

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**IRYSLENE ALVES PIMENTA**

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICOS NAS ÁGUAS DE  
AFLUENTES DO LAGO DA UHE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES, NO AMBIENTE  
URBANO DE PALMAS -TO**

**Palmas,TO  
2022**

**Iryslene Alves Pimenta**

**Avaliação da poluição por microplásticos nas águas de afluentes do lago da UHE Luís Eduardo Magalhães, no ambiente urbano de Palmas -TO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins – UFT, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental.

Orientador: Dr. Sérgio Carlos Bernado Queiroz.  
Co-orientador: Dr. Adão Lincon Bezerra Montel

**Palmas,TO  
2022**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- P644a Pimenta, Iryslene Alves.  
Avaliação da poluição por microplásticos nas águas de afluentes do lago da UHE Luis Eduardo Magalhães, no ambiente urbano de Palmas-TO.. / Iryslene Alves Pimenta. – Palmas, TO, 2022.  
71 f.  
Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) Profissional em Engenharia Ambiental, 2022.  
Orientador: Sérgio Carlos Bernado Queiroz  
Coorientador: Adão Lincon Bezeira Montel  
1. Microplásticos. 2. Poluição. 3. Água doce. 4. Lago da UHE Luis Eduardo Magalhães. I. Título

**CDD 628**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**Iryslene Alves Pimenta**

**Avaliação da poluição por microplásticos nas águas de afluentes do lago da UHE Luís Eduardo Magalhães, no ambiente urbano de Palmas – TO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental foi avaliada para a obtenção do título de Mestre (a) em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 28 /outubro /2022.

Banca Examinadora



Sérgio Carlos Bernardo Queiroz  
Professor do Magistério Superior  
UFT – Curso de Engenharia Ambiental  
Matricula: 2066858

---

Dr Sérgio Carlos Bernardo, UFT

---

Dr. Adão Lincon Bezerra Montel, UFT

---

Dr. Marcelo Mendes Pedroza, IFTO

---

Dra. Daniela Costa Faria Nepomuceno, BRK Ambiental

*Dedico esse trabalho a Deus, e aos meus amados pais, Nilva e Iris, por me apoiarem nos desafios.*

## AGRADECIMENTOS

- Agradeço a Deus, por seu amor incondicional;
- Aos meus pais, Nilva e Iris, por apoiarem em meus desafios;
- A minha irmã, Milena e ao meu cunhado Ricardo, família que me completa;
- Aos meus queridos sobrinhos, Gustavo e Mirella, nossos pequenos, que proporcionam grandes alegrias à nossa família;
- Ao professor Dr. Adão Montel, por sua preciosa orientação e compromisso com o trabalho. Agradeço também a este professor, que é um exemplo de comprometimento com o desenvolvimento científico brasileiro, e que mesmo diante dos muitos entraves enfrentados, procura formas de prosseguir com as pesquisas, nunca lançando mão de qualidade em sua exequibilidade. É gratificante poder trabalhar com você, obrigada!
- Ao professor Dr. Sergio Queiroz, por seu compromisso com o desenvolvimento do saneamento brasileiro. Seus anos de estudo a finco ajudam a melhorar a qualidade de vida de muitas pessoas. É gratificante ser orientada por um profissional como você, obrigada!
- Ao engenheiro Rogério do Vale, pela parceria e comprometimento com a pesquisa. Seu apoio foi fundamental para que esse trabalho se tornasse possível;
- Ao professor Dr. Giulliano Guimarães, por todo o apoio prestado. Sua humildade e facilidade em ensinar e desenvolver pessoas é brilhante!
- Agradeço ao IFTO pelo suporte durante a realização do trabalho e empréstimos das estruturas de seus laboratórios;
- Agradeço a UFT pelo suporte durante a realização do trabalho e empréstimos das estruturas de seus laboratórios;
- Agradeço a todos os professores do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental da UFT, por compartilharem seus conhecimentos;
- Agradeço a Liga de Engenharia de Águas, Sustentabilidade e Inovação da UFT (LEASI – UFT), em especial ao Anderson Carlos Torrão dos Santos, Diretor de Inovação da LEASI, pelo apoio e compromisso com a pesquisa brasileira;
- A todos que indireta ou diretamente apoiaram em meu desenvolvimento.

## RESUMO

Quando plásticos sofrem exposição a processos físicos ou químicos, tendem a se deteriorar em partículas menores, de 0,1mm a 5,0 mm, denominados de microplásticos (MP). Estudos apontam que os MP podem afetar as funções de organismos, causando impactos à saúde dos seres vivos. O objetivo do presente trabalho é a investigação e quantificação de MP em pontos de encontro do lago da UHE Luís Eduardo Magalhães com afluentes que cortam o município de Palmas, nos períodos seco e chuvoso. Para isso, foi utilizado o método proposto pelo guia do Programa de Detritos Marinhos da NOAA (Adm. Oceânica e Atmosférica Nacional dos EUA, 2015). Por meio das análises, foi constatado a presença de MP em 58,33% e 66,77% das amostras do período de estiagem e chuvoso, respectivamente. Esse fato reforça a necessidade de mais pesquisas envolvendo MP nos biomas aquáticos do estado do Tocantins, assim como a importância da conscientização da sociedade sobre os impactos causados por detritos plásticos.

**Palavras-chave: microplásticos; poluição; água doce.**

## **ABSTRACT**

Plastics exposed to chemical or physical processes tend to deteriorate into smaller particles, from 0,1mm to 5,0mm, best known as microplastics (MP). Studies indicate that MP can affect the functions of organisms, causing impacts on the health of living beings. The objective of the present work is to investigate and quatificate the MP in certain points that affluents rivers located in the city of Palmas, meets the lake of hydroelectrical powerplant Luis Eduardo Magalhaes, in dry and rainy seasons. The work is guided by a method proposed by the United States National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) called Marine Debris Program developed in 2015. Through the analyses, the presence of PM was found in 58.33% and 66.77% of the samples from the dry and rainy seasons, respectively. This reinforces the need for more research evolving studies about MP in the aquatic biomes across the Brazilian state of Tocantins, as well as the importance of the society awareness of the impacts caused by plastic debris.

**Key words: microplastics; pollution; fresh water.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de uma reação de polimerização.....	13
Figura 2 – Resíduos plásticos às margens de corpo hídrico .....	15
Figura 3 – Número de publicações na última década sobre o tema microplásticos .....	16
Figura 4 – Origem dos microplásticos e sua relação na cadeia alimentar em diferentes níveis tróficos.....	18
Figura 5 – Precipitação mensal acumulada Palmas - 2022 .....	20
Figura 6 – Índice de precipitação padronizada - setembro 2021 .....	20
Figura 7- Índice de precipitação padronizada - outubro 2021.....	21
Figura 8 – Pontos de coleta, em Palmas – TO.....	22
Figura 9 – Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais da UFT .....	22
Figura 10 – Laboratório de Águas do IFTO .....	23
Figura 11 – Coleta das amostras e peneiramento in site .....	24
Figura 12 – Métodos de microplásticos em amostras de água .....	24
Figura 13 – Material crivado pela peneira malha 4,75 mm.....	25
Figura 14 – Material retido peneira malha 300 µm.....	25
Figura 15 – Ponto A: Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande .....	27
Figura 16 – Resíduos plásticos às margens do Rio Taquaruçu .....	27
Figura 17 – Resíduos plásticos encrustados em barrancos do Rio Taquaruçu .....	28
Figura 18 – Resíduos plásticos às margens do Córrego Machado .....	28
Figura 19 – Ponto B: Córrego Brejo Comprido .....	29
Figura 20 – Ponto C: Córrego Prata .....	30
Figura 21 – Ponto D: Praia da Graciosa .....	31
Figura 22 – Amostra no béquer para secagem na estufa .....	32
Figura 23 – Amostras com as soluções para posterior etapa de separação por densidade .....	33
Figura 24 – Amostras dispostas em funis e suportes durante etapa de separação por gravidade .....	33
Figura 25 – Amostra Praia do Prata 3, período de estiagem, com os microplásticos dispostas em recipiente para posterior análise microscópica.....	35
Figura 26 – Identificação microscópica dos microplásticos presentes nas amostras .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- As diferentes Resinas plásticas e suas aplicações .....	12
Tabela 2 – Características nominais dos plásticos .....	14
Tabela 3- Classificação dos microplásticos.....	14
Tabela 4 – Níveis de adsorção de diferentes poluentes orgânicos em microplásticos .....	19
Tabela 5 – Coordenadas ponto de coleta – Ponto A: Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande .....	26
Tabela 6 – Coordenadas ponto de coleta – Ponto B: Córrego Brejo Comprido.....	29
Tabela 7 – Coordenadas ponto de coleta – Ponto C: Córrego Prata.....	30
Tabela 8 – Coordenadas ponto de coleta – Ponto D: Praia da Graciosa .....	31

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Aferição de sólidos totais .....	31
Equação 2 - Aferição gravimétrica.....	36

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1. Objetivo Geral</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>11</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1. Plásticos e seus resíduos</b> .....	<b>12</b>
<b>3.2. Microplásticos em corpos de água doce</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3. Impactos dos plásticos e seus resíduos no meio ambiente</b> .....	<b>17</b>
<b>3.4. Índices pluviométricos da região</b> .....	<b>20</b>
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1 Laboratórios</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2 Métodos de coleta e peneiramento das amostras</b> .....	<b>23</b>
<b>4.2.1 Ponto A: Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande</b> .....	<b>26</b>
<b>4.2.2 Ponto B: Córrego Brejo Comprido</b> .....	<b>29</b>
<b>4.2.3 Ponto C: Córrego Prata</b> .....	<b>29</b>
<b>4.2.4 Ponto D: Praia da Graciosa</b> .....	<b>30</b>
<b>4.3 Transferência dos sólidos retidos e determinação dos sólidos totais</b> .....	<b>31</b>
<b>4.4 Separação por densidade</b> .....	<b>32</b>
<b>4.5 Remoção de matéria orgânica (Wet peroxide Oxidation - WPO)</b> .....	<b>34</b>
<b>4.6 Separação por densidade</b> .....	<b>34</b>
<b>4.7 Identificação – Análise em microscópio</b> .....	<b>34</b>
<b>4.8 Análise Gravimétrica</b> .....	<b>36</b>
<b>4.9 Turbidez, pH e espectroscopia de infravermelho</b> .....	<b>36</b>
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>36</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>37</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o descarte de resíduos plásticos no meio ambiente vem crescendo de forma significativa, sendo comprovado por instituições como Plastics Europe (2017). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019), em um ano, no mundo, o consumo de sacos plásticos está entre 500 bilhões e 1 trilhão de unidades, sendo um dado preocupante, visto que o plástico tende a levar mais de 400 anos para se decompor na natureza.

Plásticos são polímeros que derivam do petróleo, sendo compostos orgânicos (sintéticos e semissintéticos) utilizados em uma ampla e crescente aplicação (PLASTICEUROPE, 2018). “Seu baixo custo e peso leve, os tornam excelentes materiais de embalagem. Materiais convencionais, como vidro, metal e papel, estão sendo substituídos por embalagens de plástico de baixo custo, formatos mais chamativos e belos” (ANDRADY, 2011). Entretanto, a preocupação com o tempo de permanência de plásticos no meio ambiente e os riscos causados à saúde humana e à fauna, são pontos de atenção.

De acordo com Souza (2020), quando o componente plástico é exposto a intempéries ambientais diversos e interação com a biota local, se fragmenta e origina detritos, os chamados microplásticos, que podem ser primários ou secundários. “Porém, existe ainda a fragmentação em tamanhos inferiores a 1 nanômetro, originando os nanoplásticos, que são considerados potencialmente perigosos” (SOUZA, 2020).

Os resíduos plásticos são cotados como os mais persistentes no meio ambiente, além de serem capazes de reter diferentes tipos de contaminantes orgânicos, pela sua propriedade hidrofóbica (RIOS et al., 2007). “Estudos apontam que diversos tipos de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) têm sido identificados em materiais plásticos por todo o globo” (WANG et al., 2015). A ingestão desses microplásticos contaminados podem acarretar diversos resultados tóxicos em toda a cadeia trófica (RIOS et al., 2007).

Segundo Oliveira (2020), “os microplásticos são de 5 mm ou menos, chegando até alguns micrômetros. O principal foco das pesquisas sobre microplásticos é o ambiente marinho, tornando os microplásticos no ambiente de água doce um vasto campo para novos estudos”. Conforme afirma Souza (2020), era deduzido que corpos hídricos de água doce funcionavam apenas como encaminhamento e fonte de resíduos plásticos para o meio marinho, atuando como via de transporte. Entretanto, diversos estudos, informaram que esse sistema pode reter frações de nano e microplásticos.

Nos últimos anos, as pesquisas sobre microplásticos aumentaram consideravelmente em

todo o mundo, porém o monitoramento, principalmente em ambientes de água doce, ainda é escasso. De acordo com Castro et al.. (2018), o sudeste e nordeste brasileiro foram as regiões com maior volume de estudos, mesmo assim, foi verificado apenas um sobre microplásticos em água doce (“Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource”). Esse dado enfatiza a necessidade da existência de novas pesquisas, em mais locais e corpos hídricos.

As áreas de estudo da presente pesquisa, abrangendo o Lago da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães e seus afluentes que cortam a região urbana de Palmas – TO, apresentam resíduos plásticos decorrentes da contaminação antrópica. O município de Palmas, se localiza na mesorregião oriental do estado do Tocantins (IBGE, 1991). “A zona urbana do município está estabelecida à margem do lago formado pela Usina Hidroelétrica Luís Eduardo Magalhães – UHE Lajeado, e os principais cursos d’água que cortam a área urbana são Córrego Água Fria, Córrego Sussuapara, Córrego Brejo Comprido, Córrego do Prata, Taquaruçu Grande e Taquari” (PREFEITURA DE PALMAS, 2014). Até o presente momento, não existem estudos que verifiquem a presença de microplásticos nos corpos hídricos citados.

Dentro deste contexto, a principal motivação para a realização do presente trabalho foi a investigação da presença de microplásticos nos cursos hídricos que permeiam a região urbana da cidade de Palmas-TO. Sendo essa informação fundamental para que demais análises sejam conduzidas rumo a mitigação dos possíveis efeitos que microplásticos podem causar à fauna e flora do local, como também à saúde humana.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Verificar a presença e analisar a distribuição de microplásticos em 4 córregos afluentes do Lago da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães, na região urbana de Palmas -TO, nas épocas chuvosas e de estiagem.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Verificar a presença de microplásticos nos corpos hídricos analisados;
- Determinar as concentrações quantitativas de microplásticos nas amostras;
- Classificar visualmente os microplásticos encontrados;
- Realizar análises de espectros de Infravermelho com os microplásticos encontrados;

- Comparar a distinção de microplásticos. quantitativamente, entre os períodos chuvosos e de estiagem;
- Apresentar metodologia de baixo custo para verificação de microplásticos em corpos hídricos.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Plásticos e seus resíduos

Segundo Thompson et al.. (2009), nos últimos anos, os plásticos revolucionaram a vida dos seres humanos, afirmando “as possíveis aplicações dos plásticos são praticamente inexauríveis”. Andrady e Neal (2009) citam que os plásticos estão presentes em quase todos os lugares de uma sociedade, desde artigos esportivos, carros, vestimentas, construção civil, aeronaves, medicina, entre outros. Abordam ainda que a versatilidade aliada com a diversidade de polímeros vem facilitando a produção de vários avanços tecnológicos, melhor aproveitamento energético e outros benefícios para a sociedade.

De modo natural, o meio ambiente liga pequenas moléculas, móveis e facilmente transportáveis em cadeias, as quais resultam em polímeros. No que tange à sua origem, os polímeros se caracterizam como naturais orgânicos, os quais são produzidos pela natureza (borracha); naturais inorgânicos (grafite, diamante), sintéticos (produzidos pelo homem), sintéticos inorgânicos (ácido polifosfórico) e biopolímeros sintéticos (aplicação biomédica). As naturezas química e física dos polímeros proporcionam a verificação do modo causador da poluição e possíveis impactos ambientais gerados. Alguns desses materiais têm o poder de absorver mais contaminantes do que outros, sofrendo influência de fatores como pH, como é o caso do polietileno (SOUZA, 2020). Abaixo, a Tabela 1 traz os tipos de resinas plásticas e suas aplicações.

Tabela 1- As diferentes Resinas plásticas e suas aplicações

Tipo	Aplicações
PET – polietileno tereftalato	Frascos e garrafas para uso alimentício/hospitalar, cosméticos, bandejas para microondas, filmes para áudio e vídeo, fibras têxteis etc.

PEAD – polietileno de alta densidade	Embalagens para detergentes e óleos automotivos, sacolas de supermercados, garrafeiras, tampas, tambores para tintas, potes, utilidades domésticas etc.
PVC – policloreto de vinila	Embalagens para água mineral, óleos comestíveis, maioneses e sucos; perfis para janelas, tubulações de água e esgotos, mangueiras, embalagens para remédios, brinquedos, bolsas de sangue, material hospitalar etc.
PEBD – polietileno (PE) de baixa densidade PELBD – polietileno (PE) linear de baixa densidade	Sacolas para supermercados e butiques, filmes para embalar leite e outros alimentos, sacaria industrial, filmes para fraldas descartáveis, bolsa para soro medicinal, sacos de lixo etc.
PP – polipropileno	Filmes para embalagens e alimentos, embalagens industriais, cordas, tubos para água quente, fios e cabos, frascos, caixas de bebidas, autopeças, fibras para tapetes, utilidades domésticas, potes, fraldas e seringas descartáveis etc.
PS – poliestireno	Potes para iogurtes, sorvetes e doces, frascos, bandejas de supermercados, geladeiras (parte interna da porta), pratos, tampas, aparelhos de barbear descartáveis, brinquedos etc.
Outros: PU – poliuretanos EVA – poliacetato de etileno vinil	Solados, autopeças, chinelos, pneus, acessórios esportivos e náuticos, plásticos especiais e de engenharia, CDs, eletrodomésticos, corpos de computadores etc.

