



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BELÉM  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA**

**PRISCILLA DA SILVA BARBOSA**

**INGESTÃO DE PARTÍCULAS DE PLÁSTICO PELO PACU-CURUPETÉ  
*Tometes kranponhah* (SERRASALMIDAE), PEIXE ENDÊMICO DO RIO  
XINGU, BRASIL**

**BELÉM/PA**

**2018**

**PRISCILLA DA SILVA BARBOSA**

**INGESTÃO DE PARTÍCULAS DE PLÁSTICO PELO PACU-CURUPETÉ**  
***Tometes kranponhah* (SERRASALMIDAE), PEIXE ENDÊMICO DO RIO**  
**XINGU, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará, como requisito, para a obtenção do título em nível de mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientador: Dr. Tommaso Giarrizzo

Coorientador: Dr. Marcelo Costa Andrade

**BELÉM/PA**

**2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a)

---

D111d Da Silva Barbosa, Priscilla

Ingestão de Partículas de Plástico pelo Pacu-curupeté *Tometes  
kranponhah* (SERRASALMIDAE), Peixe Endemico do Rio Xingu, Brasil /  
Priscilla Da Silva Barbosa. – 2018

41 f.: il. color

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP), Instituto de Ciências  
Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Tommaso Giarrizzo

Coorientação: Prof. Dr. Marcelo Costa Andrade.

1. Amazônia, Poluição Aquática. 2. Microplástico, Polímeros.  
3. Ingestão, Dieta. 4. Peixes de  
Corredeiras. 5. Saneamento Básico. I. Giarrizzo, Tommaso, *orient.*  
II. Título

---

CDD 577.609811

**PRISCILLA DA SILVA BARBOSA**

**INGESTÃO DE PARTÍCULAS DE PLÁSTICO PELO PACU-CURUPETÉ**  
***Tometes kranponhah* (SERRASALMIDAE), PEIXE ENDÊMICO DO RIO**  
**XINGU, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas.

**Data: 19/02/2018**

**Orientador:**

Prof. Dr. Tommaso Giarrizzo  
Universidade Federal do Pará (PPGEAP)

**Coorientador:**

Prof. Dr. Marcelo Costa Andrade  
Universidade Federal do Pará (PPGEAP)

**Examinadores:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rossineide Martins da Rocha  
Universidade Federal do Pará (PPGEAP)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Bianca Bentes da Silva  
Universidade Federal do Pará (IECOS)

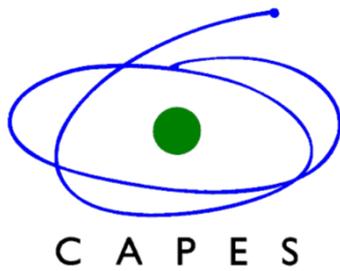
Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho  
Universidade Federal do Pará (PROFCIAMB)

**Suplentes:**

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Lima  
Instituto Evandro Chagas/PA (PPGEAP)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lílian Lund Amado  
Universidade Federal do Pará (PPGEAP)

## INSTITUIÇÕES DE APOIO E FONTE FINANCIADORA



## EPÍGRAFE

*“Descobrir consiste em olhar para o  
que todo mundo está vendo e pensar  
uma coisa diferente”.*

(Roger Von Oech)

## **DEDICATÓRIA**

Ao grande amor da minha vida, Elias, és meu único e melhor caminho, ao meu esposo pelo carinho, apoio, amizade, companheirismo e todo amor que tem por mim, aos meus pais pelos ensinamentos e por serem meu porto seguro e aos meus irmãos e amigos.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por me conceder força e coragem para seguir em frente sempre.

Agradeço à **Universidade Federal do Pará (UFPA)**, por meio do **Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP)** pela importante contribuição para minha formação.

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** Conselho pela concessão da bolsa de Mestrado. Aos meus orientadores **Dr. Tommaso Giarrizzo** e **Dr. Marcelo Andrade**, por me acolherem em seu grupo, pela atenção, paciência (muita paciência!!!), valorosos ensinamentos e amizade.

Aos grandes e queridos amigos do **Grupo de Ecologia Aquática – GEA**, Fabíola, Rory, Kurt, Juliana, Sarita e Paulo pela amizade, apoio, carinho e pelos momentos de risadas e loucuras que só acontece nesse laboratório. Em especial a Tamy, uma amizade que levarei por toda minha vida, foi uma prazer imensurável te conhecer e muito, muito obrigada por ser essa parceira (microplastic team!!!), e deixar essa jornada um pouco mais leve, por sempre escutar meus desabafos, onde na maioria das vezes estava na “bad” pensando em desistir, mas sempre me incentivava, sério nossos momentos de risadas foram um “escape psicológico” para me manter sã e não posso me esquecer das caronas que me salvavam!!. Agradeço também aos estagiários do GEA, gente vocês são incríveis, sem sombra de dúvidas vocês foram o equilíbrio para minha sanidade mesmo sendo todos nós loucos, ainda assim sou imensamente grata por isso!!!

