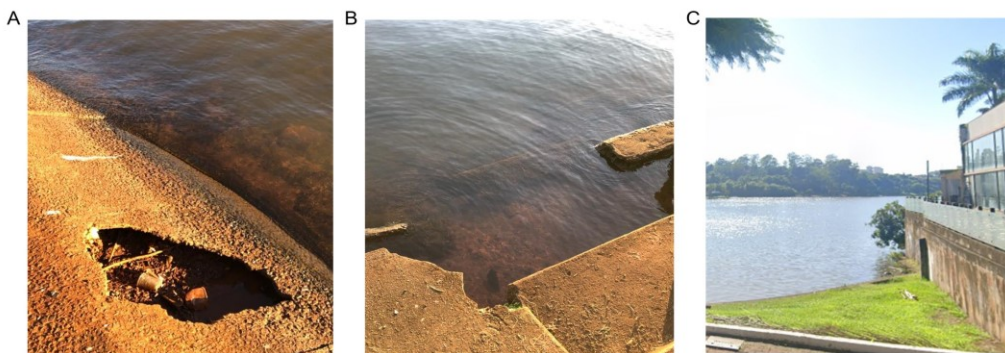
- a temperatura adotada para a secagem do material coletado foi realizada a 60 °C visando evitar a degradação de plásticos na estufa. Além disso, o aumento da temperatura para volatilizar a matéria orgânica poderia afetar os materiais plásticos, impossibilitando a análise das amostras;
- a caracterização do MP entre 5 µm e 1 µm foi utilizada para determinar a forma de separação física por meio de peneiras com granulometria similar;
- A presença de grande quantidade de matéria orgânica coletada no sobrenadante proporcionou uma maior dificuldade nas análises realizadas por meio da técnica FTIR, devido aos constituintes químicos presentes na estrutura desses materiais possuírem picos de absorção que se sobrepõem aos de alguns tipos de plásticos;
- Para lidar com os interferentes da matéria orgânica , considerou-se a possibilidade de utilização de um oxidante químico. No entanto, esse oxidante poderia reagir com os materiais plásticos das amostras sem ter um efeito significativo na matéria orgânica, como é descrito em Beltràn (2019) onde se é utilizado peróxido como agente de ramificação e reticulação, para aumentar o peso molecular do polímero.
- Separar manualmente os MPs para que fosse possível realizar as análises no equipamento FTIR e obter os picos de absorção apenas dos materiais plásticos.

## 5.2 Coleta das amostras realizadas no lago igapó

### 5.2.1 Amostras retiradas do Lago Igapó I

As amostras coletadas no lago igapó I foram realizadas no dia 16 de maio de 2023, onde foram selecionados 3 pontos distintos e de possível acesso para a coleta, como pode ser visto na Figura 9, onde:

- o ponto 1 está localizado nas coordenadas lat  $-23.330030^\circ$ , long:  $-51.163697^\circ$ ;
- o ponto 2, lat:  $-23.337378^\circ$ , long:  $-51.151713^\circ$  e
- o ponto 3, lat:  $-23.330209^\circ$ , long:  $-51.166875^\circ$ .

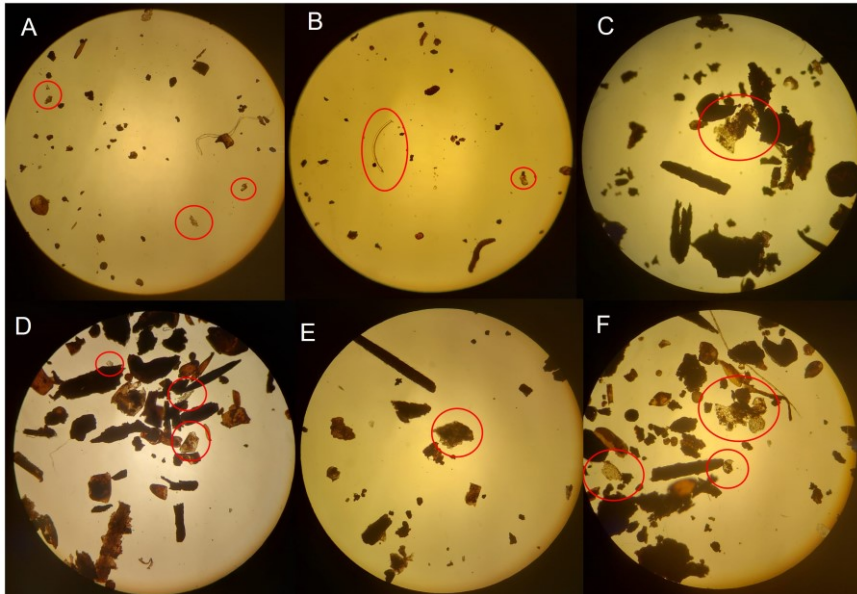


**Figura 10:** Pontos de coleta das amostras de solo e água no lago Igapó I, ponto 1 (A), Ponto 2 (B), Ponto 3(C)

As amostras coletadas nestes pontos apresentaram uma pequena quantidade de material orgânico. No entanto, ocorreu a presença de uma grande quantidade de rochas nos locais, dificultando a coleta do sedimento. Após o pré-tratamento e a análise das amostras, utilizando um microscópio, foi possível visualizar e identificar possíveis

MPs no material. Para aprimorar a visualização e a análise, foi necessário realizar a separação manual dos MPs que foram observados no equipamento.

Conforme pode ser observado na Figura 10, os MPs estão destacados com um círculo vermelho, indicando a sua localização em cada placa que continha as amostras de sedimento.



**Figura 11:** MPs identificados com a Microscópio Ótico com aumento de 4x, nas amostras coletadas no lago Igapó I, ponto 1 (A e D), ponto 2 (B e E) ponto 3 (C e F).

Para as amostras coletadas no Lago I, foram identificados alguns fragmentos de folhas e madeira que persistiram mesmo após o tratamento, dificultando a análise e identificação dos MPs. Utilizando um aumento de 4x no microscópio, foi possível observar diferentes tipos de MPs, indicando classificações distintas.

As Figuras 10-A e 10-D representam alguns dos possíveis MPs encontrados no ponto de coleta 1, provavelmente do tipo secundário, exibindo fragmentos irregulares com coloração âmbar e transparente. Na Figura 10-A, foram contabilizadas 3 MPs em um total de 60 partículas sólidas, enquanto na Figura 10-D foram encontrados 3 MPs em 57 partículas.

No ponto 2 (Figuras 10-B e 10-E), foram identificados fragmentos que podem ser tanto de MPs primários quanto secundários. A Figura 10-B exibe um filamento plástico transparente e um fragmento irregular de MP secundário com coloração âmbar, enquanto a Figura 10-E apresenta um fragmento com características

semelhantes ao isopor. Na imagem 10-B, foram encontrados 2 MPs em 42 partículas sólidas, enquanto na Figura 10-E, 1 MP em 39 partículas.

Quanto às amostras coletadas no ponto 3 (Figuras 10-C e 10-F), foram registrados tanto MPs primários quanto secundários. Na Figura 10-C, é apresentado um fragmento irregular de MP secundário, possivelmente um filme plástico, contabilizando 1 MP em 46 partículas sólidas. Já a Figura 10-F exibe uma quantidade de MPs primários, identificados como pellets esféricos, além de alguns fragmentos secundários irregulares com coloração transparente, totalizando em média 4 MPs para 64 partículas sólidas.