Fonte: ECCIB modificado (2002).

De acordo com Vargas et al. (2022), os dois tipos de polímeros mais utilizados em nosso cotidiano são o polietileno (PE) e polipropileno (PP). Os componentes supracitados são aplicados em diversas áreas da indústria, sendo que para a obtenção do material é preciso uma reação de polimerização, ilustrado pela Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de uma reação de polimerização



Fonte: Vargas et al. (2022).

Anthony e Andrady (2017) citam que os plásticos possuem características como: densidade, cristalinidade e resistência a intempéries – UV. A Tabela 2 reúne alguns dados que explicitam essas propriedades, de acordo com o tipo de material.

Tabela 2 – Características nominais dos plásticos

<b>Características</b>	<b>PEBD – polietileno de baixa densidade</b>	<b>PEAD – polietileno de alta densidade</b>	<b>PP – polipropileno</b>	<b>PS – poliestireno</b>
Densidade	0,910 a 0,925	0,959 a 0,965	0,90	1.04
Cristalinidade	30-50	80-90	30-50	00
Resistência UV	Baixo	Baixo	Baixo	Moderada

Fonte: Anthony e Andrady (2017).

Derivados dos polímeros, os microplásticos são gerados a partir da degradação de partículas menores de plásticos, normalmente devido a intempéries ou desgastes mecânicos. De acordo com Lusher et al. (2017), A European Food Safety Authority (EFSA) denomina microplástico como partículas formadas por materiais com formas heterogêneas, podendo ser classificados por suas formas, na faixa entre 0,1 a 0,5 mm.

Segundo Olivatto (2018), os microplásticos resultam da degradação da deterioração de polímeros e são determinados segundo a sua densidade, forma, tamanho e composição química. Eles são classificados em microplásticos primários e secundários. Os primários já foram criados em tamanho habitual de microplástico (para compor determinados produtos, como os cosméticos, por exemplo) e os secundários são resultado da fragmentação de resíduos maiores no meio ambiente, sendo que podem ocorrer tanto no ambiente aquático quanto terrestre. Na Tabela 3 há a classificação dos microplásticos.

Tabela 3- Classificação dos microplásticos

<b>Primários</b>	<b>Secundários</b>
<i>Pellets</i> : esferas usadas como matéria-prima para a produção de plásticos maiores.	Fibras oriundas de roupas sintéticas, carpetes e tapetes liberadas pelo atrito de pneus com o asfalto.
Microesferas: adicionadas em cosméticos. Pastas dentais esfoliantes e outros produtos de higiene.	Fragmentos de sacolas de supermercado, garrafas Pet e redes de pesca.

	Resíduos plásticos expostos às intempéries ambientes (raios UV, temperatura, umidade, ação das ondas)
	Restos de materiais empregados no cultivo agrícola, como estufas, telas de sombreamento e filmes para cobertura do solo.

Fonte: Jones modificado (2019).

De acordo com Vendel (2019), quando o resíduo plástico chega ao ambiente aquático (mares, lagos, rios, represas etc.), passa por um processo de quebra mecânica devido a ação solar e demais intempéries, a Figura 2 demonstra essa condição. Embora seja difícil quantificar, estima-se que cerca de 80% dos lixos marinhos sejam compostos de plásticos.

Figura 2 – Resíduos plásticos às margens de corpo hídrico

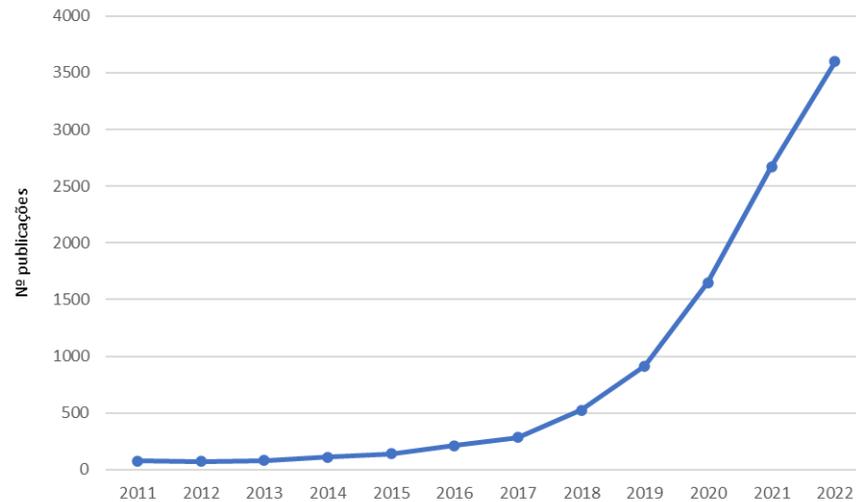


Fonte: Oliveira (2020).

### 3.2. Microplásticos em corpos de água doce

Segundo J. Kramm and C. Volker (2018), foi nos anos 2000 que as partículas de plásticos receberam o nome de “microplástico” pela sociedade científica. O primeiro microplástico identificado no oceano data de 1970, sendo que os estudos acerca do tema começaram a se intensificar a partir de 2019, como mostra a curva da Figura 3 (prospecção realizada utilizando base “sciencedirect” e palavra-chave “microplastic”, para obtenção do quantitativo de publicações 2022, foi considerado a data limite de 11/09/2022).

Figura 3 – Número de publicações na última década sobre o tema microplásticos



Fonte: J. Kramm e C. Volker (2018).

No que se refere à água doce, os estudos sobre a presença e quantificação de microplásticos ainda são escassos. Lambert e Wagner (2017), reforçam que as análises sobre o tema são mais realizadas em ambiente marinho, sendo que apenas 4% dos trabalhos são realizados em águas doces. “Essa porcentagem é retomada a partir de uma busca realizada no ISI Web of Science da Thompson Reuters sob o tema de 27 “microplastics”, que resultou um total de 1228 artigos, porém, dessa quantidade apenas 45 publicações continham o tema água doce” (SOUZA, 2020).

Grande parte das vezes os corpos hídricos de água doce são os primeiros a receberem os resíduos plásticos, para depois desagüarem em mares. De acordo com Besseling et al. (2007), “o tamanho da partícula microplástica condiciona o destino de retenção e acumulação ao longo de rios. Partículas submicrométricas são retidas em sistemas de rios, o que explica a falta de plásticos milimétricos na distribuição do ambiente marinho. A hidrodinâmica dos rios afeta a distribuição dos microplásticos com profundas implicações para os ecossistemas”. Ainda segundo o mesmo autor, os corpos hídricos de água doce possuem transporte de partículas em sentido vertical e horizontal.

Os sistemas hídricos possuem regimes hidrológicos característicos de suas áreas de localizações. De acordo com a quantidade de água de rios aumenta, os contaminantes vão se diluindo, os resíduos carreados para outros locais, causando muitos problemas, entre elas as enchentes (FILHO e WALKER, 2001).

De acordo com Windsor et al. (2019), "as bacias hidrográficas são unidades importantes de fonte, fluxo e destino de poluição plástica. O transporte de plásticos e microplásticos seguem caminhos hidrológicos determinados pela topografia, padrões de drenagem e uso da terra." Entretanto, o movimento dos sistemas terrestres atua como sumidouro de microplásticos nas metrópoles.

### **3.3. Impactos dos plásticos e seus resíduos no meio ambiente**

O aumento da produção de plásticos, combinado com as atuais práticas de descarte de resíduos, acarreta na concentração dessas partículas em todo o meio ambiente. Os impactos dos microplásticos não se limitam ao ambiente onde os resíduos se acumulam, podendo afetar desde a saúde dos seres vivos presentes até à economia local, como um efeito da perda de renda de pescadores que antes tinham a pesca como único meio de subsistência. Pesquisas recentes encontraram micro e nanoplásticos em peixes e mariscos, sendo que estes animais fazem parte da cadeia alimentar de vários outros animais. Os riscos associados à saúde humana ainda são desconhecidos em sua totalidade, mas há indícios de que as referidas partículas podem carregar microrganismos patogênicos (J. KRAMM e C. VOLKER, 2018).

"Entender os possíveis efeitos dessas interações entre microplástico/contaminantes em sistemas aquáticos se torna essencial e bastante desafiador. Estudos recentes mostram que essas interações dependem de diferentes fatores como pH, temperatura e força iônica do meio, além das propriedades físico-químicas dos envolvidos na interação microplásticos-poluentes" (VARGAS et al., 2022).

Além disso, levando-se em consideração os impactos químicos causados pelos microplásticos, estudos apontam que sua ingestão tem potencial tóxico em organismos vivos, isso porque os aditivos usados no processo de produção apresentam efeito nocivo à saúde de humanos e animais. Outro ponto importante diz respeito aos microplásticos também poderem absorver a toxicidade do ambiente em que estão inseridos e quando ingeridos essas substâncias são dissolvidas nos corpos de pessoas e animais. Devido ao fator de bioacumulação, esses componentes tóxicos são acumulados nos seres vivos que estão em um nível trófico superior da cadeia alimentar, apresentando grande risco à vida selvagem e à vida humana, como ilustra a Figura 4 (LI; LIU; CHEN, 2017).

Figura 4 – Origem dos microplásticos e sua relação na cadeia alimentar em diferentes níveis tróficos



Fonte: Vargas et al. (2022).

Segundo Quia et al. (2019), a hidrofobicidade e a extensa área superficial dos microplásticos possibilitam a retenção de diversos poluentes orgânicos como: os hidrocarbonetos aromáticos, fármacos, metais, pesticidas e outros. A Tabela 4 apresenta os níveis de adsorção de componentes em partículas de microplásticos, a depender de sua composição.

Tabela 4 – Níveis de adsorção de diferentes poluentes orgânicos em microplásticos

MP	Capacidade adsortiva ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Poluente orgânico	Ref.
PS	10,80	triadimenol	68
PS	18,94	miclobutanil	68
PS	41,56	hexaconazol	68
PS	8,000	17 $\beta$ -estradiol	69
PS	1884	propanolol	70
PS	1882	sulfametoxazol	70
PS	1520	oxitetraciclina	71
PE	19,50	17 $\beta$ -estradiol	69
PE	64,38	propanolol	72
PE	46,09	sulfametoxazol	72
PE	5852	ciprofloxacina	64
PE	91,23	piraclostrobina	73
PE	109,0	tetraciclina	74
PE	1670	tilosina	75
PP	18,00	17 $\beta$ -estradiol	69
PP	113,0	tetraciclina	74
PP	3330	tilosina	75
PP	402,0	3,6 dibromocarbazol	76
PP	415,0	1,3,6,8-tetrabromocarbazole	76
PVC	6,000	17 $\beta$ -estradiol	69
PVC	202,0	bisfenol A	62
PVC	3330	tilosina	75
PVC	303,0	fenantreno	77
PVC	350,0	bifenilpoliclorado	78
PVC	150,0	bisfenol S	62
PVC	220,0	bisfenol B	62

Fonte: Vargas et al. (2022).

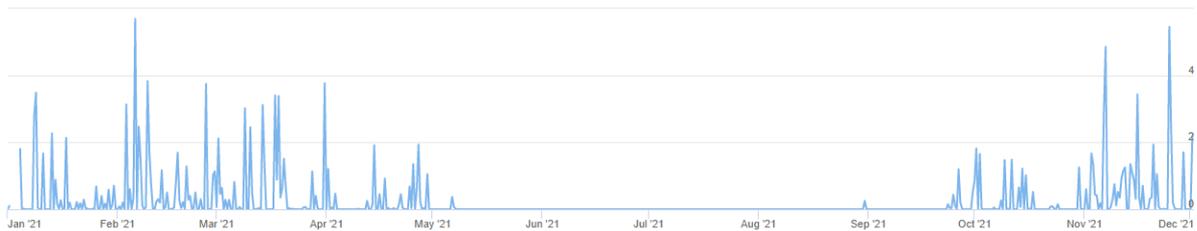
Em sua pesquisa recente, Jenner e Sadofsky (2022), apontaram que microplásticos foram encontrados em pulmões humanos. Dentre os polímeros encontrados estão embalagens, garrafas e roupas sintéticas. Como já abordado anteriormente, a caracterização desses microplásticos verificados pode informar as verdadeiras condições para que experimentos possam avançar rumo à determinação dos impactos desses resíduos em âmbito global. Sendo assim, é preciso que futuros estudos apurem os riscos para a fauna e flora local como também para a saúde humana.

### 3.4. Índices pluviométricos da região

De acordo com o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) (2018), Palmas possui um clima caracterizado por altas temperaturas, chegando a superar máximas de 40°C nos meses mais quentes do ano e mínimas superiores a 20°C.

Quanto ao regime pluviométrico, o município supracitado possui dois períodos bem definidos: o chuvoso, entre os meses de outubro a abril, e o período seco, entre os meses de maio a setembro (SILVA E SOUZA, 2022). As precipitações médias mensais superiores vão de 150 mm a valores maiores que 250 mm no período chuvoso e inferiores a 10 mm no período de estiagem, conforme Figura 5. O índice de precipitação média por ano é de 1831,6mm (INMET, 2018).

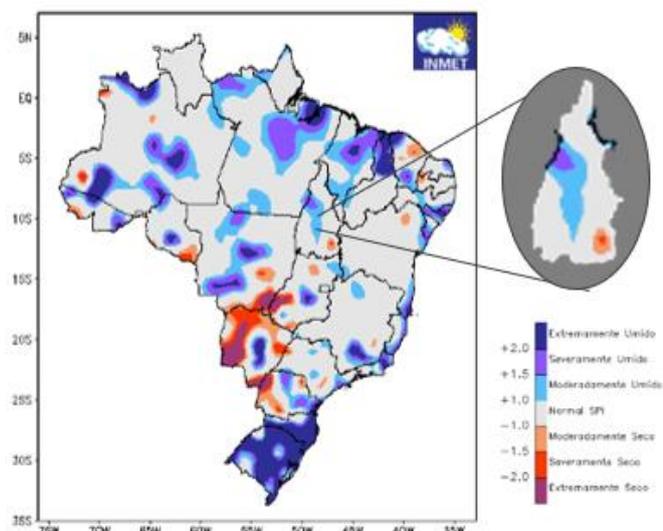
Figura 5 – Precipitação mensal acumulada Palmas - 2022



Fonte: INMET (2023).

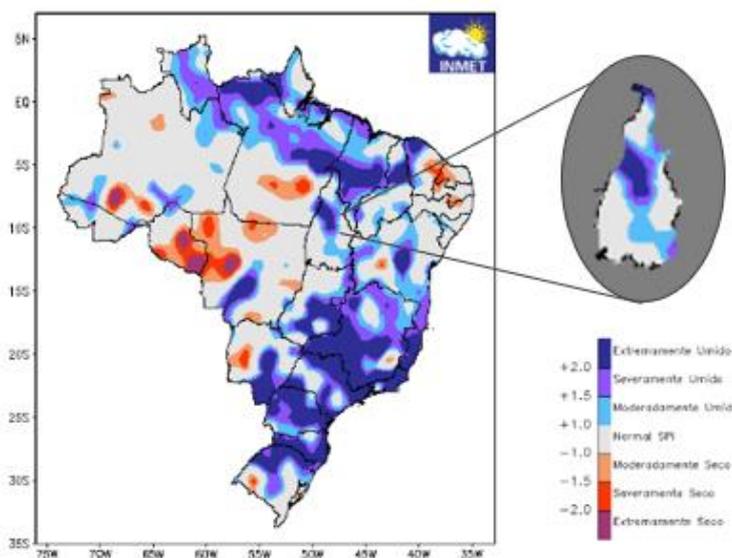
As figuras 6 e 7 ilustram as precipitações mensais padronizadas dos meses de setembro (estiagem) e outubro (chuvoso) do estado do Tocantins, respectivamente.

Figura 6 – Índice de precipitação padronizada - setembro 2021



Fonte: INMET, modificado (2023).

Figura 7- Índice de precipitação padronizada - outubro 2021



Fonte: INMET, modificado (2023).

O regime de chuva em cada localidade pode influenciar os valores de alguns parâmetros físicos e químicos dos cursos hídricos. (SILVA et al., 2008). Dessa forma, a sazonalidade presente na região de estudo pode interferir nos níveis de pH, turbidez e até mesmo quantidade de plástico presentes nas amostras.

#### 4. METODOLOGIA

A caracterização dos microplásticos foi realizada em pontos de encontro entre o Lago da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Lago da UHE LEM) e rios e córregos que cortam o município de Palmas-TO. Os corpos hídricos e locais escolhidos para análise foram: Córrego Machado, Rio Taquaruçu Grande, Córrego Prata, Córrego Brejo Comprido e Praia da Graciosa, por percorrem Palmas e desaguarem no Lago da UHE LEM, conforme Figura 8.

Figura 8 – Pontos de coleta, em Palmas – TO



Fonte: Google Earth modificado (2021).

#### 4.1 Laboratórios

Os ensaios laboratoriais foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais da Universidade Federal do Tocantins – UFT (Figura 9) e no Laboratório de Águas do Instituto Federal do Tocantins – IFTO (Figura 10).

Figura 9 – Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais da UFT



Fonte: Autora (2021).

Figura 10 – Laboratório de Águas do IFTO



Fonte: Autora (2021).

#### 4.2 Métodos de coleta e peneiramento das amostras

Foram realizadas coletas de amostras de água em 4 pontos específicos de desague de rios e córregos com o Lago da UHE LEM. As coletas ocorreram nos períodos chuvosos e de estiagem, sendo 3 coletas para cada período, totalizando 24 amostras. A coleta das amostras no período de estiagem se deu no mês de setembro de 2021 e no período chuvoso se deu no mês de outubro de 2021.