Aos colegas da turma de mestrado/2016, por juntos ultrapassar cada dificuldade (as disciplinas que exigiam nossas almas, rrsr). Ao meu grande amigo a quem tive profundo carinho e respeito, mas que infelizmente já não está entre nós, **Célio Soares** (*in memoriam*), que me incentivava, me ajudava, com quem podia sempre contar... enfim, meu amigo você faz uma falta imensa. Aos meus familiares por todo apoio e incentivo, não deixando de acreditar em mim em nenhum momento.

Ao meu filho, Elias que foi e sempre será o motivo ao qual darei o meu melhor, sempre!!! Ao meu esposo, Allan que sempre, sempre me incentivou e apoiou em todos os momentos, reafirmando o que juramos perante o juiz, na alegria e na tristeza, na saúde e na doença, na riqueza e na pobreza e em todos os dias de nossas vidas, onde nem a morte se atreverá a nos separar (que Deus nos abençoe e nos permita manter nossa união, assim, para sempre!!).

Por fim a todos aqueles que durante toda esta jornada contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desta etapa, e principalmente aqueles que algum dia duvidaram da minha capacidade, eis aqui o início de muitas outras vitórias que estão por vir!

MUITO OBRIGADA!!!!

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Fragmentação de produtos plásticos e a ingestão acidental de detritos plásticos – *Fonte adaptada de: vivoverde.com.br.* - ..... 13
- Figura 2. Lixo plástico, como sacolas, redes de pesca, tampas de garrafas, fibras sintéticas e pedaços pequenos de objetos plásticos encontrados nos estômagos de animais aquáticos – *Fonte adaptada de: bioorbis.org.* ..... 16
- Figura 3. Ambientes encachoeirados do Rio Xingu, Rochas cobertas pela macrófita Podostomaceae, plantas típicas de corredeiras e cachoeiras que fazem parte da dieta das espécies de *Tometes*. ..... 24
- Figura 4. *Tometes kranponhah*, MPEG 31006, macho adulto, 32 cm CP – Fonte: ANDRADE, M.C., 2013. .... 25
- Figura 5. Pontos amostrais de onde os exemplares de *Tometes kranponhah*; 1) Iriri; 2) Boa Esperança; 3) Ilha da Fazenda e 4) CNEC. .... 26
- Figura 6. Curva coletor realizada a partir dos itens alimentares de *Tometes kranponhah*, amostrado no rio Xingu entre 2012 e 2015, onde S representa a riqueza de indivíduos em cada classe de tamanho. .... 31
- Figura 7. Análise de coordenadas principais (PCoA) baseada na frequência em biomassa dos 10 itens alimentares da dieta de *Tometes kranponhah*, amostrado no rio Xingu entre 2012 e 2015. .... 32
- Figura 8. Espectros obtidos por FT-IR VERTEX 70v dos polímeros de microplásticos encontrados nos conteúdos estomacais de *Tometes kranponhah*, peixes coletados no rio Xingu entre 2012 e 2015. Legendas: 1: Filamento branco; 2: Filamento azul; 3: Nylon; 4: Filamento preto; 5: Filamento vermelho; 6: Fragmento vermelho; 7: Fragmento amarelo; 8: Fragmento branco; 9: Fragmento azul e 10: Fragmento preto. .... 34
- Figura 9. Microplásticos encontrados nos estômagos de *Tometes kranponhah*, peixes coletados no rio Xingu entre 2012 e 2015. Legendas: 1: Filamento vermelho; 2: Filamento azul; 3: Nylon; 4: Fragmento azul; 5: Fragmento amarelo e 6: Fragmento vermelho ... 35
- Figura 10. Análise de Coordenadas Principais dos microplásticos encontrados em *Tometes kranponhah*, peixes coletados no rio Xingu entre 2012 e 2015. Legendas: Fr. Pr: Fragmento preto; Fr. Az: Fragmento azul; Fr. Br: Fragmento branco e Fi. Pr: Filamento preto. .... 37
- Figura 11. Variação do comprimento dos microplásticos encontrados em juvenis e adultos de *Tometes kranponhah*, peixes coletados no rio Xingu entre 2012 e 2015. .... 37