**Tabela 2: Quantificação dos microplásticos observados nas amostras do lago Igapó I**

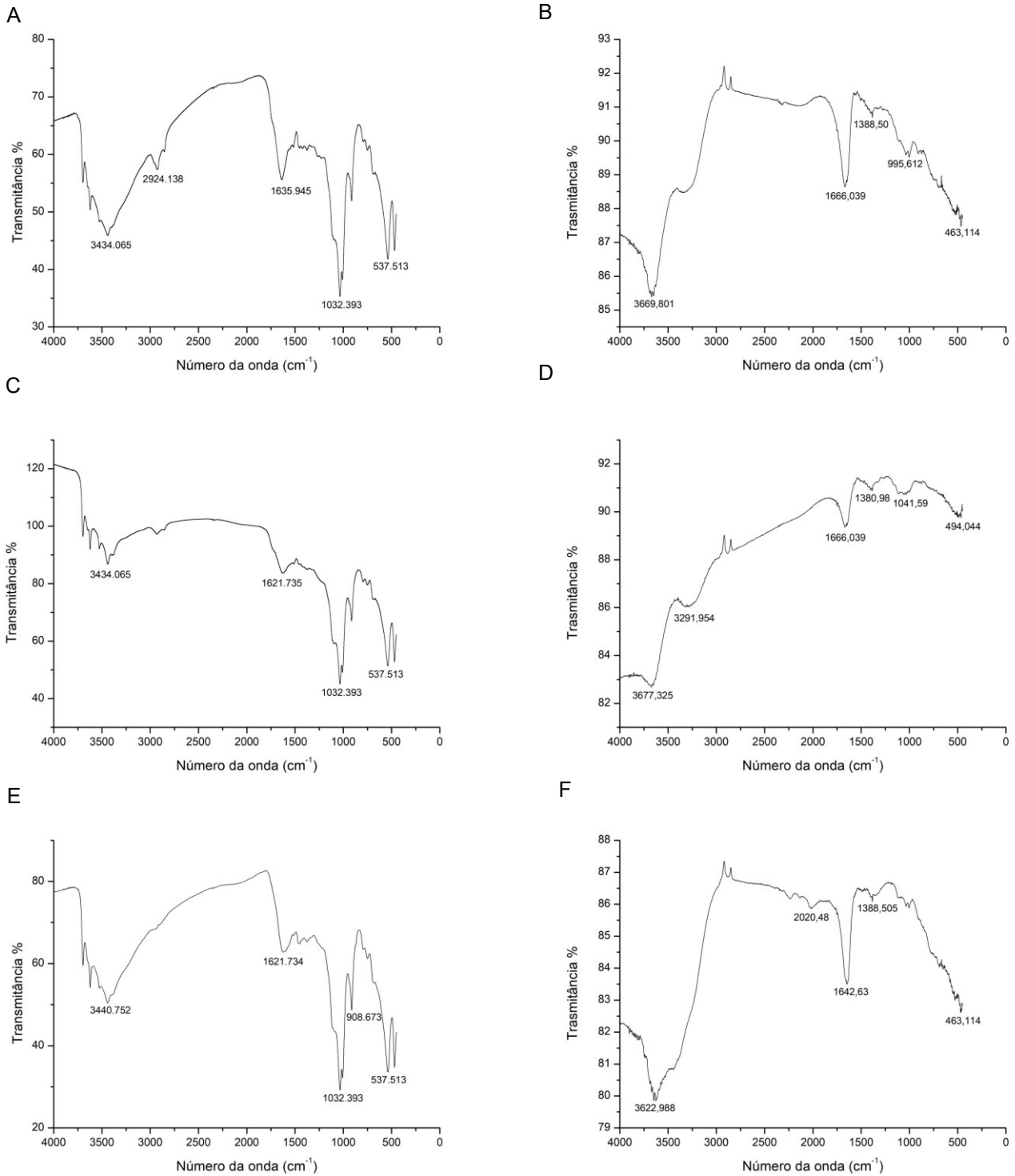
<b>Pontos</b>	<b>Microplásticos</b>	<b>Partículas sólidas</b>	<b>MPs na amostra (%)</b>
Ponto 1	6	117	5,13
Ponto 2	3	81	3,70
Ponto 3	5	110	4,55
Total	14	308	4,55

**Fonte: Autoria Própria (2023)**

A Tabela 2 indica a quantificação dos MPs encontrados nas amostras coletadas no lago I. No ponto 1, identificou-se aproximadamente 5,13% de MPs na composição da amostra. Já no ponto 2, essa proporção foi de aproximadamente 3,7%, enquanto no ponto 3, o valor foi de cerca de 4,55% de MPs. Em média, as amostras do lago I apresentaram aproximadamente 4,55% de MPs em sua composição. Após a realização de uma quantificação baseada nos registros fotográficos, foram encontrados 3 fragmentos de MPs Brancos, 7 fragmentos de coloração âmbar e 4 de cor transparente.

Na Figura 11, são apresentados os gráficos gerados a partir da análise das amostras no equipamento Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), onde os pontos demarcados com valores numéricos indicam os picos de absorção do material inserido. As figuras 11-A, 11-C e 11-E representam os gráficos das amostras brutas (não foi realizada a separação do material plástico), e as Figuras 11-B, 11-D e

11-F representam os gráficos para as amostras com o material separado, conforme apresentado na Figura 10.



**Figura 12:** Comparação dos gráficos gerados a partir das amostras coletadas do Lago Igapó I no equipamento FTIR, amostras brutas (A, C e E) e amostras separadas utilizado microscópio (B, D e F).



Os gráficos diferem devido aos interferentes orgânicos presentes na amostra bruta, onde alguns tipos de materiais apresentam picos de absorção nos mesmos pontos que alguns tipos de plásticos. Por exemplo, a madeira, que possui celulose, apresenta bandas características em  $890\text{ cm}^{-1}$ ,  $1060\text{ cm}^{-1}$ , correspondentes a estiramentos de ligações C-O e vibrações de C-H da celulose, além de  $1158\text{ cm}^{-1}$  e  $1318\text{ cm}^{-1}$ , correspondentes, respectivamente, a estiramentos assimétricos de ligações C-O-C da hemicelulose e/ou lignina, e uma banda em  $1030\text{ cm}^{-1}$ , que é atribuída a ligações do tipo éter de lignina ou hemicelulose (PANIZ, 2018).

Conforme pode ser observado no Quadro 2 do item 4.3.2 deste trabalho, grande parte dos materiais plásticos apresenta absorções próximas a esses pontos. Portanto, a fim de obter análises mais claras sobre o tipo de material estudado, as leituras gráficas serão feitas com base na composição orgânica dos plásticos, devido à indicação dos picos de absorção dos compostos orgânicos de cada plástico (JUNG et. al. 2017)

Em todas as amostras, ocorreu absorção no intervalo de  $3200\text{-}3650\text{ cm}^{-1}$ , indicando a presença de hidroxila, e as Figuras 11-A, 11-C e 11-E apresentam vibrações semelhantes às encontradas para a celulose, com exceção da absorção em  $1621\text{ cm}^{-1}$  e  $1635\text{ cm}^{-1}$ , que por conta das interferências causadas pela celulose, poderia indicar uma possível presença de náilon.

Na figura 11-B, a absorção apresentada em  $1666\text{ cm}^{-1}$ , em conjunto com o pico em  $1388,5\text{ cm}^{-1}$  que representa  $\text{CH}_3$ , indicam a possível presença de látex na composição da amostra, e a figura 11-D apresenta picos semelhantes, indicando possivelmente o mesmo resultado.

Existem vários materiais usuais que podem conter látex, tais como: luvas de borracha, balões, seringas, preservativos, máscaras faciais, chupetas e bicos de mamadeira, elásticos e calçados, como chinelos e sandálias.

A amostra 11-B ainda poderia indicar na banda  $966\text{ cm}^{-1}$  a presença de PVC. Já a figura 11-F apresenta um pico próximo a  $1634\text{ cm}^{-1}$  que poderia configurar a presença de náilon, porém devido a falta do pico de  $1538\text{ cm}^{-1}$  característico, observa-se a necessidade de maior investigação para sua determinação.

### 5.2.2 Amostras retiradas do Lago Igapó II

No dia 16 de maio de 2023, foram realizadas coletas de amostras no Lago Igapó II. Para garantir uma representatividade adequada, foram selecionados três pontos distintos para a coleta, como pode ser observado na Figura 12, onde:

- o ponto 1 está localizado nas coordenadas lat  $-23.329793^\circ$ , long:  $-51.167504^\circ$ ;
- o ponto 2, lat:  $-23.326722^\circ$ , long:  $-51.171908^\circ$  e
- o ponto 3, lat:  $-23.326270^\circ$ , long:  $-51.176423^\circ$ .



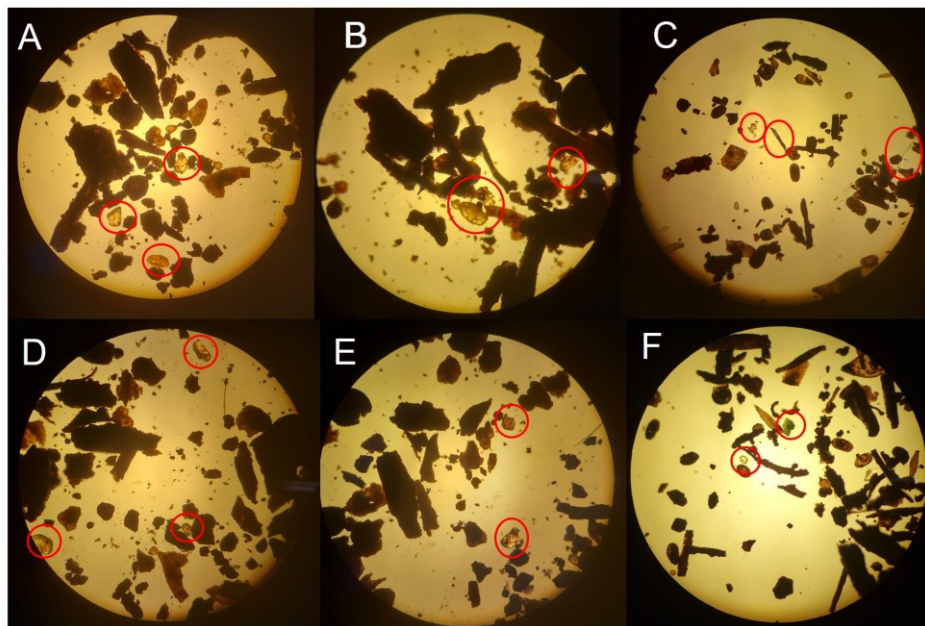
**Figura 13:** Pontos de coleta das amostras de solo e água no lago Igapó II, ponto 1 (A), Ponto 2 (B), Ponto 3(C)

Para as amostras coletadas no Lago Igapó II, observou-se uma grande quantidade de matéria orgânica em alguns pontos de amostragem. No entanto, o solo

nestes pontos estava muito compactado, dificultado a coleta do sedimento nos pontos 1 e 3. Após o pré-tratamento e a análise das amostras utilizando um microscópio, foi possível visualizar e identificar possíveis MPs no material.