Para cada amostra, foram coletados 60 litros de água, utilizando um recipiente de inox, em pontos homogêneos às margens dos corpos hídricos. O material plástico presente foi isolado no momento da captação, conforme Figura 11, por meio de peneiras de inox de malhas 4,75mm (n° 4) e 300  $\mu$ m (n° 50), empregando o método proposto pelo guia Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments - Programa de detritos marinhos da NOAA (MASURA, BAKER, FOSTER E ARTHUR, 2015).

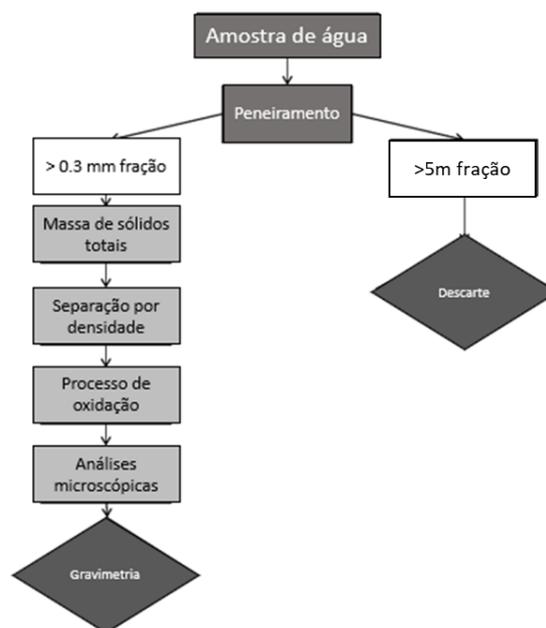
Figura 11 – Coleta das amostras e peneiramento in site



Fonte: Autora (2021).

O material retido na peneira de malha 4,75 mm foi descartado, já o retido na peneira 300  $\mu\text{m}$  foi reservado para posterior tratamento das amostras, como ilustrado pela Figura 12.

Figura 12 – Métodos de microplásticos em amostras de água



Fonte: Masura, Baker, Foster e Arthur, modificado (2015).

Nas Figuras 13 e 14 estão os materiais plásticos crivados pela peneira n° 4, o qual foi descartado, e o material retido na peneira n° 50, que foi utilizado para as análises.

Figura 13 – Material crivado pela peneira malha 4,75 mm



Fonte: Autora (2021).

Figura 14 – Material retido peneira malha 300  $\mu\text{m}$



Fonte: Autora (2021).

Foi utilizado água destilada em frasco dosador, espátula e pincel com cerdas de aço para retirada do material retido na peneira nº 50. Primeiramente, com o uso da espátula o referido material foi coletado e disposto em um frasco em material de vidro transparente (recipiente utilizado para acondicionamento das amostras). Após, com uso do pincel e água destilada, o restante do material foi retirado e disposto no recipiente. Os frascos de vidro utilizados para acondicionamento das amostras foram mantidos refrigerados durante o período de logística para os laboratórios. Para identificação, os recipientes devem conter:

- Data de coleta;
- Ponto coletado;
- Número da amostra.

#### **4.2.1 Ponto A: Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande**

O ponto para coleta foi definido por ser mais a jusante do corpo hídrico, sendo um local de desague no Lago da UHE LEM. Além disso, é próximo ao ponto de despejo de esgoto tratado de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE): ETE Aurenny. As coordenadas estão presentes na Tabela 5.

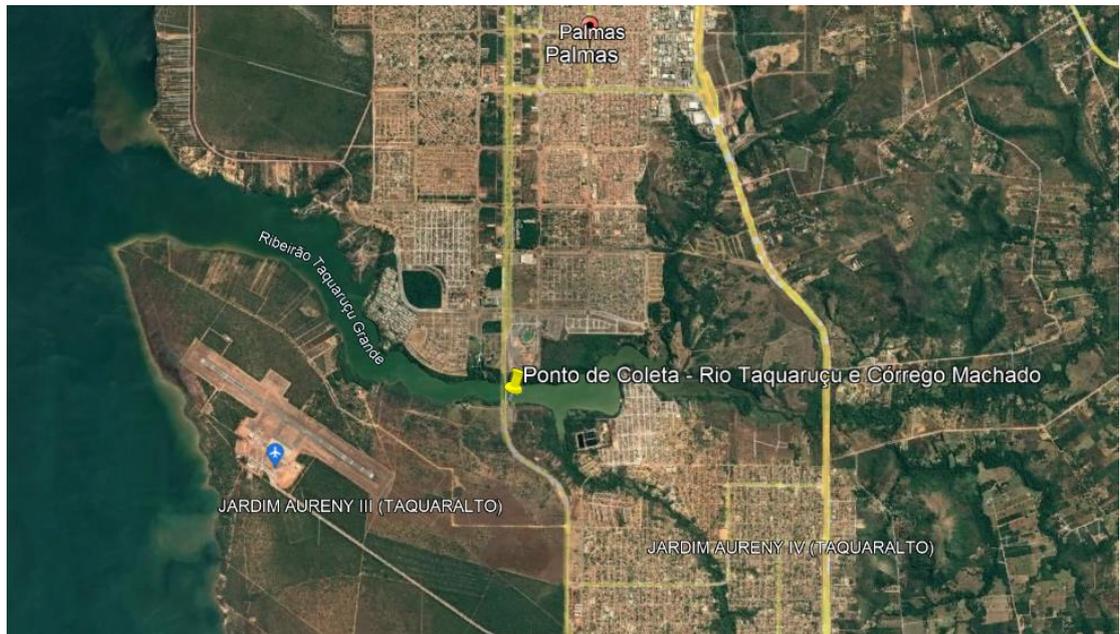
Tabela 5 – Coordenadas ponto de coleta – Ponto A: Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande

<b>Coordenadas</b>	
Latitude	<b>10°17'21.84"S</b>
Longitude	<b>48°19'57.01"O</b>

Fonte: Autora (2021).

Na Figura 15 está o ponto em que as amostras foram coletadas.

Figura 15 – Ponto A: Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande



Fonte: Google Earth modificado (2021).

O ponto acima apresenta potencial de conter microplásticos, visto que em suas margens foi possível a verificação de plásticos, como é demonstrado pelas Figuras 16, 17 e 18.

Figura 16 – Resíduos plásticos às margens do Rio Taquaruçu



Fonte: Autora (2021).

Figura 17 – Resíduos plásticos encrustados em barrancos do Rio Taquaruçu



Fonte: Autora (2021).

Figura 18 – Resíduos plásticos às margens do Córrego Machado



Fonte: Autora (2021).

#### 4.2.2 Ponto B: Córrego Brejo Comprido

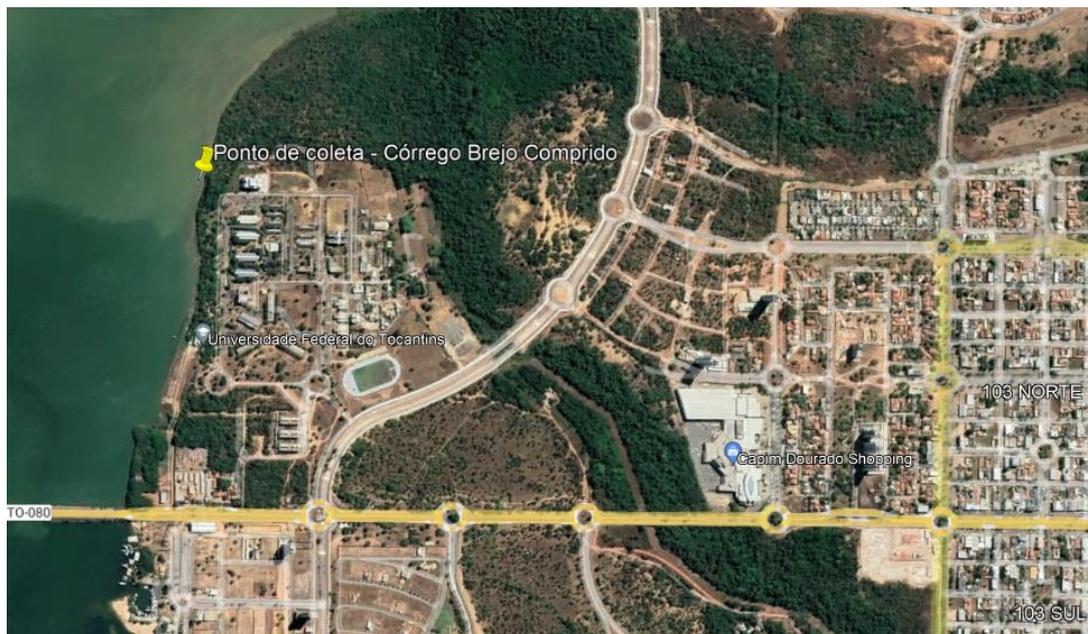
O local de coleta se encontra no ponto de desague do córrego com o Lago da UHE LEM, próximo ao Píer da Universidade Federal do Tocantins frequentado por muitos estudantes, que utilizam o local para confraternizações. O ponto de coleta está indicado pela Figura 19, já as coordenadas estão a seguir (Tabela 6).

Tabela 6 – Coordenadas ponto de coleta – Ponto B: Córrego Brejo Comprido

Coordenadas	
Latitude	10°10'32.33"S
Longitude	48°21'46.99"O

Fonte: Autora (2021).

Figura 19 – Ponto B: Córrego Brejo Comprido



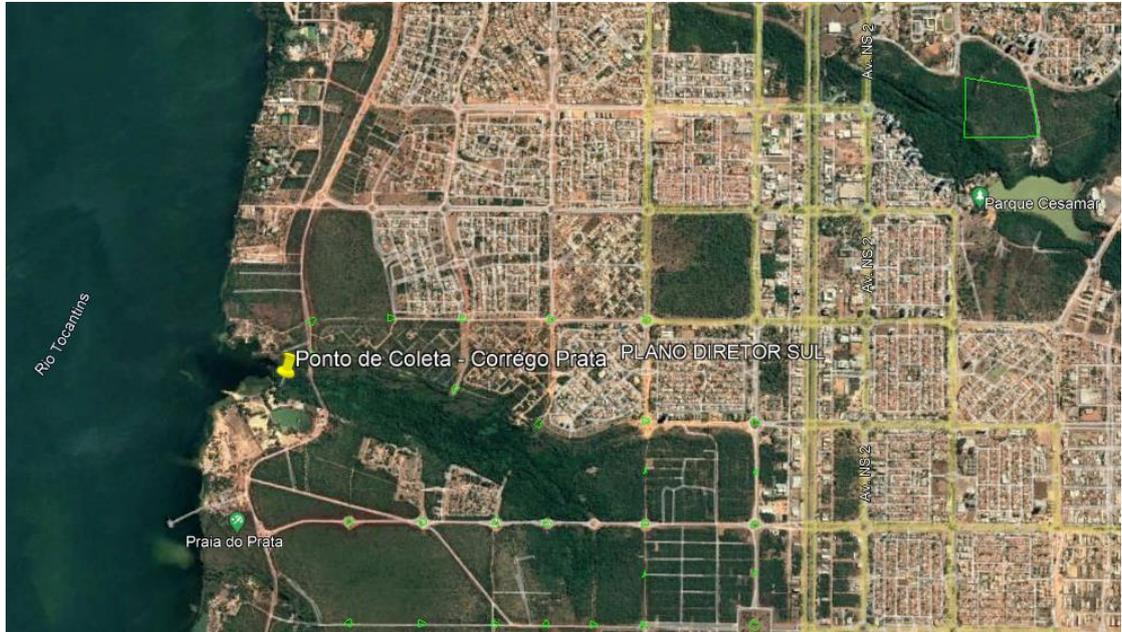
Fonte: Google Earth modificado (2021).

#### 4.2.3 Ponto C: Córrego Prata

O ponto de coleta, denominado como Praia do Prata é um local muito utilizado pela população para lazer, o que pode acarretar maior ocorrência de plásticos. O ponto de coleta

previsto está descrito na Figura 20, assim como as respectivas coordenadas na Tabela 7.

Figura 20 – Ponto C: Córrego Prata



Fonte: Google Earth modificado (2021).

Tabela 7 – Coordenadas ponto de coleta – Ponto C: Córrego Prata

Coordenadas	
Latitude	<b>10°13'19.70"S</b>
Longitude	<b>48°21'58.75"O</b>

Fonte: Autora (2021).

#### 4.2.4 Ponto D: Praia da Graciosa

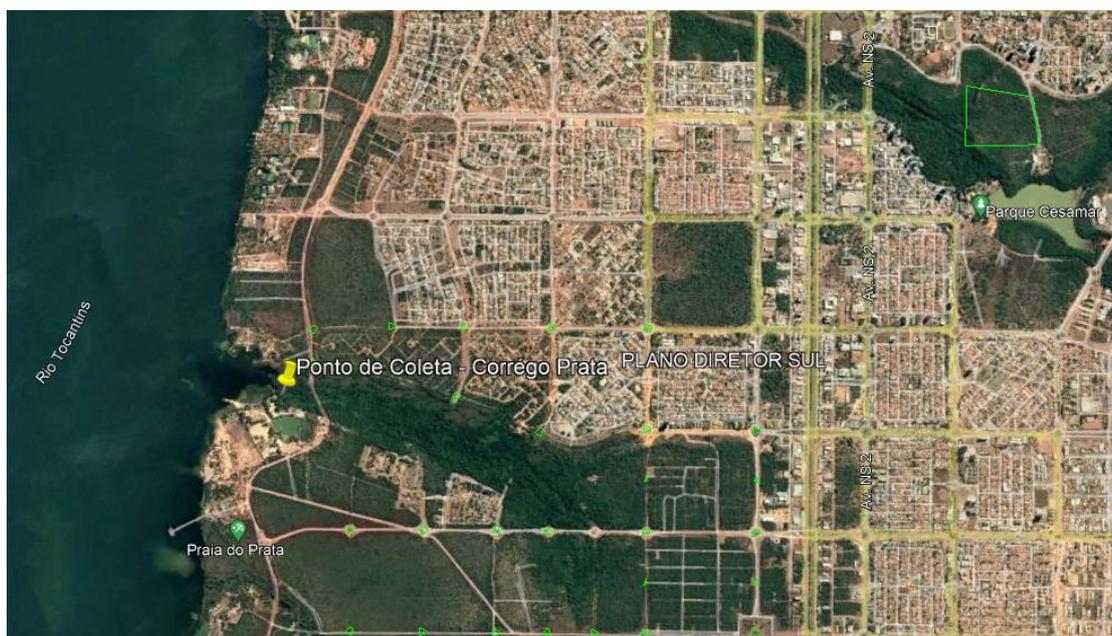
A praia da Graciosa foi escolhida como um dos pontos de coleta por ser um local do lago em que a movimentação de banhistas é considerável. Além disso, é um ponto turístico muito utilizado pela população para realização de eventos esportivos, culturais e náuticos. Também é possível verificar a presença de restaurantes beira lago, podendo estar sujeito a apresentar maiores quantidades de poluição. Os dados de coordenadas do ponto de coleta estão na Tabela 8 e a localização na Figura 21.

Tabela 8 – Coordenadas ponto de coleta – Ponto D: Praia da Graciosa

Coordenadas	
Latitude	10°11'7.19"S
Longitude	48°21'52.86"O

Fonte: Autora (2021).

Figura 21 – Ponto D: Praia da Graciosa



Fonte: Google Earth modificado (2021).

### 4.3 Transferência dos sólidos retidos e determinação dos sólidos totais

Para cada amostra, os sólidos retidos na peneira de 300  $\mu\text{m}$ , que foram depositados nos frascos de vidro, devidamente identificados, foram transferidos com auxílio de uma espátula e enxague com pisseta com água destilada para béqueres (previamente limpos com água destilada e pesados em uma balança analítica de precisão 0.1 mg). Após, as amostras foram pesadas e dispostas em uma estufa a 60°C por 48 horas para secagem total, conforme Figura 22, a fim de determinação da massa de sólidos totais, por meio da fórmula abaixo.

$$\text{Sólidos totais (g)} = \text{Béquer com amostra seca (g)} - \text{Béquer vazio(g)}$$

Equação 1 - Aferição de sólidos totais

Figura 22 – Amostra no béquer para secagem na estufa



Fonte: Autora (2021).

#### 4.4 Separação por densidade

Depois da secagem das amostras, foi executado a etapa de separação por densidade. Para metade das amostras (período de seca), foi acrescentado 300 mL de solução saturada de sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), sendo considerado o coeficiente de solubilidade de 36g  $C_{12}H_{22}O_{11}$ /100 g de água, a 20°C. Já para o restante das amostras, foi acrescentado 300 mL solução saturada de cloreto de sódio (NaCl), sendo considerado o coeficiente de solubilidade de 36g NaCl/100 g de água, a 20°C. Segundo o guia de MASSURA (2015), para êxito na etapa de separação por densidade, a solução em que as amostras ficaram contidas, precisam ter por volta de 1,6 g/mL de densidade. As amostras devidamente catalogadas estão representadas pela Figura 23.

Figura 23 – Amostras com as soluções para posterior etapa de separação por densidade



Fonte: Autora (2022).

Após, as amostras foram dispostas em funis, com a parte inferior vedada utilizando um tubo de silicone, apoiados em suportes que as deixaram imobilizadas pelo período de 48 horas, conforme Figura 24.

Figura 24 – Amostras dispostas em funis e suportes durante etapa de separação por gravidade



Fonte: Autora (2022).

Este procedimento tem a finalidade de separar por meio da densidade os diferentes materiais, resultando por fim, em material plástico flutuante (SOUZA, 2020). Após o período de 48 horas, os microplásticos flutuantes serão recolhidos com a utilização de pinça, lavando-os com água destilada e colocando-os no béquer para secar em estufa à 90°C por um período de 12 horas.