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO</b> .....	12
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
1.1 FONTES DE MICROPLÁSTICO NO SISTEMA AQUÁTICO .....	13
1.2 PRESENÇA DE MICROPLÁSTICO EM SISTEMA DE ÁGUA DOCE.....	14
1.3 OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES .....	15
<b>CAPÍTULO I</b> .....	18
Primeira evidência de ingestão de microplástico por uma espécie de peixe do rio Xingu, Amazônia .....	18
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
2.1 ÁREA DE ESTUDO .....	22
2.2 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA ESPÉCIE .....	23
2.3 ECOLOGIA .....	23
2.4 DELINEAMENTO AMOSTRAL .....	25
2.5 MÉTODOS DE CAPTURA .....	26
2.6 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS .....	27
<b>2.6.1 Peixes</b> .....	27
<b>2.6.2 Análise dos conteúdos estomacais</b> .....	27
<b>2.6.3 Quantificação e classificação do microplástico</b> .....	28
<b>2.6.4 Análise de Espectroscopia Eletrônica (FT-IR e FT-RAMAN)</b> .....	28
<b>2.6.5 Análise dos dados</b> .....	29
3.1 CONTEÚDOS ESTOMACAIS .....	30
3.2 ANÁLISE DA ESTRATÉGIA ALIMENTAR .....	31
3.3 ESPECTROSCOPIA ELETRÔNICA .....	33
3.4 CARACTERÍSTICA DOS MICROPLÁSTICOS .....	34
3.5 INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS .....	35
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	38
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	42

## RESUMO

A dispersão de plásticos nos ecossistemas aquáticos vem trazendo prejuízo à natureza, pois sua degradação resulta em partículas menores (microplásticos), geralmente ingeridas acidentalmente por organismos aquáticos. A presença do microplástico como poluidor está associada ao crescimento populacional desorganizado das cidades às margens dos corpos hídricos. Nesse contexto, o presente estudo pretendeu avaliar a ocorrência de microplásticos num rio Amazônico baseado nos conteúdos estomacais do pacu-curupeté *Tometes kranponhah*, espécie endêmica da bacia hidrográfica do rio Xingu. Os peixes foram coletados no rio Xingu, em quatro pontos amostrais na área de influência da Usina Hidrelétrica de Belo Monte (UHBM), município de Altamira, entre os anos de 2012 e 2015 quando ocorreu um intenso e desordenado crescimento da população devido à construção da UHBM. Um total de 157 indivíduos foram analisados, dos quais 33,3% apresentaram ingestão de microplástico. Os resultados, obtidos através análises multivariadas levando-se em consideração as variações ontogenéticas (i.e., juvenis e adultos) da espécie, sugerem que o rio Xingu é vulnerável à poluição por partículas microplásticas, e que a urbanização desordenada de Altamira é um fator agravante contribuindo na poluição desse corpo hídrico. O presente estudo é pioneiro na região Amazônica e aborda a temática de poluição aquática por plásticos em peixes de água doce.

Palavras-chave: Amazônia, ecologia, polímero, poluição aquática, água doce, saneamento básico.

**ABSTRACT**

The dispersion of plastics in aquatic ecosystems has been causing damage to the nature, because its degradation results in smaller particles (microplastics), usually ingested accidentally by aquatic organisms. The presence of microplastic as a pollutant is associated with the disorganized population growth of the riverside cities. In this context, the present study intended to evaluate the occurrence of microplastics in an Amazonian river based on the stomach contents of the rubber meat pacu, *Tometes kranponhah*, endemic species of the Xingu River. The fish were collected in four collect sites in the Xingu River at influence area of the Belo Monte hydroelectric power plant (BMHPP), Altamira city, between the years 2012 and 2015 when an intense and disorderly growth of the population occurred due to the construction of the BMHPP. A total of 157 specimens were analyzed, of which 33.3% presented microplastic ingestion. The results, obtained through multivariate analyses considering the ontogenetic shifts (i.e., juveniles and adults) of the species, suggesting the vulnerability of the Xingu River to the pollution by microplastic particles, and that the disordered urbanization of Altamira enhance the pollution of this watershed. The present study is pioneer in the Amazon and addresses the aquatic pollution by plastics in freshwater fish.

Keywords: Amazon, ecology, polymer, aquatic pollution, freshwater, basic sanitation.

## **ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A dissertação foi elaborada em formato de artigo científico, de acordo com o Regimento em vigor (Resolução nº. 4.782, de 24 de fevereiro de 2016, processo nº. 030198/2015), do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará. A dissertação é composta por uma Introdução Geral, Objetivos Geral e Específicos, Capítulo em formato de Artigo Científico.