Para aprimorar a visualização e a análise, foi necessário realizar a separação manual dos MPs que foram observados no equipamento. Como pode ser observado na Figura 13, os MPs estão destacados com um círculo vermelho, indicando sua localização em cada placa que continha as amostras de sedimento.

**Figura 14:** MPs identificados com a Microscópio Ótico com aumento de 4x, nas amostras coletadas no



lago Igapó II, ponto 1 (A e D), ponto 2 (B e E) ponto 3 (C e F)

As Figuras 13-A e 13-D ilustram alguns exemplos de possíveis MPs encontrados no ponto de coleta 1, identificados como MPs secundários irregulares, apresentando coloração âmbar e transparente. No canto inferior esquerdo da Figura 13-D, é possível observar um pellet esférico de cor transparente. Na imagem 13-A, foram encontrados 3 MPs em um total de 74 partículas de solo, enquanto a Figura 13-D apresentou 3 MPs em 65 partículas sólidas.

Nas Figuras 13-B e 13-E, referentes ao ponto de amostragem 2, foram observados pellets esféricos de cor transparente, além de fragmentos irregulares de MPs secundários com coloração âmbar. Na imagem 13-B, foram identificados 4 MPs em 30 partículas sólidas, enquanto na Figura 13-E foram encontrados 2 MPs em 52 partículas sólidas.

Nas Figuras 13-C e 13-F, são exibidas as amostras coletadas no ponto 3, evidenciando fragmentos distintos dos encontrados anteriormente. Nesse caso, foram identificados alguns filamentos com coloração azul e branco, classificados como MPs primários, além de fragmentos irregulares de MPs secundários com coloração azul e transparente. Na Imagem 13-C, foram contabilizados 3 MPs em 61 partículas, enquanto na Figura 13-F foram encontrados 2 MPs em 67 partículas sólidas.

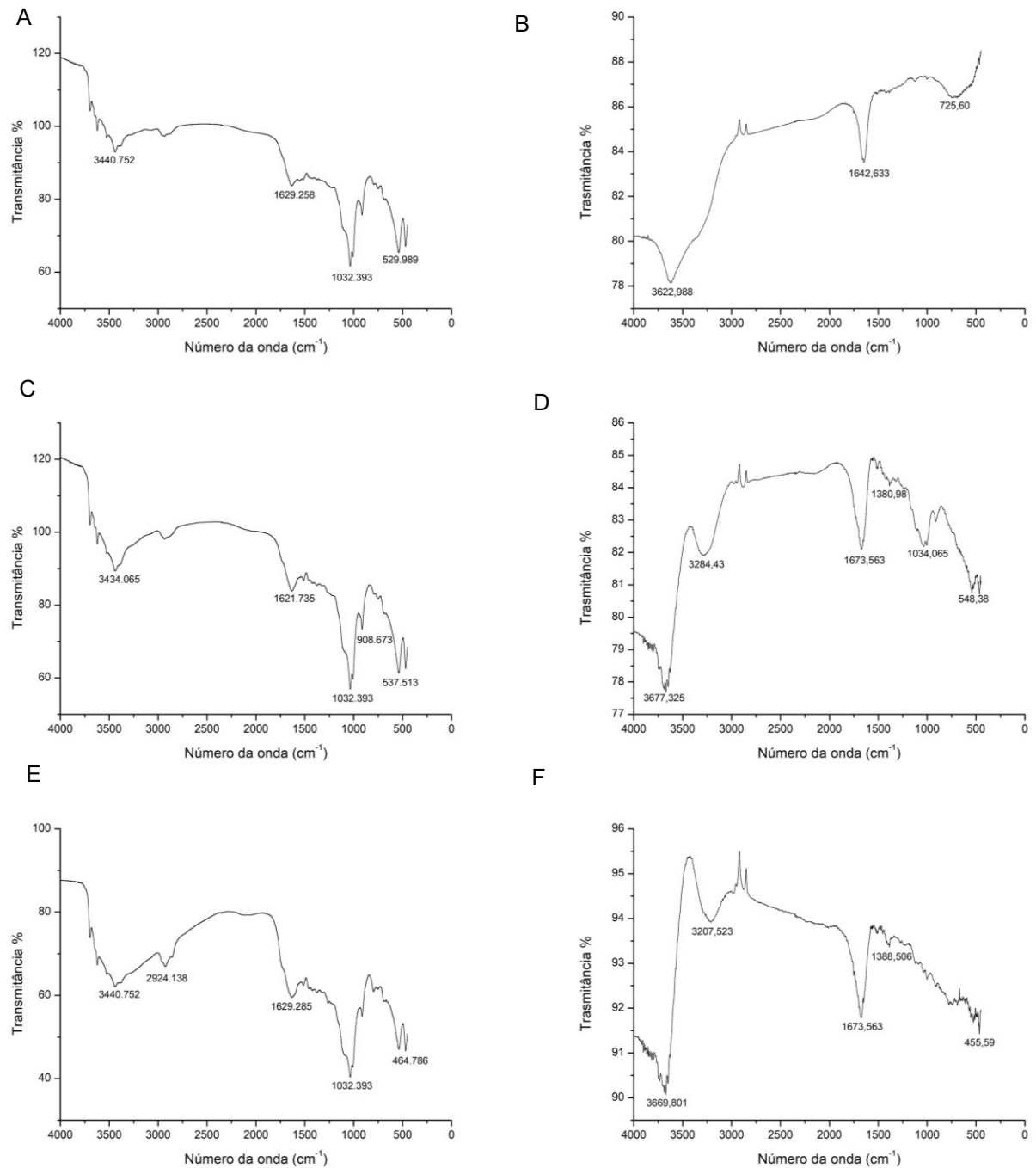
**Tabela 3: Quantificação dos microplásticos observados nas amostras do lago Igapó II**

Pontos	Microplásticos	Partículas sólidas	MPs na amostra (%)
Ponto 1	6	139	4,32
Ponto 2	6	82	7,32
Ponto 3	5	128	3,91
Total	17	349	4,87

**Fonte: Autoria Própria (2023)**

Na Tabela 3, estão registradas as quantidades de MPs encontrados nas amostras coletadas no lago II. No ponto 1, constatou-se aproximadamente 4,32% de MPs presentes na composição da amostra. No ponto 2, essa proporção foi de cerca de 7,32%, enquanto no ponto 3, foi identificado um valor em torno de 3,91%. Em média, as amostras do lago II apresentaram aproximadamente 4,87% de MPs em sua composição. A análise das imagens revelou a presença de 5 fragmentos de coloração âmbar, 8 fragmentos transparentes e 2 fragmentos de MPs azuis.

Na Figura 14, são apresentados os gráficos resultantes da análise das amostras coletadas no Lago Igapó II, no equipamento FTIR. Os picos de absorção do material inserido são indicados pelos pontos marcados com valores numéricos. As figuras 14-A, 14-C e 14-E correspondem aos gráficos das amostras brutas, onde não houve separação do material plástico. Já as Figuras 14-B, 14-D e 14-F representam os gráficos das amostras com o material separado, conforme ilustrado na Figura 13.



**Figura 15:** Comparação dos gráficos gerados a partir das amostras coletadas do Lago Igapó II no equipamento FTIR, amostras brutas (A, C e E) e amostras separadas utilizado microscópio (B, D e F).

Em todas as amostras, ocorreu absorção no intervalo de 3200-3650 cm<sup>-1</sup>, indicando a presença de hidroxila, e as Figuras 14-A, 14-C e 14-E apresentam vibrações semelhantes às encontradas para a celulose, com exceção da absorção em

1621  $\text{cm}^{-1}$  e 1629  $\text{cm}^{-1}$ , que como nas amostras coletadas no lago I, podem indicar uma possível presença de náilon.