#### **4.5 Remoção de matéria orgânica (Wet peroxide Oxidation - WPO)**

Após a secagem, as amostras passaram por uma fase de remoção de matéria orgânica, o método do guia Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments - Programa de detritos marinhos da NOAA (MASURA, BAKER, FOSTER E ARTHUR, 2015) foi utilizado também nesta etapa. O primeiro passo consiste em adicionar ao béquer com as amostras secas 20 mL de 0,05 mol/L de solução de ferro II e 20 mL de peróxido de hidrogênio 30%. Passado o descanso de 5 minutos em temperatura ambiente, os béqueres foram colocados sobre placas de aquecimento a uma temperatura de 75°C por 30 minutos. Nesse momento é preciso tomar cuidado pois a solução entra em intensa reação, sendo necessário água destilada a fim de evitar o transbordo desta solução. Antes desse aquecimento é preciso a colocação de um relógio de vidro sobre os béqueres a fim de que a mistura não evapore completamente. Caso seja observada a presença de matéria orgânica, o processo acima deve ser refeito. Quando finalizado os béqueres foram protegidos com folhas de alumínio para evitar contaminação por microplásticos presentes no ambiente.

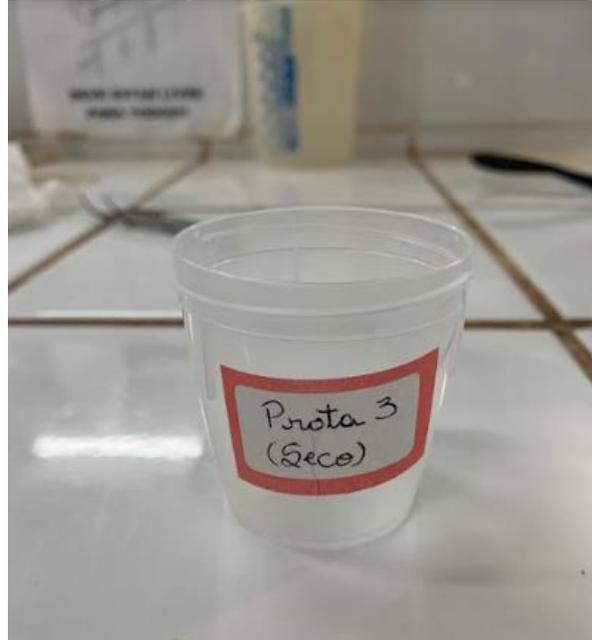
#### **4.6 Separação por densidade**

Foi necessário nova separação por densidade, utilizando os materiais e métodos descritos no item 5.4.

#### **4.7 Identificação – Análise em microscópio**

Para a identificação qualitativa dos microplásticos, um recipiente de 5mL foi pesado e rotulado de acordo com cada amostra. Após, os microplásticos resultantes da última etapa de separação por densidade foram apanhados com uso de pinças e dispostos nos recipientes tarados (conforme Figura 25).

Figura 25 – Amostra Praia do Prata 3, período de estiagem, com os microplásticos dispostos em recipiente para posterior análise microscópica



Fonte: Autora (2022).

Após, com uso de um microscópio com ampliação de 40 vezes, foi realizada a análise e identificação dos microplásticos presentes nas amostras (Figura 26).

Figura 26 – Identificação microscópica dos microplásticos presentes nas amostras



Fonte: Autora (2022).

#### 4.8 Análise Gravimétrica

Os frascos com microplásticos tiveram suas massas aferidas em uma balança analítica com precisão de 0,1 mg para determinação do peso seco dos microplásticos. Através da fórmula abaixo, a massa dos microplásticos por amostra foi determinada.

$$\text{Massa microplásticos (g)} = \text{Frascos com microplásticos(g)} - \text{Frascos vazios(g)}$$

*Equação 2 - Aferição gravimétrica*

#### 4.9 Turbidez, pH e espectroscopia de infravermelho

Para cada ponto de coleta, foram coletadas amostras em recipientes plásticos para posterior quantificação de turbidez (por meio de aparelho turbidímetro) e pH (através de aparelho pHmêtro), em laboratório.

Para o exame de espectroscopia de infravermelho, as amostras foram analisadas utilizando o aparelho espectrômetro por infravermelho, a fim de caracterizar o tipo de plástico presente em cada MPs. Foram coletados plásticos presentes nos ambientes de coleta a fim de realização de suas caracterizações químicas.

### 5. RESULTADOS

Os resultados estão disponíveis no artigo científico (Apêndice A) que será submetido na revista DAE (<http://www.revistadae.com.br/site/home/>). No anexo 1 estão os resultados das análises por Infravermelho para caracterização química das amostras.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596–1605, 2011.

ANDRADY, A. L., NEAL, M. A., **Applications and Societal Benefits of Plastics**, Philosophical Transactions of the Royal Society B, v. 364, pp. 1977-1984, 2009.

BESSELING, E; QUIK, J. T; SUN, M; KOELMANS, A. A. **Fate of nano- and microplastic in freshwater systems: A modeling study**. Science Direct. 2017. V1.220. 540-548. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.001>>. Acesso em: 02 out. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Produção e consumo sustentáveis**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel.html#:~:text=Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20consumo%20sustent%C3%A1veis%20%C3%A9,e%20fomenta%20a%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de>>. Acesso em: 27 set. de 2021.

CASTRO, R. O.; LOPES, M.; ARAÚJO, F. V. DE. Review on microplastic studies in Brazilian aquatic ecosystems. **Ocean and Coastal Management**, v. 165, n. May, p. 385–400, 2018.

ECCIB. **Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio - cadeia: plásticos**. COUTINHO, LG. Campinas: UNICAMP, 2002.

FILHO, S. E. N. C; WALKER, I. **Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um Igarapé da cidade de Manaus/AM - Amazônia Central**. Acta Amazônia. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1809-43922001311089>>. Acesso em: 02 de out. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 1991: resultados preliminares**. Rio de Janeiro: 1992

ISWA. International Solid Waste Association. **ISWA Global Newsletter December 2018**. Disponível em: <<https://mailchi.mp/iswa/global-newsletter-december-2018>>. Acesso em: 27 set. de 2021.

JENNER L.C., SADOFSKY L. R. **Detection of microplastics in human lung tissue using uFTIR spectroscopy**. Science of The Total Environment. Volume 831, 20 July 2022.

J. KRAMM AND C. VOLKER. **Freshwater Microplastics**. The Handbook Of Environmental Chemistry, [S.L.], v. 58, n. 1, p. 229-243, jan. 2018. Springer International Publishing. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5>.

JONES, F. **A ameaça dos microplásticos**. Rev. Fapesp, 2019. Disponível em:<<https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content>> Acesso em: 02 out. 2021.

LAMBERT, S.; WAGNER, M. **Microplastics Are Contaminants of Emerging Concern in Freshwater Environments: An Overview**. Freshwater Microplastics pp 1-23. Part of the The Handbook of Environmental Chemistry book series (HEC, volume 58). 2017. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-61615-5\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-61615-5_1)>. Acesso em: 02 out. 2021.

PALMAS, Prefeitura Municipal de. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas – TO**. Anexo III ao Decreto nº 700, de 15 de janeiro de 2014. Vol III: Drenagem Urbana. Palmas. 2014.

PLASTICEUROPE. **Plastics – the Facts 2017: An analysis of European plastics production, demand and waste data**. 2017. Disponível em: <[https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics\\_the\\_facts\\_2017\\_FINAL\\_for\\_website\\_one\\_page.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf)>. Acesso em: 27 set. de 2021.

RIOS, L. M.; MOORE, C.; JONES, P. R. **Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment**. Marine Pollution Bulletin, v. 54, n. 8, p. 1230-1237, 2007

SILVA, Ana Elisa Pereira et al. **Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus**. Acta Amazonica, Manaus, v. 4, n. 38, p. 733-742, ago. 2008.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da; SOUZA, Lucas Barbosa e. **Uma abordagem fenomenológica sobre o clima e o conforto térmico em Palmas, Tocantins, Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia, Palmas - To, v. 30, n. 1, p. 731-752, jun. 2022.

Olivatto, GP; Carreira, R; Tornisielo, VL; Montagner, CC. **Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno**. Rev. Virtual Quim. 2018, 10 (6), no prelo.

QIUA, Y; ZHENGB, M.; WANGA, L.; ZHAOA, Q.; LOUA, Y.; SHIA, L.; QU, L.; MAR. POLLUT. **Bull.** 2019, 146, 718.

THOMPSON, R. C, MOORE, C. J, SAAL, F.S, SWAN, S. H, **Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends**, Philosophical Transactions of the Royal Society B, n. 364, pp. 2153-2166, 2009.

VARGAS, Julia *et al.*. MICROPLÁSTICOS: uso na indústria cosmética e impactos no ambiente aquático. **Química Nova**, [S.L.], v. 45, n. 6, p. 705-711, mar. 2022. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170870>.

WANG, F.; SHIH, K. M.; LI, X. Y. **The partition behavior of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanesulfonamide (FOSA) on microplastics**. Chemosphere, v. 119, p. 841-7, 2015.

WINDSOR, F. M.; DURANCE, I.; HORTON, A. A. et al.. **A catchment-scale perspective of plastic pollution**. Global Change Biology (2019),25:1207–1221. Disponível em: < DOI: 10.1111/gcb.14572>. Acesso em: 02 out. 2021.

## **APÊNDICE A**

*Artigo científico*

# **AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICOS NAS ÁGUAS DE AFLUENTES DO LAGO DA UHE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES, NO AMBIENTE URBANO DE PALMAS -TO COM METODOLOGIA MODIFICADA DE BAIXO CUSTO**

**Iryslene Alves Pimenta<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Tocantins (UFT).

**Adão Lincon Bezerra Montel**

Bacharel em Química pela Universidade Federal de Goiás (UFG).

Mestre em Química Orgânica pela Universidade de Brasília (UnB), doutor em Química Orgânica pela Universidade de Brasília (UnB). Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Tocantins - UFT.

**Rogério do Vale Almeida**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil - Instituto Federal do Tocantins (IFTO).

**Sérgio Carlos Bernardo Queiroz**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS), Doutor em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) Ribeirão Preto-SP, Professor do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Tocantins – UFT.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** R. Carlos Lindenberg, 94. Jardim Camburi. Edifício Liberty, APTO 818. Vitória – ES. CEP: 29092-110 - Brasil - Tel: (63) 98115-8989 e-mail: iryslenepimenta@hotmail.com

## **RESUMO**

Quando plásticos sofrem exposição a processos físicos ou químicos, tendem a se deteriorar em partículas menores, de 0,1mm a 5,0 mm, denominados de microplásticos (MP). Estudos apontam que os MP podem afetar as funções de organismos, causando impactos à saúde dos seres vivos. O objetivo do presente trabalho é a investigação e quantificação de MP em pontos de encontro do lago da UHE Luís Eduardo Magalhães com afluentes que cortam o município de Palmas, nos períodos seco e chuvoso. Para isso, foi utilizado o método proposto pelo guia do Programa de Detritos Marinhos da NOAA (Adm. Oceânica e Atmosférica Nacional dos EUA, 2015). Por meio das análises, foi constatado a presença de MP em 58,33% e 66,77% das amostras do período de estiagem e chuvoso, respectivamente. Esse fato reforça a necessidade da surgência de pesquisas envolvendo MP nos biomas aquáticos do estado do Tocantins, assim como a importância da conscientização da sociedade sobre os impactos causados por detritos plásticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** microplásticos; poluição; água doce.

# EVALUATION OF POLLUTION BY MICROPLASTICS IN THE WATER OF AFFLUENT RIVERS OF THE LAKE OF THE HYDROELECTRICAL POWERPLANT LUÍS EDUARDO MAGALHÃES, IN THE URBAN AREA OF PALMAS-TO WITH A MODIFIED LOW-COST METHODOLOGY

## ABSTRACT

Plastics exposed to chemical or physical processes tend to deteriorate into smaller particles, from 0.1mm to 5.0mm, best known as microplastics (MP). Studies indicate that MP can affect the functions of organisms, causing impacts on the health of living beings. The objective of the present work is to investigate and quantify the MP at certain points where affluents located in the city of Palmas meet the lake of the hydroelectric powerplant Luis Eduardo Magalhaes in dry and rainy seasons. The work is guided by a method proposed by the United States National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) called the Marine Debris Program, which was developed in 2015. Through the analyses, the presence of PM was found in 58.33% and 66.77% of the samples from the dry and wet seasons, respectively. This reinforces the necessity of ongoing research on MP in the aquatic biomes across the Brazilian state of Tocantins, as well as the need to raise society's awareness of the impacts caused by plastic debris.

**KEY WORDS:** microplastics; pollution; fresh water.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o descarte de resíduos plásticos no meio ambiente vem crescendo de forma significativa, sendo comprovado por instituições como Plastics Europe (2017). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019), em um ano, no mundo, o consumo de sacos plásticos está entre 500 bilhões e 1 trilhão de unidades, sendo um dado preocupante, visto que o plástico tende a levar mais de 400 anos para se decompor na natureza.

Plásticos são polímeros que derivam do petróleo, sendo compostos orgânicos (sintéticos e semissintéticos) utilizados em uma ampla e crescente aplicação (PLASTICEUROPE, 2018). “Seu baixo custo e peso leve, os tornam excelentes materiais de embalagem. Materiais convencionais, como vidro, metal e papel, estão sendo substituídos por embalagens de plástico de baixo custo, formatos mais chamativos e belos” (ANDRADY, 2011). Entretanto, a preocupação com o tempo de permanência de plásticos no meio ambiente e os riscos causados à saúde humana e à fauna, são pontos de atenção.

De acordo com Souza (2020), quando o componente plástico é exposto a intempéries ambientais diversos e interação com a biota local, se fragmenta e origina detritos, os chamados microplásticos, que podem ser primários ou secundários. “Porém, existe ainda a fragmentação em tamanhos inferiores a 1 nanômetro, originando os nanoplásticos, que são considerados potencialmente perigosos” (SOUZA, 2020).

Os resíduos plásticos são cotados como os mais persistentes no meio ambiente, além de serem capazes de reter diferentes tipos de contaminantes orgânicos, pela sua propriedade hidrofóbica (RIOS et al., 2007). “Estudos apontam que diversos tipos de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) têm sido

identificados em materiais plásticos por todo o globo” (WANG et al., 2015). A ingestão desses microplásticos contaminados podem acarretar diversos resultados tóxicos em toda a cadeia trófica. (RIOS et al., 2007).

Segundo Oliveira (2020), “os microplásticos são de 5 mm ou menos, chegando até alguns micrômetros. O principal foco das pesquisas sobre microplásticos é o ambiente marinho, tornando os microplásticos no ambiente de água doce um vasto campo para novos estudos”. Conforme afirma Souza (2020), era deduzido que corpos hídricos de água doce funcionavam apenas como encaminhamento e fonte de resíduos plásticos para o meio marinho, atuando como via de transporte. Entretanto, diversos estudos, informaram que esse sistema pode reter frações de nano e microplásticos.

Nos últimos anos, as pesquisas sobre microplásticos aumentaram consideravelmente em todo o mundo, porém o monitoramento, principalmente em ambientes de água doce, ainda é escasso. De acordo com Castro et al. (2018), o sudeste e nordeste brasileiro foram as regiões com maior volume de estudos, mesmo assim, foi verificado apenas um sobre microplásticos em água doce (“Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource”). Esse dado enfatiza a necessidade da existência de novas pesquisa, em mais locais e corpos hídricos.

As áreas de estudo da presente pesquisa, abrangendo o Lago da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães e seus afluentes que cortam a região urbana de Palmas – TO, apresentam resíduos plásticos decorrentes da contaminação antrópica. O município de Palmas, se localiza na mesoregião oriental do estado do Tocantins (IBGE, 1991). “A zona urbana do município está estabelecida à margem do lago formado pela Usina Hidroelétrica Luís Eduardo Magalhães – UHE Lajeado, e os principais cursos d'água que cortam a área urbana são Córrego Água Fria, Córrego Sussuapara, Córrego Brejo Comprido, Córrego do Prata, Taquaruçu Grande e Taquari” (PREFEITURA DE PALMAS, 2014). Até o presente momento, não existem estudos que verifiquem a presença de microplásticos nos corpos hídricos citados.

Dentro deste contexto, a principal motivação para a realização do presente trabalho foi a investigação da presença de microplásticos nos cursos hídricos que permeiam a região urbana da cidade de Palmas-TO. Sendo essa informação fundamental para que demais análises sejam conduzidas rumo a mitigação dos possíveis efeitos que microplásticos podem causar à fauna e flora do local, como também à saúde humana.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

Verificar a presença e analisar a distribuição de microplásticos em 4 córregos afluentes do Lago da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães, na região urbana de Palmas -TO, nas épocas chuvosas e de estiagem.

### **Objetivos específicos**

- Verificar a presença de microplásticos nos corpos hídricos analisados;
- Determinar as concentrações quantitativas de microplásticos nas amostras;
- Classificar visualmente os microplásticos encontrados quanto ao tamanho, cor e forma;
- Comparar a distinção de microplásticos, quantitativamente, entre os períodos chuvosos e de estiagem;
- Definir metodologia de baixo custo para verificação de microplásticos em corpos hídricos.

## METODOLOGIA

A caracterização dos microplásticos foi realizada em pontos de encontro entre o Lago da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Lago da UHE LEM) e rios e córregos que cortam o município de Palmas-TO. Os corpos hídricos e locais escolhidos para análise foram: Córrego Machado, Rio Taquaruçu Grande, Córrego Prata, Córrego Brejo Comprido e Praia da Graciosa, por percorrem Palmas e desagüem no Lago da UHE LEM.

### Métodos de coleta e peneiramento das amostras

Foram realizadas coletas de amostras de água em 4 pontos específicos de deságue de rios e córregos com o Lago da UHE LEM. As coletas ocorreram nos períodos chuvosos e de estiagem, sendo 3 coletas para cada período, totalizando 24 amostras. A coleta das amostras no período de estiagem se deu no mês de setembro de 2021 e no período chuvoso se deu no mês de outubro de 2021.

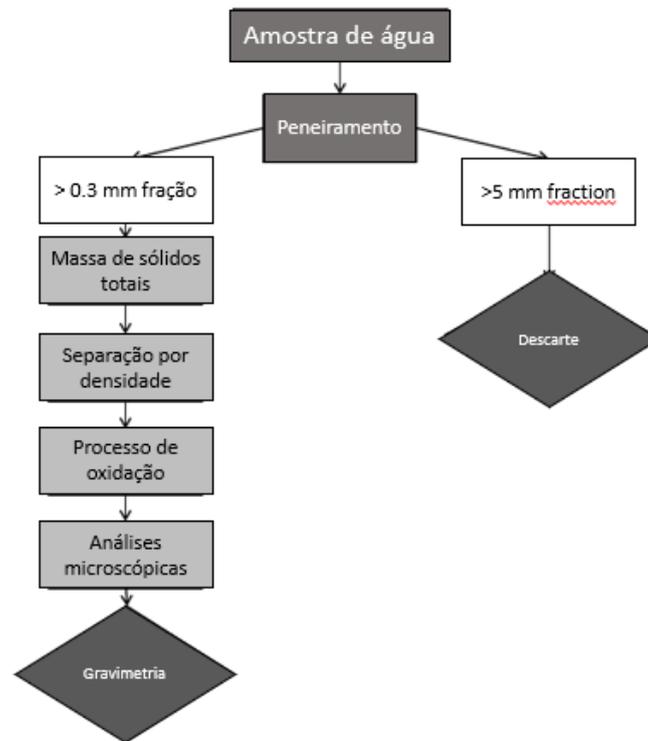
Para cada amostra, foram coletados 60 litros de água, utilizando um recipiente de inox, em pontos homogêneos às margens dos corpos hídricos. O material plástico presente foi isolado no momento da captação, por meio de peneiras de inox de malhas 4,75mm (n° 4) e 300  $\mu$ m (n° 50), empregando o método proposto pelo guia Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles inwaters and sediments - Programa de detritos marinhos da NOAA (MASURA, BAKER, FOSTER E ARTHUR, 2015).

O material retido na peneira de malha 4,75mm foi descartado, já o retido na peneira 300  $\mu$ m foi reservado para posterior tratamento das amostras, conforme Figura 1.



**Figura 127:** Material crivado pela peneira malha 4,75 mm, descartado (esquerda), material retido peneira malha 300 $\mu$ m, utilizado nas análises (direita). **Fonte:** Autores, 2022.

O fluxograma presente na Figura 2 elenca as etapas que foram seguidas para obtenção dos resultados da incidência ou não do MP nas amostras analisadas.



**Figura 2:** Método para identificação de microplásticos em amostras de água. **Fonte:** Masura, Baker, Foster e Arthur, modificado 2015.

Foi utilizada água destilada em frasco dosador, espátula e pincel com cerdas de aço para retirada do material retido na peneira nº 50. Primeiramente, com o uso da espátula o referido material foi coletado e disposto em um frasco em material de vidro transparente (recipiente utilizado para acondicionamento das amostras), após com o uso do pincel e água destilada o restante do material foi retirado e disposto referido no recipiente. Os frascos de vidro utilizados para acondicionamento das amostras foram mantidos refrigerados durante o período de logística para os laboratórios. Para identificação, os recipientes devem conter a data de coleta, a identificação do ponto coletado e o número da amostra.

### Pontos de Coleta

Os locais de coleta (Figura 3) foram escolhidos por pertencerem a cursos hídricos que permeiam o de Palmas além de serem pontos de encontro com Lago da UHE LEM, recurso hídrico utilizado para despejo do efluente tratado e para o abastecimento de água para a população do município. Outro fator contributivo para a escolha dos pontos de coleta foi a utilização das áreas realização para lazer como atividades esportivas, culturais e náuticas. A Tabela 1 contém as informações de localização dos 4 locais de coleta.

**Tabela 1:** Coordenadas pontos de coletas. **Fonte:** Autores, 2021.

Ponto	Recurso hídrico	Latitude	Longitude
A	Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande	10°17'21.84"S	48°19'57.01"O
B	Córrego Brejo Comprido	10°10'32.33"S	48°21'46.99"O
C	Córrego Prata	10°13'19.70"S	48°21'58.75"O
D	Praia da Graciosa	10°11'7.19"S	48°21'52.86"O



**Figura 3:** Pontos de Coleta, em Palmas -TO. **Fonte:** Autores, 2022.

### Transferência dos sólidos retidos e determinação dos sólidos totais

Para cada amostra, os sólidos retidos na peneira de 300  $\mu\text{m}$ , que foram depositados nos fracos de vidro, devidamente identificados, foram transferidos com auxílio de uma espátula e enxague com pisseta com água destilada para béqueres (previamente limpos com água destilada e pesados em uma balança analítica de precisão 0.1 mg). Após, as amostras foram pesadas e dispostas em uma estufa a 60°C por 48 horas para secagem total, a fim de determinação da massa de sólidos totais, por meio da fórmula abaixo.

$$\text{Sólidos totais (g)} = \text{Béquer com amostra seca (g)} - \text{Béquer vazio(g)}$$

**Equação 3 - Aferição de sólidos totais**

### Primeira separação por densidade

Depois da secagem das amostras, foi executado a etapa de separação por densidade. Para metade das amostras (período de seca), foi acrescentado 300 mL de solução saturada de sacarose ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ), sendo considerado o coeficiente de solubilidade de 36g  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ /100 g de água, a 20°C. Já para o restante das amostras, foi acrescentado 300 mL solução saturada de cloreto de sódio (NaCl), sendo considerado o coeficiente de solubilidade de 36g NaCl/100 g de água, a 20°C. Segundo o guia de MASSURA, 2015, para êxito na etapa de separação por densidade, a solução em que as amostras ficaram contidas, precisam ter por volta de 1,6 g/mL de densidade. Após, as amostras foram dispostas em funis, com a parte inferior vedada utilizando um tubo de silicone, apoiados em suportes que as deixaram imobilizadas pelo período de 48 horas, conforme Figura 4. Este procedimento tem a finalidade de separar por meio da densidade os diferentes materiais, resultando por fim, em material plástico flutuante (SOUZA, 2020). Após o período de 48 horas, os microplásticos flutuantes serão recolhidos com a utilização de pinça, lavando-os com água destilada e colocando-os no béquer para secar em estufa à 90°C por um período de 12 horas. É importante salientar que a etapa é preciso alto número de lavagens para eliminação de todo NaCl ou  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  presentes na amostra.



**Figura 4:** Amostras dispostas em funis e suportes durante etapa de separação por gravidade. **Fonte:** Autores, 2022.

### **Remoção de matéria orgânica (Wet peroxide Oxidation - WPO)**

Após a secagem, as amostras passaram por uma fase de remoção de matéria orgânica, o método do guia Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments - Programa de detritos marinhos da NOAA (MASURA, BAKER, FOSTER E ARTHUR, 2015) também foi utilizado também nesta etapa. O primeiro passo consiste em adicionar ao béquer com as amostras secas 20 mL de 0,05 M de solução de ferro II e 20 mL de peróxido de hidrogênio 30%. Passado o descanso de 5 minutos em temperatura ambiente, os béqueres foram colocados sobre placas de aquecimento a uma temperatura de 75°C por 30 minutos. Nesse momento é preciso tomar cuidado pois a solução entra em intensa reação, sendo necessário água destilada a fim de evitar o transbordo desta solução. Antes desse aquecimento é preciso a colocação de um relógio de vidro sobre os béqueres a fim de que a mistura não evapore completamente. Caso seja observada a presença de matéria orgânica, o processo acima deve ser refeito. Quando finalizado os béqueres foram protegidos com folhas de alumínio para evitar contaminação por microplásticos presentes no ambiente.

### **Segunda separação por densidade**

Foi necessário nova separação por densidade, utilizando os materiais e métodos descritos no item “primeira separação por densidade”.

### **Identificação – Análise microscópica**

Para a identificação qualitativa dos microplásticos, um recipiente de 5mL foi pesado e rotulado de acordo com cada amostra. Após, os microplásticos resultantes da última etapa de separação por densidade foram apanhados com uso de pinças e dispostos nos recipientes. Depois, com uso de um microscópio com ampliação de 40 vezes, foi realizada a análise e identificação dos microplásticos presentes nas amostras (Figura 5).



**Figura 5:** Identificação microscópica dos microplásticos presentes nas amostras. **Fonte:** Autores, 2022.

### **Análise Gravimétrica**

Os frascos com microplásticos tiveram suas massas aferidas em uma balança analítica com precisão de 0,1 mg para determinação do peso seco dos microplásticos. Através da fórmula abaixo, a massa dos microplásticos por amostra foi determinada.

$$\text{Massa microplásticos (g)} = \text{Frascos com microplásticos(g)} - \text{Frascos vazios(g)}$$

**Equação 2 - Aferição gravimétrica**

### **Espectroscopia de infravermelho**

Para o exame de espectroscopia de infravermelho, as amostras foram analisadas utilizando o aparelho espectrômetro por infravermelho, a fim de caracterizar o tipo de plástico presente em cada MPs. Foram coletados plásticos presentes nos ambientes de coleta a fim de realização de suas caracterizações químicas.

### **Turbidez e pH**

Para cada ponto de coleta, foram coletadas amostras em recipientes plásticos para posterior quantificação de turbidez (por meio de aparelho turbidímetro) e pH (através de aparelho pHmêtro), em laboratório.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Verificação da presença de plásticos nos pontos de coleta

Foi constatado a presença de plásticos em todos os 4 pontos de coleta, nas margens e nas águas dos recursos hídricos, tanto no período de seca quanto no período chuvoso, conforme Figura 6. Fato esse que torna possível a presença de microplásticos na região.



**Figura 6:** Verificação de presença de plásticos nos pontos de coletas. **Fonte:** Autores, 2021.

### Etapas de separação por densidade – método de baixo custo

- **Primeira separação por densidade**

O método se mostrou eficaz, tanto com a utilização do  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , quanto com o NaCl, reagentes de baixo custo. O microplástico, material menos denso (partículas azuis), permaneceu na parte superior das amostras, como pode ser verificado na Figura 7. Apesar da presente etapa retirar boa parte dos materiais não plásticos da amostra, foi percebido a presença de matéria orgânica, que será retirada na etapa de oxidação.



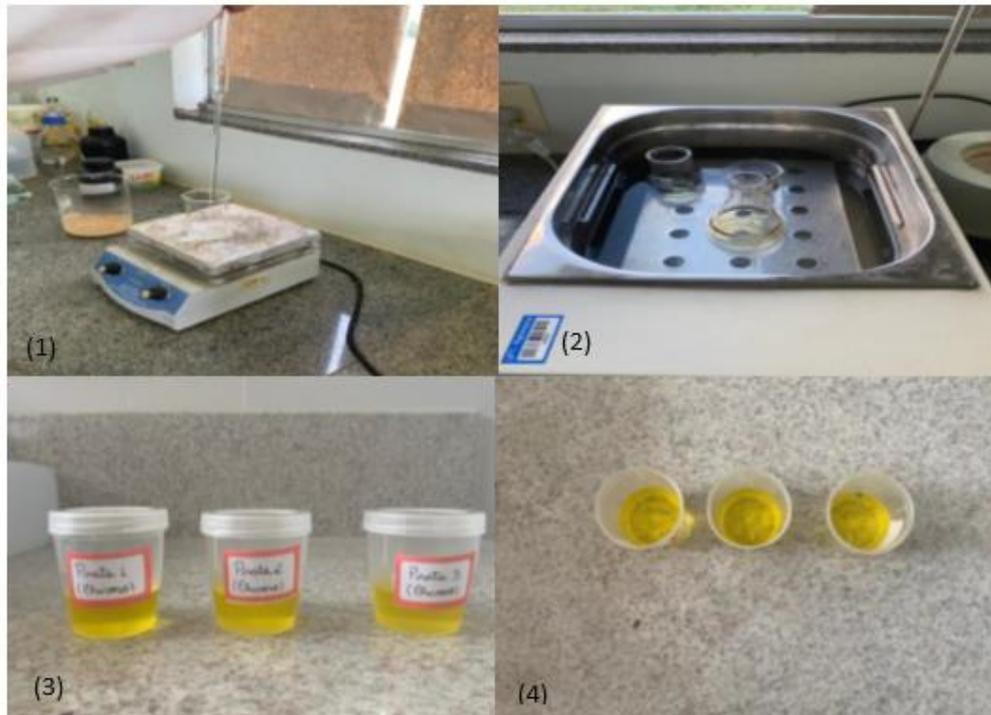
**Figura 7:** Presença de materiais plásticos na amostra do Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande (Ponto A - período de estiagem) durante etapa de separação por densidade. **Fonte:** Autores, 2022.

- **Remoção de matéria orgânica (Wet peroxide Oxidation - WPO) e segunda separação por densidade**

Para eliminação da matéria orgânica existente nas amostras, posterior a primeira etapa de separação por densidade, foi adicionado Solução de Ferro II a 0,05 M e Peróxido de Hidrogênio a 30%. Esses reagentes não geraram prejuízo aos potenciais microplásticos presentes nas amostras. Por meio de inspeção visual foi identificado que a amostra 1 do período chuvoso da Praia da Graciosa (Ponto D) continha um montante maior de matéria orgânica do que as outras. Por isso, para esta, foi acrescentado 20 mL de solução de Ferro II e 20 mL de Peróxido de Hidrogênio, já para as outras foi utilizado 10 mL de solução de Ferro II e 10 mL de Peróxido de Hidrogênio. A Figura 8 ilustra os passos realizados na presente etapa, para todas as amostras.

**Tabela 2:** Quantidade de reagentes (Peróxido de Hidrogênio e Solução de Ferro II) utilizados na etapa de remoção de matéria orgânica, por amostra. **Fonte:** Autores, 2022.

Amostra	Método
Graciosa 1 (Ponto D) Período chuvoso	20 mL de solução de ferro II na concentração de 0,05 M com 20 mL de peróxido de hidrogênio a 30%, posteriormente a amostra foi agitada por um período de 5 minutos e colocada para aquecimento a 75 °C.
Outras amostras	10 mL de solução de ferro II na concentração de 0,05 M com 10 mL de peróxido de hidrogênio a 30%, posteriormente as amostras foram agitadas por um período de 5 minutos e colocada para aquecimento a 75 °C.

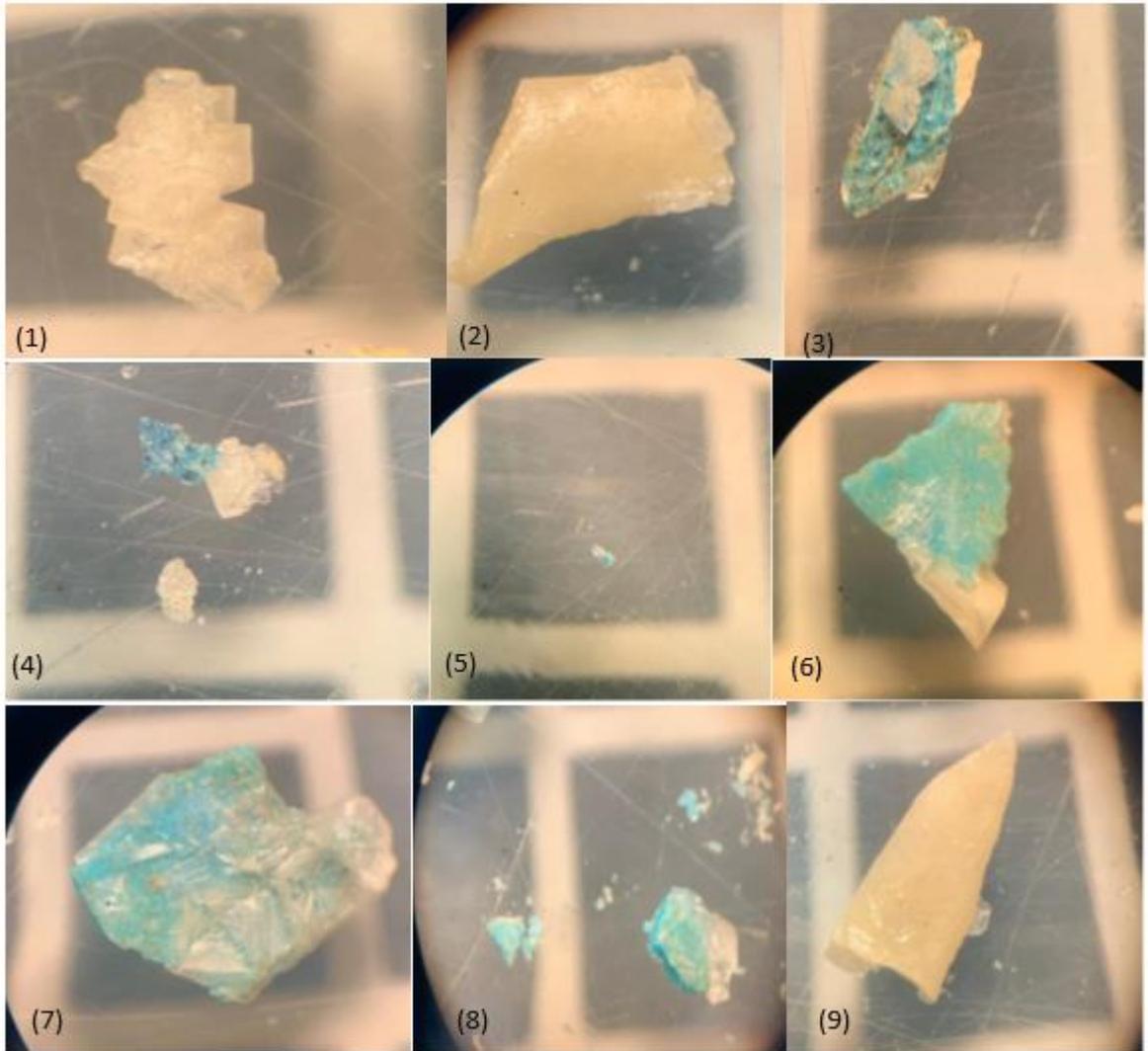


**Figura 8:** Etapas realizadas durante o processo de remoção de matéria orgânica. (1) adição dos reagentes de solução de ferro II e peróxido de hidrogênio na amostra; (2) amostras sendo aquecidas a 75°C; (3) amostras do local de coleta Praia do Prata devidamente catalogadas; (4) eficácia na remoção de matéria orgânica nas amostras. **Fonte:** Autores, 2022.