Na figura 14-B, não foi encontrado uma quantidade de picos que gerem uma configuração que possa caracterizar algum material plástico. Já a figura 14-D apresenta absorção 3284,43  $\text{cm}^{-1}$ , 1673,56  $\text{cm}^{-1}$ , 1380,98  $\text{cm}^{-1}$ , indicando possivelmente o a presença de náilon na amostra, assim como a figura 14-F que apresentou vibrações com valores semelhantes, indicando possivelmente o mesmo resultado.

### 5.2.3 Amostras retiradas do Lago Igapó III

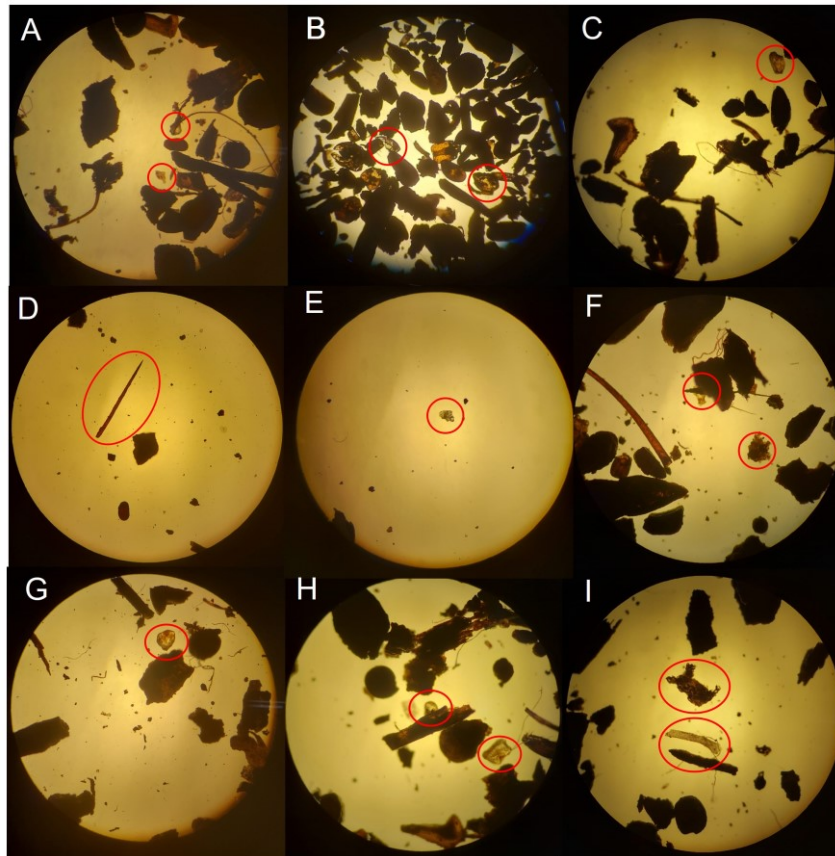
No dia 16 de maio de 2023, foram realizadas coletas de amostras no Lago Igapó II. Para garantir uma representatividade adequada, foram selecionados três pontos distintos para a coleta, como pode ser observado na Figura 15, onde:

- o ponto 1 está localizado nas coordenadas lat -23.318265°, long: -51.184703°;
- o ponto 2, lat: -23.317983°, long: -51.185862° e
- o ponto 3, lat: -23.321186°, long: -51.181692°.



**Figura 16:** Pontos de coleta das amostras de solo e água no lago Igapó III, ponto 1 (A), Ponto 2 (B), Ponto 3(C).

As amostras coletadas no Lago Igapó III apresentaram matéria orgânica em todos os pontos de coleta. Após pré-tratamento e análise das amostras utilizando um microscópio, tornou-se viável a visualização e identificação de potenciais MPs presentes no material. Para otimizar a visualização e análise, foi necessário realizar à separação manual dos MPs identificados no equipamento. Essa etapa de separação é ilustrada na Figura 16, onde os MPs são ressaltados por meio de círculos vermelhos, indicando sua localização em cada placa contendo as amostras de sedimento.



**Figura 17:** MPs identificados com a Microscópio Ótico com aumento de 4x, nas amostras coletadas no lago Igapó III, ponto 1 (A, B e C), ponto 2 (D, E e F) ponto 3 (G, H e I).

Para as amostras coletadas no ponto de amostragem 1 do Lago III, foram observados diversos fragmentos plásticos. Nas Figuras 16-A, 16-B e 16-C, podem ser vistos alguns dos MPs encontrados nesse ponto de amostragem. Verificou-se que esse ponto apresentou galhos e folhas, o que dificultou a visualização dos MPs no equipamento. Ainda assim, foram identificados alguns possíveis MPs com características de MP secundário, como formatos fragmentados irregulares e coloração transparente e âmbar. A imagem 16-A contém 2 MPs em um total de 31 partículas, a Fig.16-B possui 3 MPs em 91 partículas e a Fig.16-C apresenta 1 MP em 26 partículas no total.

As amostras coletadas no ponto 2 (Figuras 16-D, 16-E e 16-F) exibiram uma menor quantidade de galhos e folhas. Foi observada a presença de possíveis MPs secundários e primários. Na Figura 16-D, é apresentado um filamento de coloração âmbar, totalizando 1 MP e 18 partículas. Já nas Figuras 16-E e 16-F, podem ser observados fragmentos irregulares com coloração transparente. A Fig. 16-E possui 1 MP em 6 partículas, enquanto a Imagem 16-F apresenta 2 MPs em 24 partículas.



No que diz respeito ao ponto de coleta 3, foram encontrados MPs primários e secundários com características semelhantes às descritas anteriormente. Nas Figuras 16-G e 16-H, podem ser vistos pellets esféricos transparentes. A Fig. 16-G exibe 1 MP em 38 partículas sólidas, enquanto a Fig.16-H contém 2 MPs em 26 partículas. Já na Figura 16-I, são apresentados 2 fragmentos irregulares de MPs secundários em um total de 24 partículas sólidas.

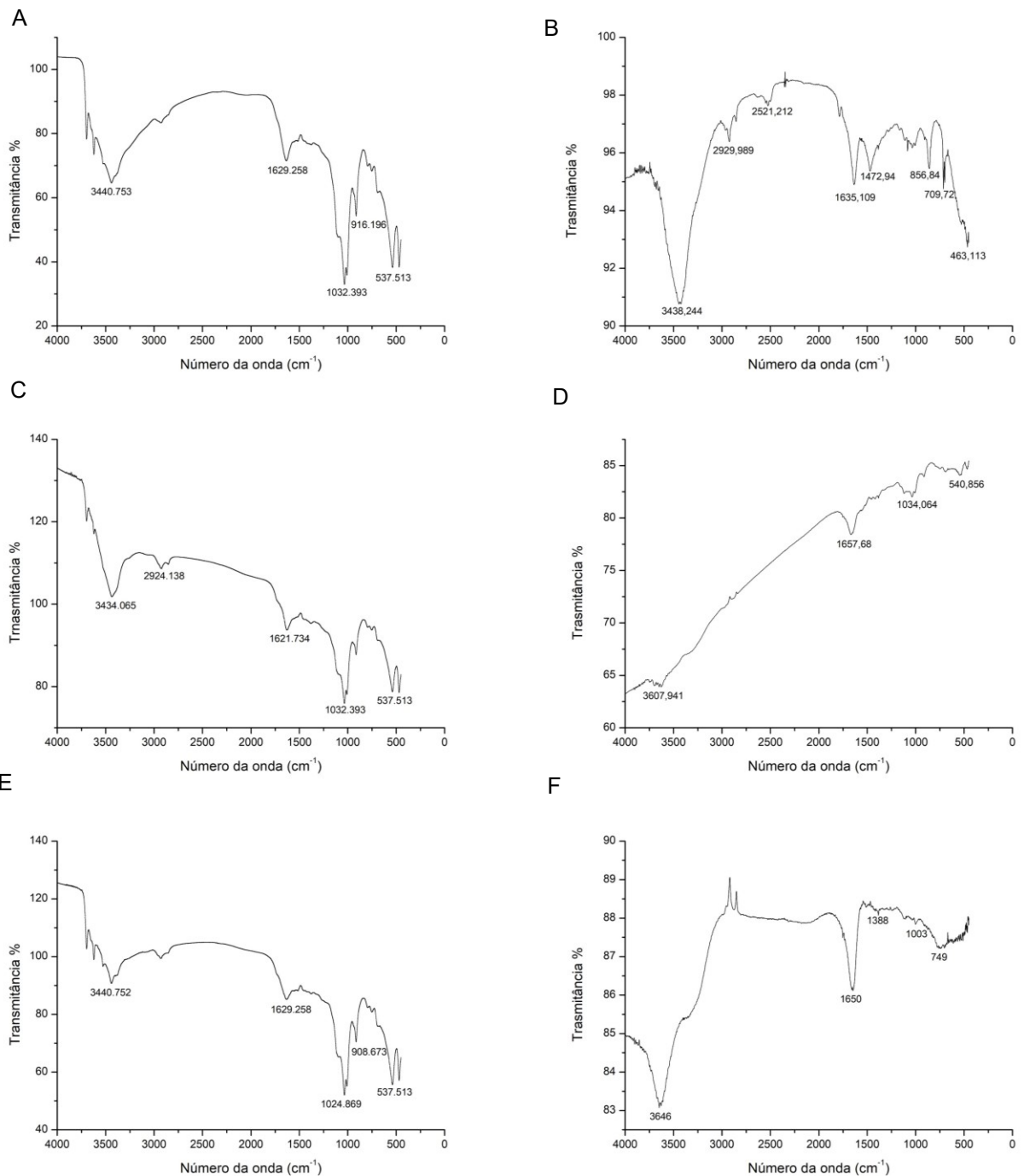
**Tabela 4: Quantificação dos microplásticos observados nas amostras do lago Igapó III**