Foi verificado que a WPO foi eficaz na remoção de matéria orgânica, apresentando bons resultados. Com a aplicação da segunda separação por densidade, com a adição de NaCl, foi possível a flotação das partículas restantes nas amostras. Com o uso de uma pinça, foi feita a separação dos materiais com potencial a serem microplásticos do meio líquido, eles foram dispostos em recipientes e etiquetados.

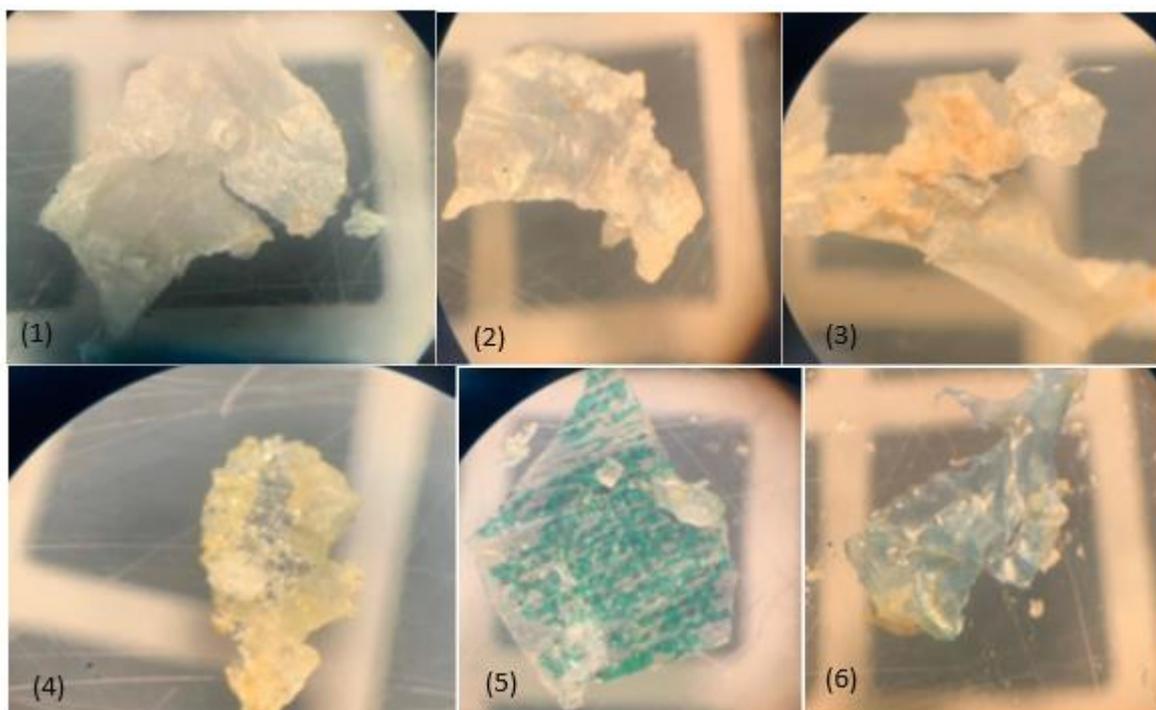
### Exame microscópico

As partículas separadas na etapa anterior passaram por análise microscópica em uma ampliação de 40 vezes. Para aferição de tamanho, foi utilizado um molde de fundo com as dimensões de 3,0 mm x 3,0 mm, obedecendo a definição de que são considerados MP partículas plásticas menores de 5,0 mm. As Figuras 9 e 10 demonstram as partículas analisadas provenientes das amostras dos períodos de estiagem e chuvoso, respectivamente.



**Figura 9:** Resultados das análises microscópicas das amostras do período seco, sendo: (1)Córrego Brejo Comprido, Amostra 1; (2) Córrego Brejo Comprido, Amostra 3; (3) Praia da Graciosa, Amostra 1; (4) Praia da Graciosa, Amostra ; (5) Praia da Graciosa, Amostra 2; (6) Córrego Machado, Amostra 1; (7) Córrego Machado, Amostra 1; (8) Córrego Machado, Amostra 1; (9) Praia do Prata, Amostra 3.

**Fonte: Autores, 2022.**



**Figura 10:** Resultados das análises microscópicas das amostras do período chuvoso, sendo: (1) Córrego Brejo Comprido, Amostra 1; (2) Córrego Brejo Comprido, Amostra 1; (3) Córrego Brejo Comprido, Amostra 2.; (4) Praia da Graciosa, Amostra 2; (5) Córrego Machado, Amostra 3; (6) Praia do Prata, Amostra 1. **Fonte: Autores, 2022.**

Analisando as imagens, é possível verificar a presença de alguns cristais de NaCl resultantes da última segunda etapa de separação por densidade, evidenciando a necessidade de lavagem das partículas com água destilada antes das análises microscópicas. Verificou-se também partículas na cor verde, azul e transparente, provenientes de materiais com tipologia dura e maleável, com aspecto proveniente de deterioração por intempéries.

### **Espectroscopia de infravermelho**

As amostras coletadas mostram características de mistura. Os espectros de infravermelho obtidos apresentam os grupos funcionais característicos dos principais polímeros utilizados. Nota-se a presença de picos na região entre 2.900  $\text{cm}^{-1}$  e 2.800  $\text{cm}^{-1}$ , característica do estiramento assimétrico da ligação C-H nos grupos metileno ( $\text{CH}_2$ ), picos na região entre 1.300  $\text{cm}^{-1}$  e 1.500  $\text{cm}^{-1}$ , característicos do modo vibração “umbrela” dos grupos ligantes metil ( $\text{CH}_3$ ). Esse são modos de vibração tipicamente presentes em polietileno de alta e baixa densidade. Observa-se também picos na região entre 1.755-1.735  $\text{cm}^{-1}$ , característica do estiramento do grupo carbonila ( $\text{C}=\text{O}$ ) em ésteres saturados e picos nas regiões 1210-1160  $\text{cm}^{-1}$  e 1.110-1.030  $\text{cm}^{-1}$ , também presente em ésteres saturados. Essas características indicam a presença de polimetacrilato nas amostras. Destaca-se também a presença de uma banda larga acima de 3.000  $\text{cm}^{-1}$  característica do estiramento da hidroxila (O-H) que pode estar presente nas amostras originais em grupos funcionais tais como ácidos carboxílicos assim como também podem ser indicativos de processos de degradação oxidativos das

exposições das amostras ao ambiente. Dessa forma, os resultados são compatíveis com os principais tipos de plásticos descartados polimetacrilato, polietileno de alta e de baixa densidade. Alguns tipos de borrachas também podem estar presentes. As análises gráficas estão presentes em anexo.

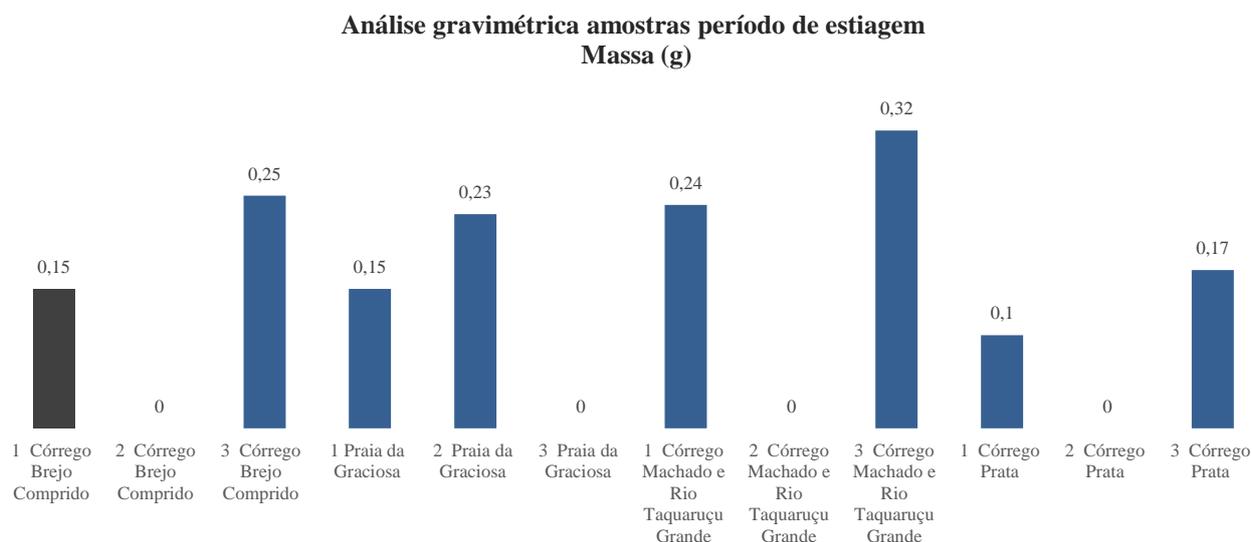
### Análise gravimétrica

Foi identificado que das 12 amostras coletadas no período de estiagem 7 continham microplásticos, representando 58,33% do total. Já das 12 amostras que compreendem ao período chuvoso, 8 apresentaram microplásticos (66,70%). A Tabela 3 contém os resultados de material e dimensão das amostras, foi percebido que das 24 coletas realizadas, 15 apresentaram microplásticos, totalizando 62,50%.

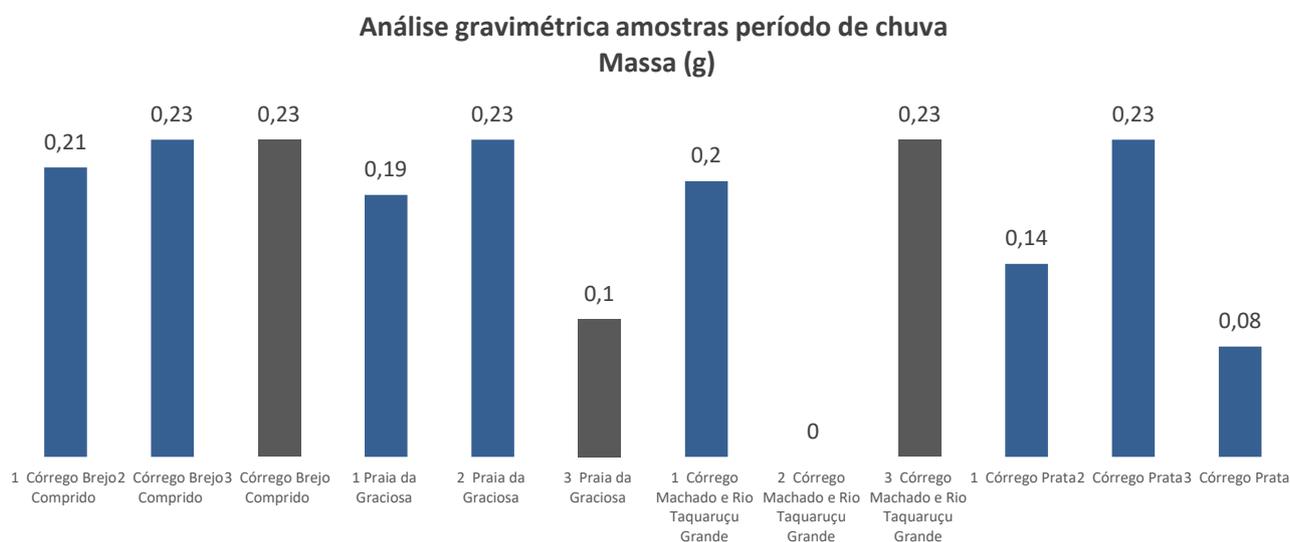
**Tabela 3:** Identificação de microplásticos – resultados das partículas encontradas nas amostras. **Fonte:** Autores, 2022.

	Amostras	Há presença de microplásticos?	Dimensão (mm)	Material	
Período Estiagem	1 Córrego Brejo Comprido	Não	NA	Cristal de NaCl	
	2 Córrego Brejo Comprido	Não	NA	-	
	3 Córrego Brejo Comprido	Sim	<5,0mm	Microplástico	
	1 Praia da Graciosa	Sim	<5,0mm	Microplástico	
	2 Praia da Graciosa	Sim	<5,0mm	Microplástico	
	3 Praia da Graciosa	Não	NA	-	
	1 Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande	Sim	<5,0mm	Microplástico	
	2 Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande	Não	NA	-	
	3 Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande	Sim	<5,0mm	Microplástico	
	1 Córrego Prata	Sim	<5,0mm	Microplástico	
	2 Córrego Prata	Não	NA	-	
	3 Córrego Prata	Sim	<5,0mm	Microplástico	
	Período Chuvoso	1 Córrego Brejo Comprido	Sim	<5,0mm	Microplástico
		2 Córrego Brejo Comprido	Sim	<5,0mm	Microplástico
		3 Córrego Brejo Comprido	Não	NA	-
1 Praia da Graciosa		Sim	<5,0mm	Microplástico	
2 Praia da Graciosa		Sim	<5,0mm	Microplástico	
3 Praia da Graciosa		Não	NA	-	
1 Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande		Sim	<5,0mm	Microplástico	
2 Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande		Não	NA	-	
3 Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande		Não	NA	-	
1 Córrego Prata		Sim	<5,0mm	Microplástico	
2 Córrego Prata		Sim	<5,0mm	Microplástico	
3 Córrego Prata		Sim	<5,0mm	Microplástico	

A Figura 11 contém os resultados gravimétricos (massas) das amostras do período de estiagem e a Figura 12 os do período de chuva. É importante ressaltar que o material aferido em 4 amostras, hachuradas em cinza, não correspondem a microplásticos. Além disso, houve 5 amostras que tiveram massa igual a 0 gramas.

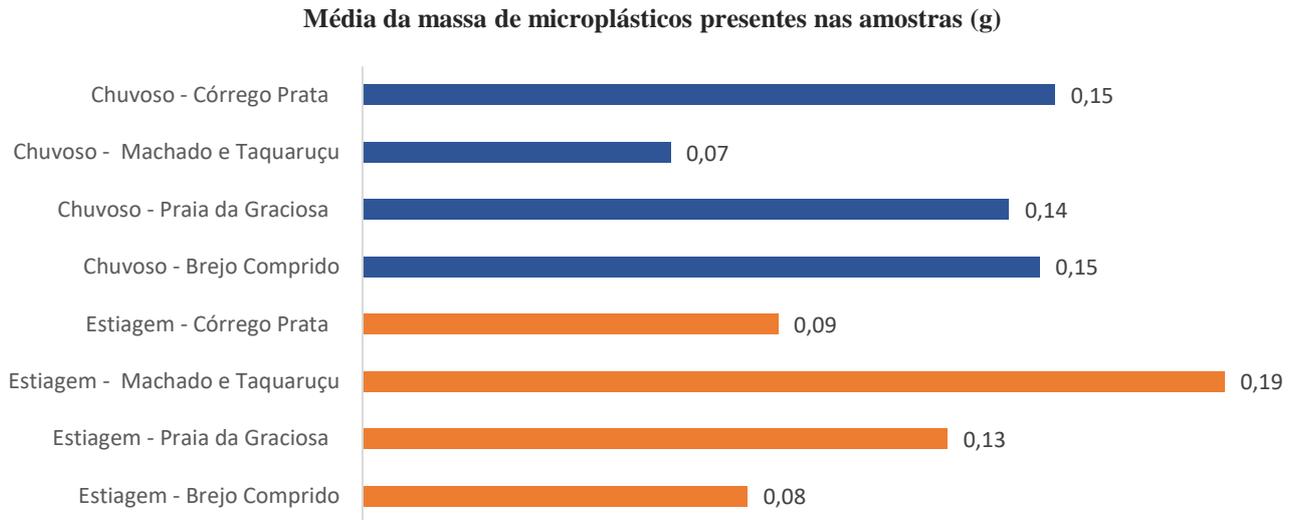


**Figura 11:** Análises gravimétricas das 12 amostras do período de estiagem. **Fonte:** Autores, 2022.



**Figura 12:** Análises gravimétricas das 12 amostras do período chuvoso. **Fonte:** Autores, 2022.

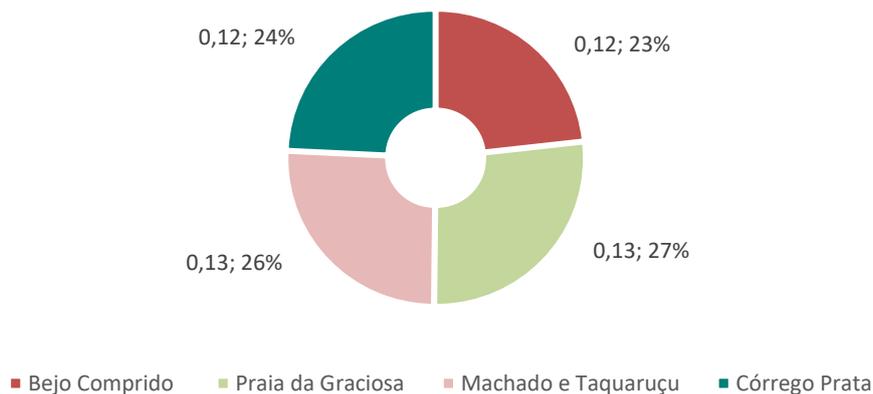
O grupo de amostras que apresentou maior massa (g) de microplásticos foi o do período de estiagem do Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande, com média de 0,19 gramas, seguidos do grupo do período chuvoso do Córrego Prata e Brejo Comprido, com média de 0,15 gramas. A Figura 13 contém os dados da média de microplásticos por período e por curso hídrico, os dados que compreendiam a outros materiais foi foram desconsiderados.



**Figura 13:** Quantidade de massa de microplásticos encontrados nas amostras dos períodos de seca e chuva. **Fonte:** Autores, 2022.

Fazendo o levantamento dos microplásticos por ponto de coleta de ambos os períodos percebe-se certa homogeneidade dos resultados. A Praia da Graciosa foi o local que mais apresentou microplásticos, com 27%, seguido do encontro entre os Córregos Machado e Taquaruçu Grande (26%), Córrego Prata (24%) e Brejo Comprido (23%), conforme Figura 14.

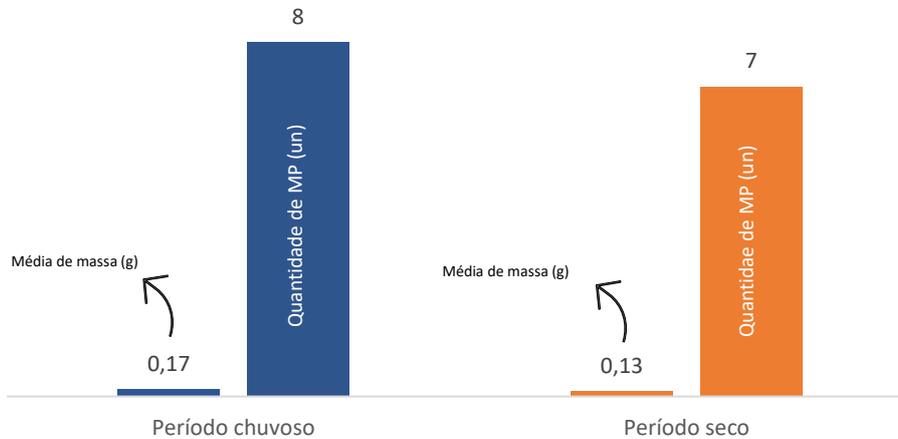
**Média da massa microplásticos encontrados nas amostras, por pontos de coleta (g)**



**Figura 14:** Média de massa de microplásticos encontrados por local de coleta. **Fonte:** Autores, 2022.

Foi verificado que o período de chuvoso apresentou média maior de massa e quantidade de amostras com presença de microplásticos do que o período de estiagem, como ilustrado pela Figura 15.

Média de massa (g) e quantidade (un.) de microplásticos obtidas por amostras no períodos de estiagem e chuvoso

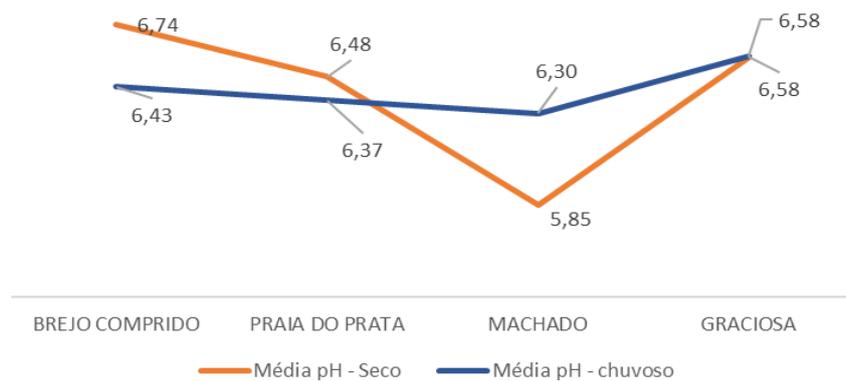


**Figura 15:** Relação de microplásticos encontrados nas amostras do período seco e chuvoso. **Fonte:** Autores, 2022.

## Turbidez e pH

Alguns polímeros plásticos sofrem mais deterioração em ambientes com o pH mais baixos, como o polietileno. Por meio da Figura 16, é perceptível que o ponto de coleta de junção do Córrego Machado com o rio Taquaruçu apresenta maior acidez que os outros pontos. No período de estiagem o referido local foi o que apresentou maior quantidade em massa de partículas plásticas.

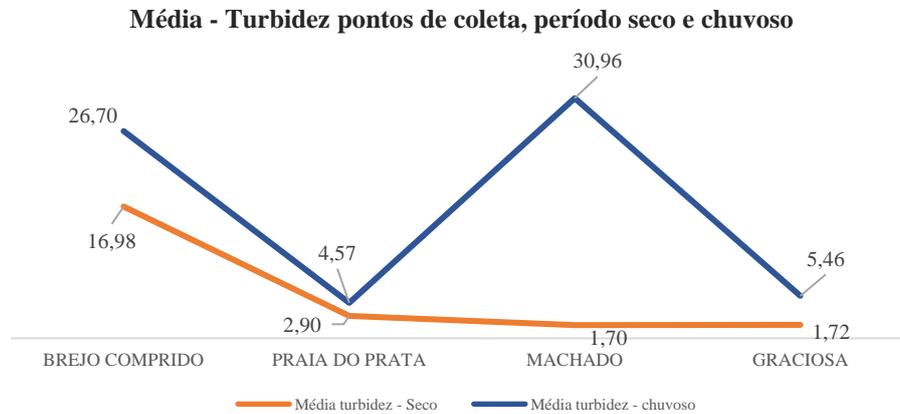
Média - pH pontos de coleta, período seco e chuvoso



**Figura 16:** Resultados de pH nos pontos de coleta. **Fonte:** Autores, 2022.

A Figura 17 contém as informações de turbidez dos pontos analisados, é possível perceber que como esperado, no período chuvoso, os valores aumentaram consideravelmente. Além disso, verificou-se

que amostras com turbidez maiores possuem maior dificuldade para investigação de MPs, visto que quanto mais sólidos totais na mistura, mais morosas se tornam as etapas de separação por densidade e remoção de matéria orgânica.



**Figura 17:** Resultados de turbidez nos pontos de coleta. **Fonte:** Autores, 2022.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Foi encontrada poluição plástica em todos os pontos de coleta, nos períodos de estiagem e de chuva, sendo indicativo de potencial presença de microplásticos;
- Foi identificado microplásticos em 62,5% das amostras, evidenciando que os pontos de encontro entre os afluentes analisados e o Lago da UHE Luis Eduardo Magalhães apresentam partículas microplásticas;
- Foi identificado microplásticos em todos os cursos hídricos analisados, denotando o problema existente em torno da produção e descarte inadequado de plásticos no meio ambiente;
- 58,33% das amostras do período de estiagem e 66,70% das amostras do período chuvoso apresentaram microplásticos;
- Foi verificado que alguns plásticos flexíveis, como fragmentos de sacolas utilizadas em supermercado, não apresentaram bom comportamento na etapa de peneiramento, atravessando as peneiras e não sendo quantificados;
- Foi aferida maior média de massa de microplásticos nas amostras coletadas durante o período chuvoso, sendo um indicativo de que o carreamento de resíduos plásticos presentes na cidade, proporcionado pelas águas pluviais, pode aumentar a contaminação por MP nos meios aquáticos;
- O procedimento metodológico proposto pelo trabalho foi eficiente;
- A metodologia modificada mostrou-se eficiente na determinação do MP nas amostras tendo um custo reduzido em relação à metodologia padrão;

- A substituição do Tungstato de sódio (reagente padrão da metodologia proposta) por cloreto de sódio ou sacarose, mitiga o descarte no meio ambiente de um reagente contendo metal ecotóxico (tungstênio presente no tungstato);
- O método de baixo custo proposto foi eficiente na identificação de partículas plásticas;
- É necessária a realização de mais pesquisas envolvendo a identificação de microplásticos e nanoplásticos nos recursos hídricos no estado do Tocantins;
- É preciso que surjam pesquisas que visem avaliar os riscos biológicos que os nano e microplásticos possam causar à biota da região e à saúde humana;
- É importante que a sociedade seja sensibilizada sobre a necessidade de reduzir o consumo de plástico e buscar alternativas e materiais menos degradantes ao meio ambiente, visando a sustentabilidade para as atuais e gerações futuras, assim como, para a possibilidade de um ambiente saudável para todas as espécies que nele habitam.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, v. 62, n. 8, p. 1596–1605, 2011.

ANDRADY, A. L., NEAL, M. A., Applications and Societal Benefits of Plastics, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 364, pp. 1977-1984, 2009.

BESSELING, E; QUIK, J. T; SUN, M; KOELMANS, A. A. Fate of nano- and microplastic in freshwater systems: A modeling study. *Science Direct*. 2017. VI.220. 540-548. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.001>>. Acesso em: 02 out. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Produção e consumo sustentáveis. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel.html#:~:text=Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20consumo%20sustent%C3%A1veis%20%C3%A9,e%20fomenta%20a%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de>>. Acesso em: 27 set. de 2021.

CASTRO, R. O.; LOPES, M.; ARAÚJO, F. V. DE. Review on microplastic studies in Brazilian aquatic ecosystems. *Ocean and Coastal Management*, v. 165, n. May, p. 385–400, 2018.

ECCIB. Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio - cadeia: plásticos. COUTINHO, LG. Campinas: UNICAMP, 2002.

FILHO, S. E. N. C; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um Igarapé da cidade de Manaus/AM - Amazônia Central. *Acta Amazônia*. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1809-43922001311089>>. Acesso em: 02 de out. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 1991: resultados preliminares. Rio de Janeiro: 1992

ISWA. International Solid Waste Association. ISWA Global Newsletter December 2018. Disponível em: <<https://mailchi.mp/iswa/global-newsletter-december-2018>>. Acesso em: 27 set. de 2021.

JENNER L.C., SADOFSKY L. R. Detection of microplastics in human lung tissue using uFTIR spectroscopy. *Science of The Total Environment*. Volume 831, 20 July 2022.

J. KRAMM AND C. VOLKER. Freshwater Microplastics. *The Handbook Of Environmental Chemistry*, [S.L.], v. 58, n. 1, p. 229-243, jan. 2018. Springer International Publishing. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5>.

JONES, F. A ameaça dos microplásticos. *Rev. Fapesp*, 2019. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content>> Acesso em: 02 out. 2021.

LAMBERT, S.; WAGNER, M. Microplastics Are Contaminants of Emerging Concern in Freshwater Environments: An Overview. *Freshwater Microplastics* pp 1-23. Part of the *The Handbook of Environmental Chemistry* book series (HEC, volume 58). 2017. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-61615-5\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-61615-5_1)>. Acesso em: 02 out. 2021.

PALMAS, Prefeitura Municipal de. Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas – TO. Anexo III ao Decreto nº 700, de 15 de janeiro de 2014. Vol III: Drenagem Urbana. Palmas. 2014.

PLASTICEUROPE. *Plastics – the Facts 2017: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. 2017. Disponível em: <[https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics\\_the\\_facts\\_2017\\_FINAL\\_for\\_website\\_one\\_page.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf)>. Acesso em: 27 set. de 2021.

RIOS, L. M.; MOORE, C.; JONES, P. R. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin*, v. 54, n. 8, p. 1230-1237, 2007

SILVA, Ana Elisa Pereira et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 4, n. 38, p. 733-742, ago. 2008.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da; SOUZA, Lucas Barbosa e. UMA ABORDAGEM FENOMENOLÓGICA SOBRE O CLIMA E O CONFORTO TÉRMICO EM PALMAS, TOCANTINS, BRASIL. *Revista Brasileira de Climatologia*, Palmas - To, v. 30, n. 1, p. 731-752, jun. 2022.

Olivatto, GP; Carreira, R; Tornisielo, VL; Montagner, CC. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. *Rev. Virtual Quim*. 2018, 10 (6), no prelo.

QIUA, Y; ZHENG, M.; WANG, L.; ZHAO, Q.; LOU, Y.; SHI, L.; QU, L.; MAR. *POLLUT. Bull*. 2019, 146, 718.

THOMPSON, R. C, MOORE, C. J, SAAL, F.S, SWAN, S. H, *Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends*, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, n. 364, pp. 2153-2166, 2009.

VARGAS, Julia et al.. MICROPLÁSTICOS: uso na indústria cosmética e impactos no ambiente aquático. *Química Nova*, [S.L.], v. 45, n. 6, p. 705-711, mar. 2022. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170870>.

WANG, F.; SHIH, K. M.; LI, X. Y. The partition behavior of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanesulfonamide (FOSA) on microplastics. *Chemosphere*, v. 119, p. 841-7, 2015.

WINDSOR, F. M.; DURANCE, I.; HORTON, A. A. et al.. A catchment-scale perspective of plastic pollution. *Global Change Biology* (2019),25:1207–1221. Disponível em: <DOI: 10.1111/gcb.14572>. Acesso em: 02 out. 2021.

## **ANEXO II**

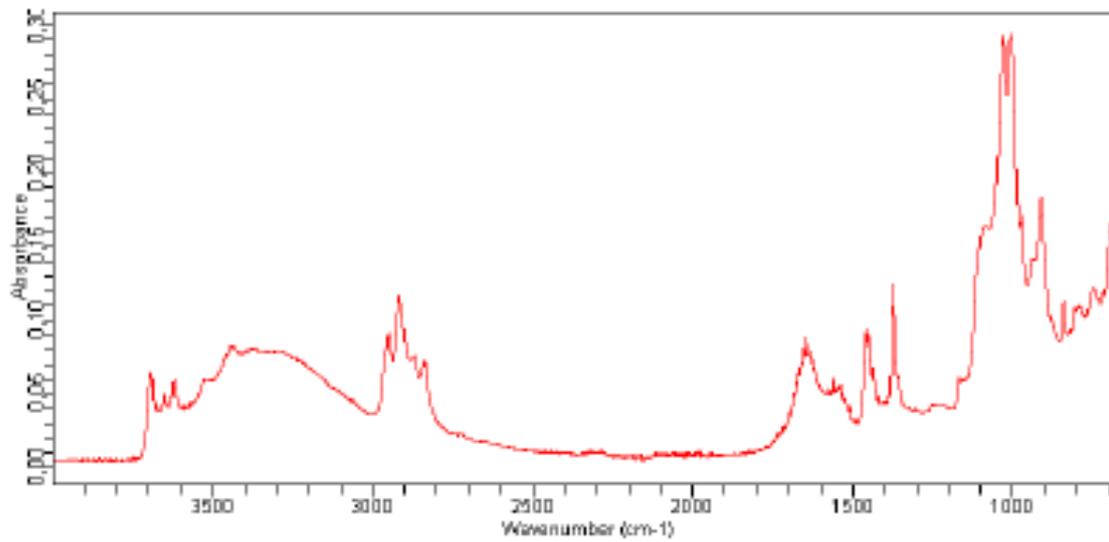
*Análises por Infravermelho*

# Ponto A - Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande (Amostra 1)



**Agilent Technologies**

Sample ID:	2023-01-25T17-05-38	Method Name:	Method01
Sample Scans:	32	User:	admin
Background Scans:	32	Date/Time:	25/01/2023 17:04:01
Resolution:	2 cm-1	Range:	4.000,00 - 650,00
System Status:	Good	Apodization:	Happ-Genzel
File Location:	C:\Program Files\Agilent\MicroLab PC\Results\2023-01-25T17-05-38.a2r		

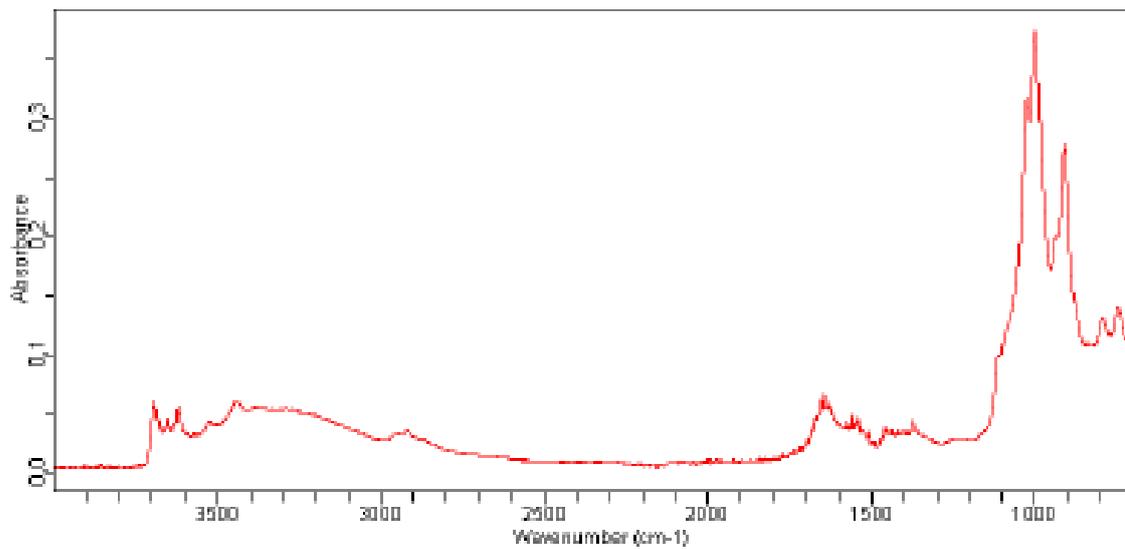


## Ponto A - Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande (Amostra 2)



**Agilent Technologies**

Sample ID:	2023-01-25T17-12-23	Method Name:	Method01
Sample Scans:	32	User:	admin
Background Scans:	32	Date/Time:	25/01/2023 17:08:13
Resolution:	2 cm-1	Range:	4.000,00 - 650,00
System Status:	Good	Apodization:	Happ-Genzel
File Location:	C:\Program Files\Agilent\MicroLab PC\Results\2023-01-25T17-12-23.a2r		