<b>Pontos</b>	<b>Microplásticos</b>	<b>Partículas sólidas</b>	<b>MPs na amostra (%)</b>
Ponto 1	6	148	4,05
Ponto 2	4	48	8,33
Ponto 3	5	88	5,68
Total	15	284	5,28

**Fonte: Autoria Própria (2023)**

Na Tabela 4, estão registradas as quantidades de MPs encontrados nas amostras coletadas no lago III. No ponto 1, observou-se aproximadamente 4,05% de MPs presentes na composição da amostra. No ponto 2, essa proporção foi de 8,33%, enquanto no ponto 3, foi identificado um valor em torno de 5,68%. Em média, as amostras deste lago apresentaram aproximadamente 4,87% de MPs em sua composição. Ao realizar a quantificação com base nos registros fotográficos, foram encontrados 1 fragmento de coloração branca, 6 fragmentos de cor âmbar e 8 fragmentos de coloração transparente.

A Figura 17 apresenta os gráficos derivados da análise das amostras coletadas no Lago Igapó III utilizando o equipamento FTIR. Os pontos marcados com valores numéricos indicam os picos de absorção do material inserido. Os gráficos 17-A, 17-C e 17-E correspondem às amostras brutas, em que não houve separação do material plástico. Por outro lado, os gráficos 17-B, 17-D e 17-F representam as amostras com o material separado, conforme ilustrado na Figura 16.



**Figura 18:** Comparação dos gráficos gerados a partir das amostras coletadas do Lago Igapó III no equipamento FTIR, amostras brutas (A, C e E) e amostras separadas utilizado microscópio (B, D e F).

Como mencionado anteriormente, nestes pontos também ocorreu absorção no intervalo de 3200-3650 cm<sup>-1</sup>, indicando a presença de hidroxila. As Figuras 17-A, 17-C e 17-E apresentam vibrações semelhantes às encontradas para a madeira, com exceção da absorção em 2924,138 cm<sup>-1</sup>, 1621 cm<sup>-1</sup> e 1629 cm<sup>-1</sup>, que juntos podem indicar uma possível presença de Acrilonitrila butadieno estireno (ABS).

Na figura 17-B, ocorre a absorção nos pontos  $2929,98\text{ cm}^{-1}$ ,  $1635,109\text{ cm}^{-1}$  e  $1472,94\text{ cm}^{-1}$  que caracterizam a possível classificação deste material como náilon.

No caso das Figuras 17-D e 17-F obtiveram poucos pontos característicos, podendo indicar PS para o ponto 17-D e Látex para o ponto 17-F.

#### 5.2.4 Amostras retiradas do Lago Igapó IV

As amostras coletadas no lago igapó IV foram realizadas no dia 07 de outubro de 2022, onde foram selecionados 3 pontos distintos para a coleta, como pode ser visto na figura 18, onde:

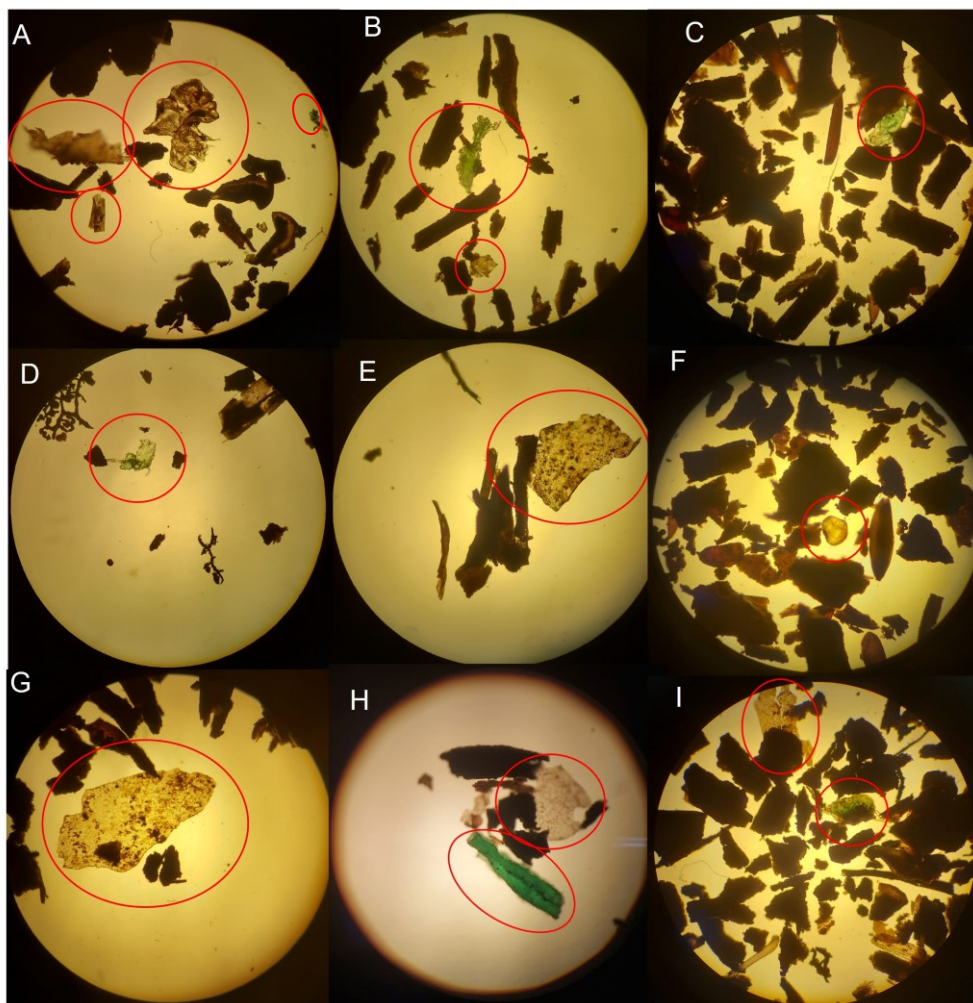
- o ponto 1 está localizado nas coordenadas: lat:-23.316967°, long: -51.187945°;
- o ponto 2, lat:-23.317076°, long:-51.187117°;
- o ponto 3, lat:-23.317104°, long:-51.186843°.



**Figura 19:** Pontos de coleta das amostras de solo e água no lago Igapó IV, ponto 1 (A), Ponto 2 (B), Ponto 3(C)

Todas as amostras coletadas continham material orgânico em sua composição, como galhos e folhas, o que dificultou a identificação dos MPs a olho nu. Somente após o pré-tratamento e a análise das amostras com o auxílio de uma lupa e, em alguns casos, um microscópio, foi possível visualizar e identificar os MPs. Para aprimorar a visualização e a análise, foi necessário realizar a separação manual dos MPs que foram observados nos equipamentos.

Conforme pode ser observado na Figura 19, os microplásticos estão destacados com um círculo vermelho, indicando sua localização em cada placa que continha as amostras de sedimento.



**Figura 20:** MPs identificados com microscópio óptico com aumento de 4x, nas amostras coletadas no lago Igapó IV, ponto 1 (A, B e C), ponto 2 (D, E e F) ponto 3 (G, H e I)

A Figura 19 ilustra MPs de tipos secundários e primários, com tamanhos variando de 0,5 mm a 5 mm. Nas Figuras 19-A, 19-B e 19-C, que representam o ponto de coleta 1, podem ser observados fragmentos irregulares de MPs secundários com coloração verde, transparente e branca. Assim, na Fig. 19-A, foram identificados 4 MPs em meio a 25 partículas sólidas, na Imagem 19-B, foram encontrados 2 MPs entre 27 partículas sólidas, e na Fig. 19-C, foi detectado 1 MP em 65 amostras plásticas.

A Figura 19-D exibe 1 fragmento irregular de MP secundário com coloração verde, encontrado em meio a 12 fragmentos de solo. Na Figura 19-E, é apresentado 1 possível filme plástico irregular de coloração branca, envolto por 5 partículas sólidas. Já na Fig. 19-F, é exibido 1 possível pellet transparente entre 62 fragmentos de solo.