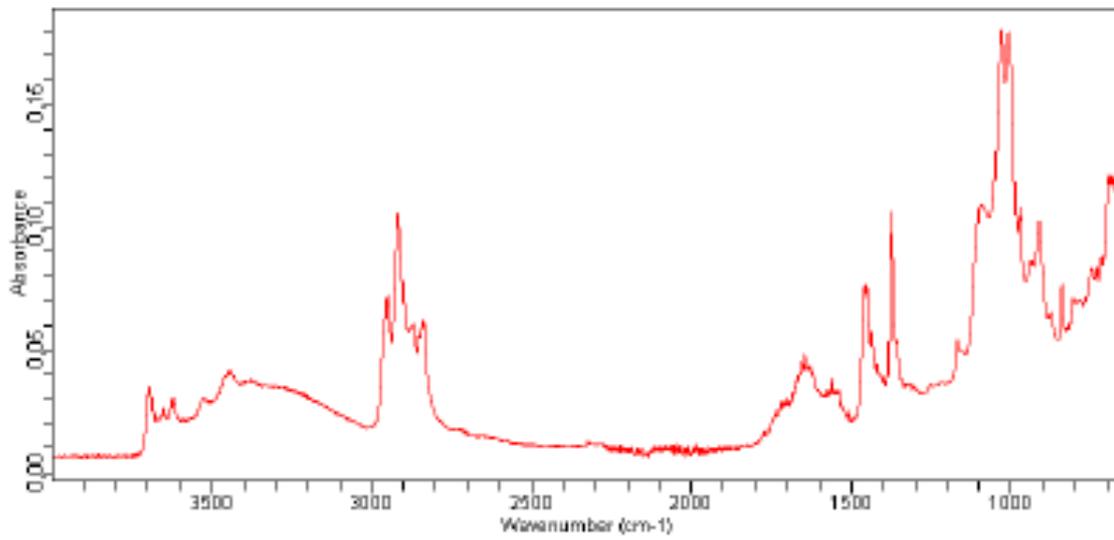


**Ponto A - Córrego Machado e Rio Taquaruçu Grande (Amostra 3)**



**Agilent Technologies**

Sample ID:	2023-01-25T17-15-31	Method Name:	Method01
Sample Scans:	32	User:	admin
Background Scans:	32	Date/Time:	25/01/2023 17:14:33
Resolution:	2 cm-1	Range:	4.000,00 - 650,00
System Status:	Good	Apodization:	Happ-Genzel
File Location:	C:\Program Files\Agilent\MicroLab PC\Results\2023-01-25T17-15-31.a2r		



## Ponto B - Córrego Brejo Comprido (Amostra 1)



Sample ID: 2023-01-25T17-19-16

Method Name: Method01

Sample Scans: 32

User: admin

Background Scans: 32

Date/Time: 25/01/2023 17:18:33

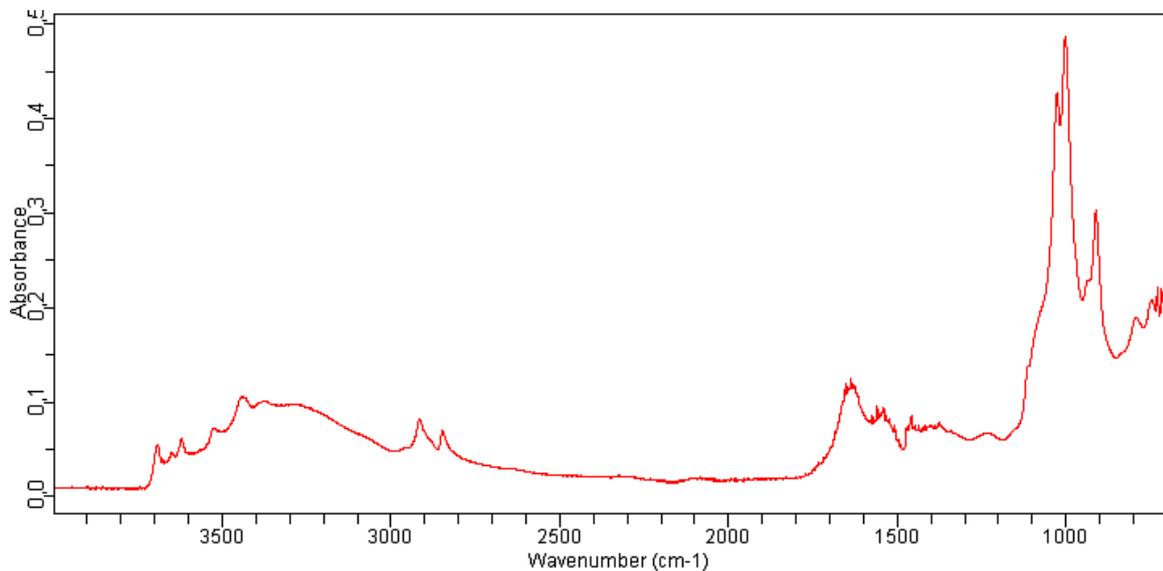
Resolution: 2 cm-1

Range: 4.000,00 - 650,00

System Status: Good

Apodization: Happ-Genzel

File Location: C:\Program Files\Agilent\MicroLab PC\Results\2023-01-25T17-19-16.a2r

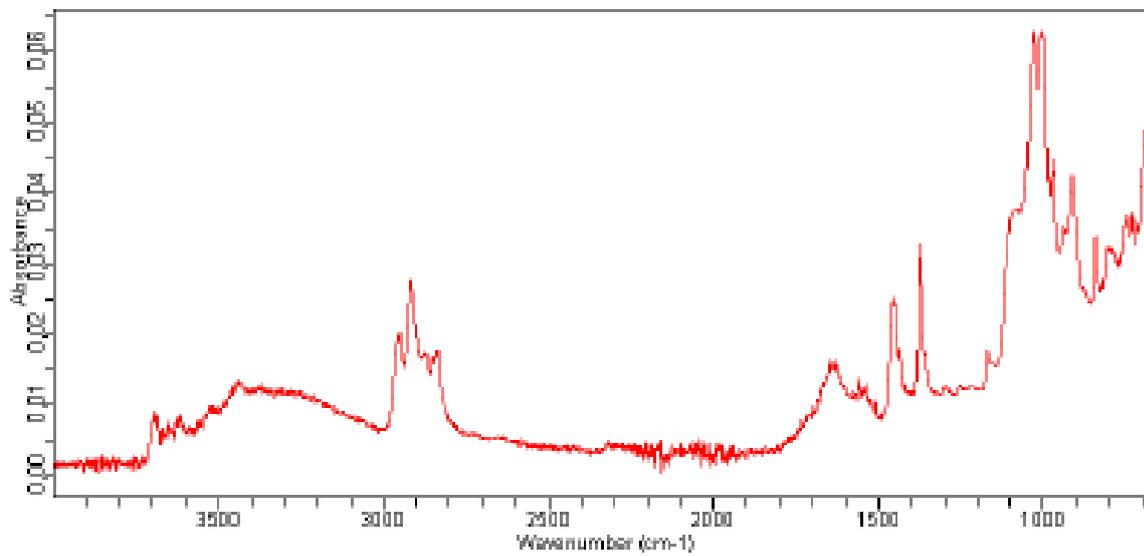


## Ponto B - Córrego Brejo Comprido (Amostra 2)



### Agilent Technologies

Sample ID:	2023-01-25T17-22-04	Method Name:	Method01
Sample Scans:	32	User:	admin
Background Scans:	32	Date/Time:	25/01/2023 17:21:14
Resolution:	2 cm-1	Range:	4.000,00 - 650,00
System Status:	Good	Apodization:	Happ-Genzel
File Location:	C:\Program Files\Agilent\MicroLab PCR\Results\2023-01-25T17-22-04.a2r		

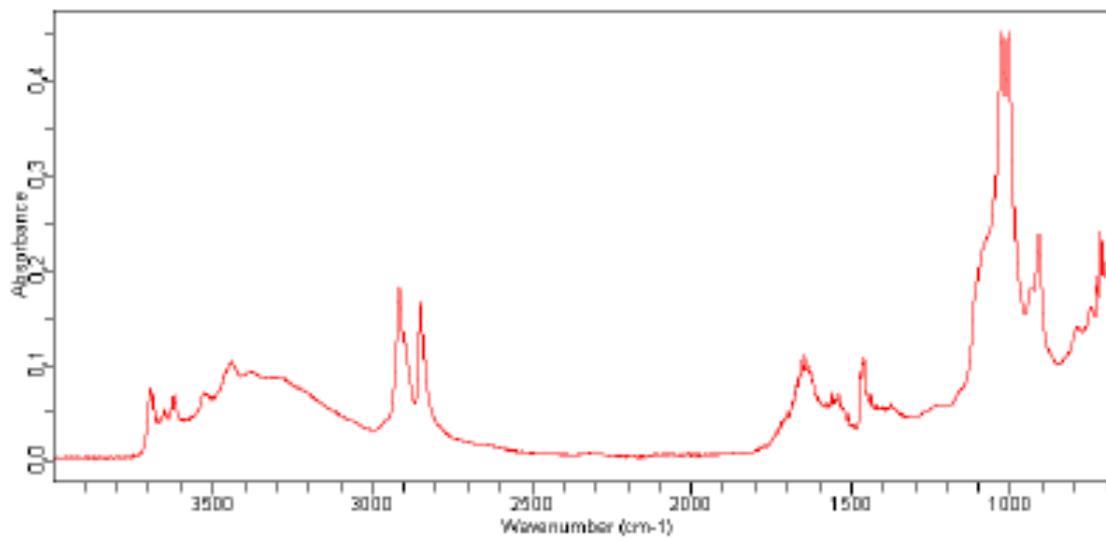


## Ponto B - Córrego Brejo Comprido (Amostra 3)



**Agilent Technologies**

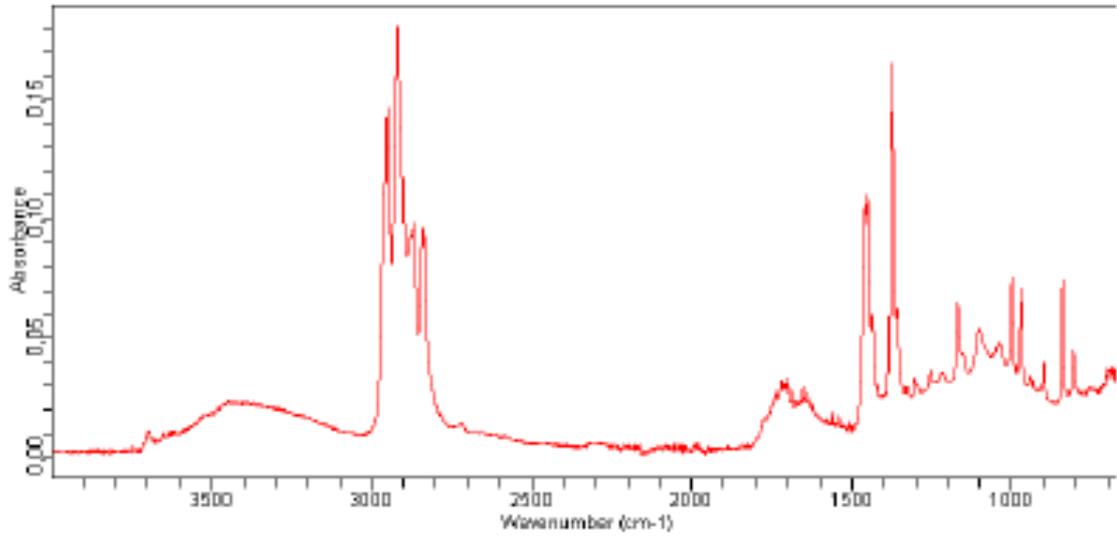
Sample ID:	2023-01-25T17-24-57	Method Name:	Method01
Sample Scans:	32	User:	admin
Background Scans:	32	Date/Time:	25/01/2023 17:24:18
Resolution:	2 cm-1	Range:	4.000,00 - 650,00
System Status:	Good	Apodization:	Happ-Genzel
File Location:	C:\Program Files\Agilent\MicroLab PCR\Results\2023-01-25T17-24-57.a2r		



# Ponto C – Córrego Prata (Amostra 1)



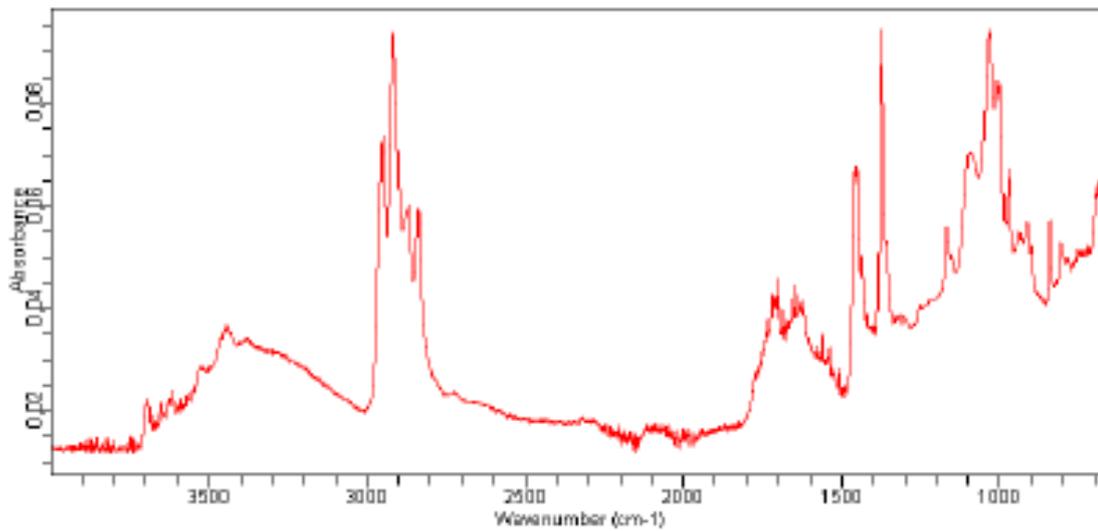
Sample ID:	2023-01-25T16-43-39	Method Name:	Method01
Sample Scans:	32	User:	admin
Background Scans:	32	Date/Time:	25/01/2023 16:42:51
Resolution:	2 cm-1	Range:	4.000,00 - 650,00
System Status:	Good	Apodization:	Happ-Genzel
File Location:	C:\Program Files\Agilent\MicroLab PC\Results\2023-01-25T16-43-39.a2r		



Ponto C – Córrego Prata (Amostra 2)



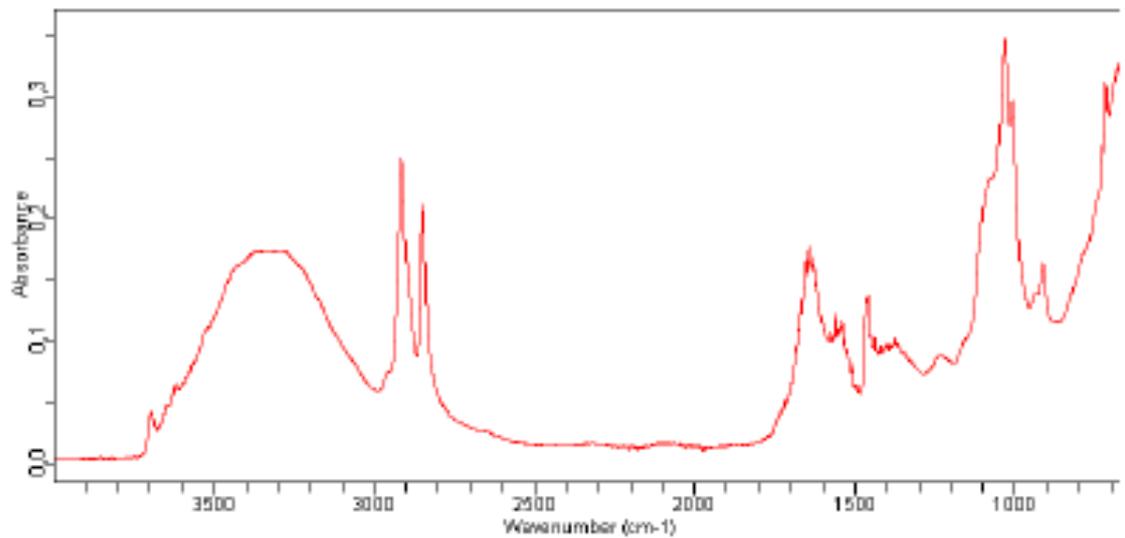
Sample ID:	2023-01-25T16-47-27	Method Name:	Method01
Sample Scans:	32	User:	admin
Background Scans:	32	Date/Time:	25/01/2023 16:48:32
Resolution:	2 cm-1	Range:	4.000,00 - 650,00
System Status:	Good	Apodization:	Happ-Genzel
File Location:	C:\Program Files\Agilent\MicroLab PCR\Results\2023-01-25T16-47-27.a2r		



Ponto C – Córrego Prata (Amostra 3)



Sample ID:	2023-01-25T16-52-17	Method Name:	Method01
Sample Scans:	32	User:	admin
Background Scans:	32	Date/Time:	25/01/2023 16:51:38
Resolution:	2 cm-1	Range:	4.000,00 - 650,00
System Status:	Good	Apodization:	Happ-Genzel
File Location:	C:\Program Files\Agilent\MicroLab PC\Results\2023-01-25T16-52-17.a2r		



## Ponto D – Praia da Graciosa (Amostra única)



**Agilent Technologies**

Sample ID:	2023-01-25T16-19-21	Method Name:	Method01
Sample Scans:	32	User:	admin
Background Scans:	32	Date/Time:	25/01/2023 16:18:04
Resolution:	2 cm-1	Range:	4,000,00 - 650,00
System Status:	Good	Apodization:	Happ-Genzel
File Location:	C:\Program Files\Agilent\MicroLab PCR\Results\2023-01-25T16-19-21.a2r		