Os fragmentos plásticos encontrados no ponto de coleta 3 possuem tamanhos maiores em comparação aos anteriormente encontrados. Isso pode ser atribuído ao fato de que o ponto de coleta encontra-se submerso, o que limitou a ação intensa do intemperismo sobre os materiais. Nas Figuras 19-G, 19-H e 19-I, são exibidos fragmentos irregulares de MPs do tipo secundário, apresentando coloração branca e verde. Na Fig.19-G, foram identificadas 16 partículas e 1 MP; na Fig. 19-H, observou-se a presença de 10 partículas sólidas e 2 MPs; e na imagem 19-I, foi possível identificar 2 MPs em meio a 55 partículas.

**Tabela 5: Quantificação dos microplásticos observados nas amostras do lago Igapó IV**

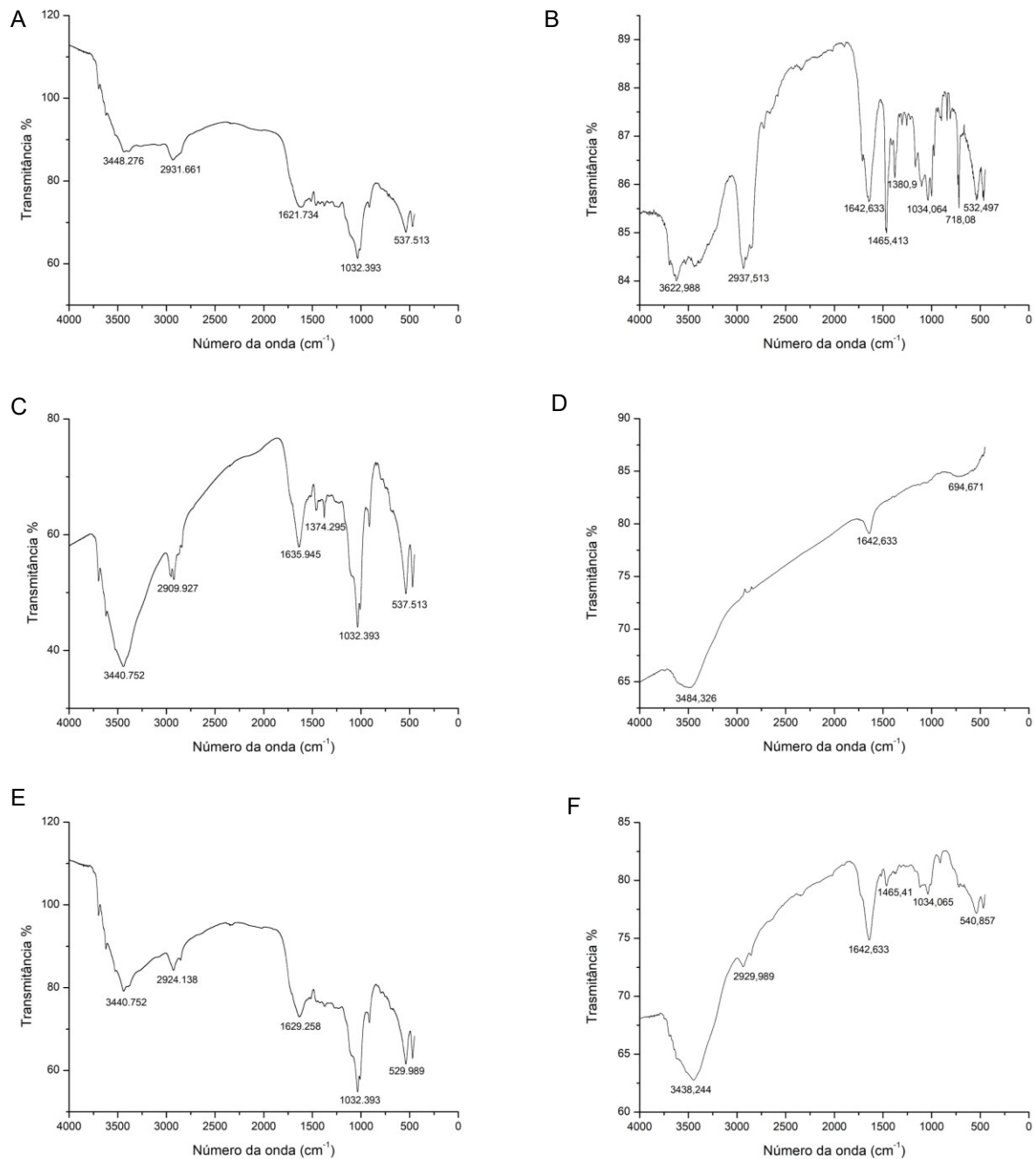
<b>Pontos</b>	<b>Microplásticos</b>	<b>Partículas sólidas</b>	<b>MPs na amostra (%)</b>
Ponto 1	7	117	5,98
Ponto 2	3	79	3,80
Ponto 3	5	81	6,17
Total	15	277	5,42

**Fonte: Autoria Própria (2023)**

A Tabela 5 fornece a quantificação dos MPs encontrados nas amostras coletadas no lago IV. No ponto 1, constatou-se aproximadamente 5,98% de MPs presentes na amostra. No ponto 2, essa proporção foi de aproximadamente 3,80%,

enquanto no ponto 3, identificou-se um valor em torno de 6,17%. Em média, as amostras deste lago apresentaram cerca de 5,42% de MPs em sua composição. Ao realizar a quantificação com base nas fotografias registradas, foram encontrados 6 fragmentos de cor verde, 3 fragmentos transparentes e 6 fragmentos de cor branca.

A Figura 20 apresenta os gráficos obtidos a partir da análise das amostras coletadas no Lago Igapó IV utilizando o equipamento FTIR. As vibrações indicadas com valores numéricos indicam os picos de absorção do material inserido. Os gráficos 20-A, 20-C e 20-E correspondem às amostras brutas, em que não houve separação do material plástico. Por outro lado, os gráficos 20-B, 20-D e 20-F representam as amostras com o material separado, conforme ilustrado na Figura 19. Como mencionado anteriormente, nestes pontos também ocorreu absorção no intervalo de  $3200-3650\text{ cm}^{-1}$ , indicando a presença de hidroxila.



**Figura 21:** Comparação dos gráficos gerados a partir das amostras coletadas do Lago Igapó IV no equipamento FTIR, amostras brutas (A, C e E) e amostras separadas utilizado microscópio (B, D e F)

A Figura 20-A, apresenta vibrações nos pontos  $2931,66 \text{ cm}^{-1}$  e  $1621,73 \text{ cm}^{-1}$  indicando a possível presença de náilon, já os demais picos podem estar relacionados com a presença de madeira nas amostras. Para as Figuras 20-C e 20-E ocorrem absorções em alguns pontos característicos para classificação de alguns plásticos, porém esses resultados podem ter sido influenciados pela presença dos galhos e folhas na amostra, impedindo a possibilidade de uma caracterização mais precisa.

Na figura 20-B, ocorre a absorção nos pontos  $2937\text{ cm}^{-1}$ ,  $1642\text{ cm}^{-1}$  e  $1465\text{ cm}^{-1}$  que caracterizam a possível classificação deste material como Látex, ao mesmo tempo que os picos em  $2937,513\text{ cm}^{-1}$ ,  $1465,413\text{ cm}^{-1}$  e  $1380,9$  podem indicar a presença de polimetilmetacrilato (PMMA) que é conhecido como acrílico.

Para a figura 20-D se obteve poucos picos de vibrações, podendo ser possível a presença de náilon. Já para a Figura 20-F ocorreu absorção  $2929,98\text{ cm}^{-1}$ ,  $1642,63\text{ cm}^{-1}$  e  $1465,41\text{ cm}^{-1}$  também indicando a possível presença de náilon na amostra.

### 5.3 Teor de Argila e Silte

A partir das equações Eq1, Eq2, Eq3 e Eq4 mencionadas no item 4.7 deste trabalho, foi possível encontrar os seguintes valores para os teores de argila, silte, areia fina e areia grossa para o solo do Lago Igapó IV.

**Tabela 6: Teores de Argila, Silte e Areia no sedimento do lago IV**

Pontos de amostragem	Argila (%)	Silte (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)
P1	36,9	0,4	34,485	28,215
P2	31,3635	3,09	25,315	40,2315
P3	47,425	6,7208	17,627	28,2272

**Fonte: Aatoria Própria (2023)**

Com base na análise da Figura 8 do item 4.7 e nos dados descritos na Tabela 6, realizou-se a classificação do sedimento encontrado neste lago. As informações obtidas revelam que o sedimento apresenta maiores concentrações de argila em todos os pontos de coleta, indicando a presença de argila pesada como componente dominante. Essa caracterização é relevante, uma vez que a composição do sedimento pode desempenhar um papel importante na interação com outros materiais, como os plásticos.

No contexto da decomposição de materiais plásticos, a presença de argila pesada no sedimento pode ter influenciado esse processo. A argila pode atuar como um agente inibidor das reações químicas entre o sedimento e os polímeros presentes nos plásticos (FILIP, 1978). Isso pode afetar a degradação e a decomposição dos materiais plásticos, dificultando a sua decomposição natural ao longo do tempo.



## 5.4 Soluções

### 5.4.1 Retenções nos bueiros e no canal

Para evitar que esse material plástico chegue ao lago, via drenagem urbana, é de grande importância a utilização de estruturas de retenção de resíduos sólidos. De acordo com Neves e Tucci, 2008, a gestão de resíduos sólidos urbanos sugere a identificação de seus componentes e atuar para reduzir a quantidade gerada. Para isso as medidas estruturais utilizam dispositivos de retenção com destaque nos autolimpantes, ilustrados na Figura 22 Onde é possível observar alguns arranjos sendo considerado como o mais efetivo o Arranjo 23, por possuir barras horizontais, a inclusão de uma queda vertical dentro do arranjo reduzido a probabilidade de refluxo e o armazenamento *off-line* do lixo disponibiliza uma grande área de armazenamento criando menos perturbações no escoamento.

**Figura 22: Estrutura para retenção autolimpante**



Fonte: Adaptado de Neves e Tucci (2008)

### 5.4.2 Conscientização da População

Como forma de conscientizar a população acerca da importância da disposição correta de seus resíduos é necessário promover a Educação Ambiental (EA) da população visto que de acordo com Feitosa *et al* (2019), a EA é utilizada como uma ferramenta capaz de estimular a conscientização e sensibilização ambiental

promovendo assim uma diminuição significativa no descarte irregular de resíduos sólidos.

**Figura 23: Resíduos Sólidos deixados no entorno do Lago Igapó**



**Fonte: Autoria Própria (2023)**

Como pode ser visto na imagem acima (Figura 23), existe uma grande quantidade de resíduos que são descartados irregularmente nestes locais, mesmo considerando que existem leis e políticas voltadas para esse assunto.

Onde a principal referência legal no que diz respeito à gestão de resíduos sólidos é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº 12.305, de 5 de agosto de 2010. Essa legislação é uma ferramenta essencial para a implementação de Planos de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS). Além disso, a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), estabelecida pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, também se apresenta como um recurso valioso para a conscientização. A PNEA descreve a Educação Ambiental como um processo que visa construir valores sociais voltados para a conservação do meio ambiente.

Portanto, com base nesses recursos, torna-se viável a elaboração de projetos e a implementação de ações voltadas para conscientizar a população. Medidas como a instalação de placas informativas, banners explicativos e lixeiras adequadas podem ser adotadas para incentivar e orientar as pessoas a realizarem o descarte correto dos resíduos.

## 6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, é fundamental ressaltar a importância de compreender como esses materiais plásticos chegam a esses locais, uma vez que foram encontrados fragmentos plásticos em todos os lagos. Notavelmente, o lago II foi identificado como o local com a maior quantidade de plásticos, possivelmente devido ao seu uso frequente pela população e à presença de estabelecimentos comerciais em suas proximidades.

Apesar das dificuldades na interpretação dos gráficos, foi possível identificar vários tipos de microplásticos nas amostras coletadas no lago. Dentre os materiais encontrados, destacam-se o ABS, nylon, látex, PMMA, PS e PVC. Entre esses, o nylon foi o plástico mais frequente, possivelmente devido à sua ampla utilização como matéria-prima na produção de roupas e tecidos em geral. A presença desses materiais nestes locais pode estar relacionada ao carreamento dos resíduos por meio do sistema de drenagem local e o descarte inadequado de resíduos sólidos. No entanto, são necessários estudos adicionais para obter informações mais precisas a respeito desta problemática.

Contudo, pode-se concluir que é de suma importância adotar medidas estruturais para conter esses resíduos e conscientizar a população sobre os riscos gerados por esses materiais, incentivando o descarte adequado dos resíduos.

## 7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 10.004:** (2004a). Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 71 p

ABIPLAST. **Associação Brasileira da Indústria do Plástico:** 1-40 p. 2015.

Aguiar, N. R. H. (2021). Microplastics: characteristics, pollution, and, technologies for their removal from water – a review. **Brazilian Journal of Development**, ISSN: 2525-8761, 78170. DOI:10.34117/bjdv7n8-168

AMARAL, Sônia Silva Gurgel do et al. **Caracterização de microplásticos nas praias de Jurujuba e Camboinhas**, Niterói, RJ. 2021.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2001). **Standard methods for examination of water and wastewater.** 20th edictal.

BELTRÁN, Freddys R. et al. Mechanical recycling of poly (lactic acid): Evaluation of a chain extender and a peroxide as additives for upgrading the recycled plastic. **Journal of Cleaner Production**, v. 219, p. 46-56, 2019.

BENINCA, André de Oliveira. **Quantificação de resíduos recicláveis na drenagem urbana do Lago Igapó I em Londrina-PR.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BESLEY, Aiken; VIJVER, Martina G.; BEHRENS, Paul; BOSKER, Thijs. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 114, n. 1, p. 77-83, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055>.

Bo Li, Bowen Li, Qunpo Jia, Bin Hong, Yulei Xie, Xiao Yuan, Jinping Peng, Yanpeng Cai, Zhifeng Yang, Source or sink role of an urban lake for microplastics from Guangdong-Hong Kong-Macao greater bay area, China, **Environmental Research**, Volume 224, 2023, 115492, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115492>.

BROWNE, Mark Anthony et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental science & technology**, v. 45, n. 21, p. 9175-

9179, 2011.

CASTAÑETA, Grover et al. Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. **Revista Boliviana de Química**, v. 37, n. 3, p. 142-157, 2020.

CAIXETA, Danila et al. **Microplásticos como indicadores de poluição ambiental e seus efeitos sobre os organismos**. **Enciclopédia biosfera**, v. 19, n. 40, 2022.

Camargo, O.A.; Moniz, A.C.; Jorge, J.A. & Valadares, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solo do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas, Instituto Agronômico, 1986. 94 p. (Boletim técnico, 106)

CARR, Steve A.; LIU, Jin; TESORO, Arnold G. Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. **Water research**, v. 91, p. 174-182, 2016.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB, 2011. 326 p.

Chengqian Wang, David O'Connor, Liuwei Wang, Wei-Min Wu, Jian Luo, Deyi Hou, Microplastics in urban runoff: **Global occurrence and fate**, **Water Research**, Volume 225, 2022.119129, ISSN 0043-1354, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119129>.

COLE, Matthew; GALLOWAY, Tamara S. Ingestion of nanoplastics and microplastics by Pacific oyster larvae. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 24, p. 14625-14632, 2015.

COSTANZI, R. N. **Tratamento de efluentes domésticos por sistemas integrados de lodos ativados e membranas de ultrafiltração visando o reúso de água**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

COX, Kieran D. et al. Human consumption of microplastics. **Environmental science & technology**, v. 53, n. 12, p. 7068-7074, 2019.

DA COSTA, Joao Pinto et al. (Nano) plastics in the environment—sources, fates and effects. **Science of the total environment**, v. 566, p. 15-26, 2016.

DALTOÉ, M.F. CASTRO, A. S. CORRÊA, L. B. LEANDRO, D. BARCELOS, A. A. : **Resíduos Sólidos na Rede de Microdrenagem Uma Análise Qualitativa na Cidade de Pelotas/RS Solid Waste at Micro Drainage Network A Qualitative Analysis in the City of Pelotas**, RS, 2016.

Duofei Hu, Yaxin Zhang, Maocai Shen, Investigation on microplastic pollution of Dongting Lake and its affiliated rivers, **Marine Pollution Bulletin**, Volume 160, 2020, 111555, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111555>.

(a) Fang-ting Wang, Ke Bao, Chang-sheng Huang, Rui-ping Liu, Wen-jing Han, Cheng-yun Yi, Long Li, Yun Zhou, Distribution, characteristics, and research status of microplastics in the trunk stream and main lakes of the Yangtze River: A review, **China Geology**, Volume 5, Issue 1, 2022, Pages 171-184, ISSN 2096-5192, [https://doi.org/10.1016/S2096-5192\(22\)00093-3](https://doi.org/10.1016/S2096-5192(22)00093-3).

FILIP, Z. Decomposition of polyurethane in a garbage landfill leakage water and by soil microorganisms. **European journal of applied microbiology and biotechnology**, v. 5, p. 225-231, 1978.

GALGANI, F.; HANKE, G.; WERNER, S.; DE VREES, L. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. **ICES Journal of Marine Science**, V. 70, N. 6, p. 1055-1064, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fst122>. doi: 10.1093/icesjms/fst122

GARCIA-SEGURA, S.; EIBAND, M. M. S. G.; DE MELO, J. V.; MARTÍNEZ-HUITLE, C. A. Electrocoagulation and advanced electrocoagulation processes: A general review about the fundamentals, emerging applications and its association with other technologies. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 801, n. 15, p 267-299, set. 2017.

GONZÁLEZ, D.; HANKE, G.; WEEHUYSEN, G.; BELLERT, B.; HOLZHAUER, M.; et al.; Riverine Litter Monitoring - **Options and Recommendations**, 2016. 52p.

GREVEN, C.; MERK, T. KAROGOZ, F.; KLAPPER, M.; JOVANOVIC, B.; PALIC, D. Polycarbonate and polystyrene nanoplastic particles act as stressors to the innate immune system of fathead minnow (*Pimephales promelas*). **Environment Toxicology Chemistry**, v. 35, n. 12, p. 3093-3100, 2016. Disponível em:<

<http://doi.org/10.1002/etc.3501>>. Doi: 10.1002/etc.3501

HUANG, D.; TAO, J.; CHENG, M.; DENG, R.; CHE, S.; et al.; Microplastics and nanoplastics in the environment: Macroscopic transport and effects on creatures. **Journal of Hazardous Materials**, v, 29, 2020. Disponível em: . doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124399

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel Saneamento Brasil**. 2019. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/>>. Acesso em: 10 out 2022.

JONES, F. A Ameaça dos Microplásticos. **Revista Fapesp**, v. 281, p 25-28, jul. 2019.

JUNG, Melissa R.; HORGEN, F. David; ORSKI, Sara V.; C., Viviana Rodriguez; BEERS, Kathryn L.; BALAZS, George H.; JONES, T. Todd; WORK, Thierry M.; BRIGNAC, Kayla C.; ROYER, Sarah-Jeanne. Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 127, p. 704-716, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.061>.

KHALID, N.; AGEEL, M.; NOMAN, A.; HASHEM, M.; MOSTAFA, Y. S. et al.; Linking effects of microplastics to ecological impacts in marine environments. **Chemosphere**, v. 264, n. 2, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128541>>. doi:101016/j.chemosphere.2020.128541

KIRSTEIN, Inga V. et al. Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. **Marine environmental research**, v. 120, p. 1-8, 2016.

KOELMANS, Albert A.; BESSELING, Ellen; SHIM, Won J. Nanoplastics in the aquatic environment. Critical review. **Marine anthropogenic litter**, p. 325-340, 2015.

LEBRETON, L.; SLAT, B.; FERRARI, F.; SAINTE-ROSE, B.; AITKEN, J.; et al., ; **Evidence that the Great pacific garbage Patch is rapidly accumulating plastic.**

LESLIE, Heather A. et al. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. **Environment international**, v. 163, p. 107199, 2022.

LESLIE, H. A. et al. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river

delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. **Environment international**, v. 101, p. 133-142, 2017.

LIMA, Pâmela Cristina Ferreira de. **Tratamento de efluente contendo microplásticos por eletrocoagulação em reatores eletroquímicos**. 2021.

Lu Li, Fangbai Li, Min Deng, Chenxi Wu, Xiaoli Zhao, Kang Song, Fengchang Wu, Microplastics distribution characteristics in typical inflow rivers of Taihu lake: Linking to nitrous oxide emission and microbial analysis, **Water Research**, Volume 225, 2022, 119117, ISSN 0043-1354, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119117>.

Lu Li, Shixiong Geng, Chenxi Wu, Kang Song, Fuhong Sun, C. Visvanathan, Fazhi Xie, Qilin Wang, Microplastics contamination in different trophic state lakes along the middle and lower reaches of Yangtze River Basin, **Environmental Pollution**, Volume 254, Part A, 2019, 112951, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.07.119>.

Mel Constant, Claire Alary, Lisa Weiss, Alix Constant, Gabriel Billon, Trapped microplastics within vertical redeposited sediment: Experimental study simulating lake and channeled river systems during resuspension events, **Environmental Pollution**, Volume 322, 2023, 121212, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121212>.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, 2017.

MONTAGNER, C. C., Dias, M. A., Paiva, E. M., & Vidal, C.. (2021). Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química Nova**, 44(10), 1328–1352. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>

MONTAGNER, Cassiana C. et al. Microplásticos: Ocorrência Ambiental e Desafios Analíticos. **Química Nova** , v. 44, pág. 1328-1352, 2021.

NEVES, M.G.F.P. **Quantificação de Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana**. 2006. 249 f. Tese (doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.



NEVES, M. G. F. P. e TUCCI, C. E. M. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Aspectos Conceituais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, jul/set 2008a, p. 125-135.

O'BRIEN, S.; OKOFFO, E. D.; O'BRIEN, J. W.; RIBEIRO, F.; WANG, X.; et al.; Airborne emissions of microplastic fibres from domestic laundry dryers. *Science of The Total Environment*, v. 747, 2020. Disponível em: . doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141175

OLIVATTO, Gláucia P. et al. Microplásticos: Contaminantes de preocupação global no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018.

OLIVATTO, Gláucia Peregrina. **Estudo sobre microplásticos em águas superficiais na porção oeste da baía de Guanabara**. 2017. 155f. Tese de Doutorado em química – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 21 de fevereiro de 2017.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018. DOI: 10.21577/1984-6835.20180125. Disponível em: [http://rvq.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=998](http://rvq.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=998).

OLIVEIRA, Camila Silva de. **Lago Igapó II, Londrina (PR): natureza, história e afeto no campo do patrimônio cultural**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PANIZ, Oscar Giordani et al. Obtenção de compósito com matriz de acetato de celulose e partículas de prata para aplicações antimicrobianas. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, 2018.

PEREIRA, Larissa Borba Salles et al. **Caracterização dos microplásticos na praia de Itaipu**. 2019

PEREIRA, Tainá da Conceição; ARAÏJO, Daniele Barcelos; BILA, Daniele Maia. MICROPLÁSTICOS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO – UMA REVISÃO. **Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 917, 6 ago. 2021. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.2.75496>.

PRATA, Joana Correia et al. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. **Science of the total environment**, v. 702, p. 134455, 2020.

RAHMAN, A.; SARKAR, A.; YADAY, O. P.; ACHARI, G.; SLOBODNIK, J. Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: **A scoping review**. *Science of The Total Environment*, v. 757, 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143872>>. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143872

RIBEIRO, Raquel da Graça Costa; SANCHES, Sarah de Almeida; MARTINS, Julia Brandão. **Bioacumulação por microplásticos e seu impacto na saúde pública**. 2022.

RICHARDSON, Susan D.; KIMURA, Susana Y. Water analysis: emerging contaminants and current issues. **Analytical chemistry**, v. 88, n. 1, p. 546-582, 2016.

RICHARDSON, Susan D.; KIMURA, Susana Y. Water analysis: emerging contaminants and current issues. **Analytical Chemistry**, v. 92, n. 1, p. 473-505, 2019.

ROSA, Jailton Joaquim da. **Tratamento de efluentes oleosos por floculação pneumática em linha e separação por flotação: Processo FF**. 2002.

Shilin Gao, Qixin Wu, Meixue Peng, Jie Zeng, Tingting Jiang, Yunjun Ruan, Li Xu, Ke Guo, Rapid urbanization affects microplastic communities in lake sediments: A case study of Lake Aha in southwest China, **Journal of Environmental Management**, Volume 338, 2023, 117824, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117824>.

SILVA, Paula Katherine Leonez da. **Remoção de óleo da água de produção por flotação em coluna utilizando tensoativos de origem vegetal**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, Thaianne Santos da. **Detecção de microplásticos em praias: uma proposta alternativa de monitoramento com imagens**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

TER HALLE, A.; JEANNEAU, L.; MARTIGNAC, M.; JARDÉ, E.; PEDRONO, B.; et al.; Nanoplastic in the North Atlantic Subtropical Gyre. **Environment Science e Technology**, v, 51, n. 23, p. 13689-13697, 2017. Disponível em: . doi: 10.1021/acs.est.7b03667

THUSHARI, G. G. N.; SENEVIRATHNA, J. D. M. Plastic pollution in the marine environment. **Heliyon**, v. 6, n. 8, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>>. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04709

Wang, W., Yuan, W., Chen, Y., Wang, J., and Wang, W., Microplastics in Surface Waters of Dongting Lake and Hong Lake, China. **Sci. Total Environ.** (2018) 633:539–545. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.211.

Xiong Xiong, Shenghao Xie, Kai Feng, Qidong Wang, Occurrence of microplastics in a pond-river-lake connection water system: How does the aquaculture process affect microplastics in natural water bodies, **Journal of Cleaner Production**, Volume 352, 2022, 131632, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131632>.

ZHANG, Shaoliang et al. A simple method for the extraction and identification of light density microplastics from soil. **Science of the Total Environment**, v. 616, p. 1056-1065, 2018.