A introdução geral aborda uma breve apresentação sobre a poluição aquática ocasionada pela ação humana devido à proximidade de rios em tornos de áreas urbanas, o despejo incorreto de resíduos sólidos, a ineficiência dos sistemas de tratamentos de esgotos, a contaminação dos rios de água doce por plásticos e, conseqüentemente, microplásticos e a ingestão desses por peixes, as figuras estão em inglês. O capítulo referente ao artigo será submetido ao periódico *Environmental Pollution*, e foi preparado com o objetivo de relatar a poluição por microplásticos tendo como base análises de conteúdos estomacais de uma espécie de peixe de um rio Amazônico.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1 FONTES DE MICROPLÁSTICO NO SISTEMA AQUÁTICO

Os Ambientes marinhos e de água doce no Brasil vêm sofrendo com poluição por componentes plásticos. Estes componentes são originados a partir de resinas derivadas do petróleo, pertencem ao grupo dos polímeros, que são cadeias longas de moléculas, conhecidas como monômeros (BIASOTO & MENDES, 2004). Os plásticos são determinados pela extensão e estrutura desses polímeros. Além de garrafas PET (politereftalato de etileno), sacolas e embalagens de alimentos, entre outros objetos, os ambientes aquáticos em todo o mundo têm sido contaminados com minúsculos detritos plásticos, oriundos da fragmentação dos plásticos maiores, sendo encontrado principalmente em forma de partículas de tamanho inferior a 5 mm (WRIGHT et al., 2013), os quais são denominados de microplástico (Fig. 1).

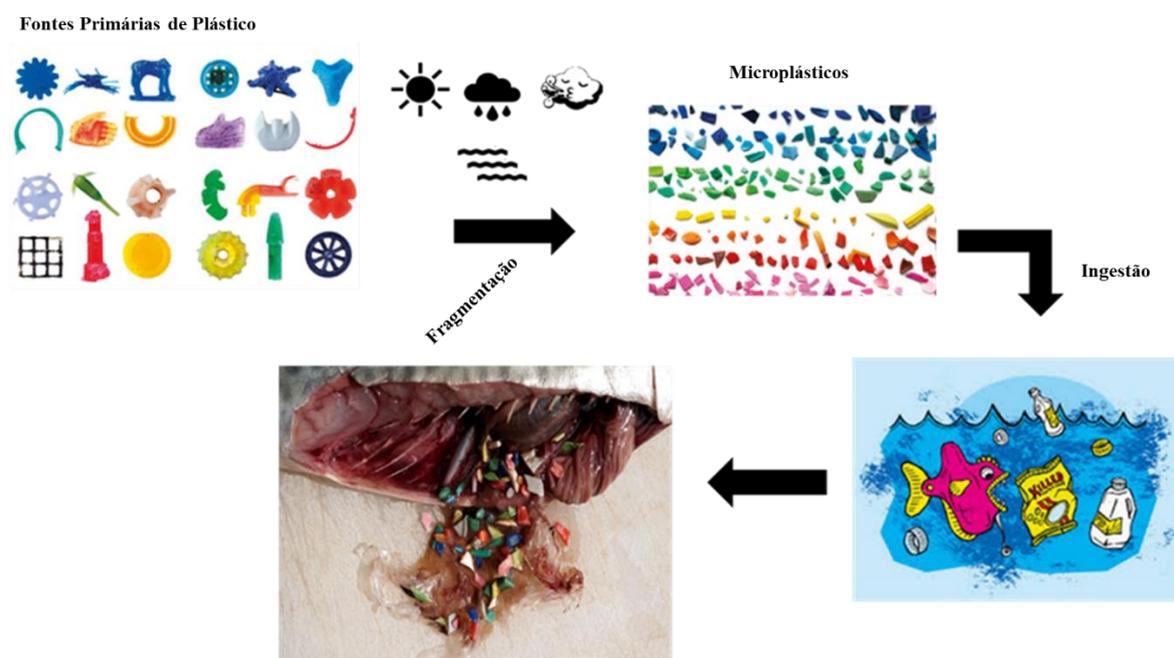


Figura 1. Fragmentação de produtos plásticos e a ingestão acidental de detritos plásticos – Fonte adaptada de: [vivoverde.com.br](http://vivoverde.com.br).

Os microplásticos estão amplamente dispersos nos sistemas aquáticos sendo liberados no meio ambiente a partir de fontes primárias e secundárias. As fontes primárias de microplásticos são produzidas pela indústria de cosméticos e utensílios de limpeza, sendo usadas como micropartículas esfoliantes encontradas em cremes dentais e sabonetes (GREGORY, 1996; FENDALL & SEWELL, 2009; COLE et al., 2011; DRIS

et al., 2015; FOK & CHEUNG, 2015). Essas micropartículas, em formato de microesferas, são conhecidas como pelotas ou *pellets*, e estão presentes nas águas residuais, industriais e domésticas, as quais são lançadas em rios e estuários alcançando finalmente os oceanos (EERKES-MEDRANO et al., 2015). Já as fontes secundárias de microplástico são resultado da fragmentação de materiais plásticos através de processos físicos, químicos e biológicos (THOMPSON, 2004; BROWNE et al., 2007; RYAN et al., 2009). Estes fragmentos se originam de materiais como linhas e redes de pesca, fibras têxteis, sacolas, garrafas pets, dentre outros tantos materiais plásticos descartados no meio ambiente que posteriormente são transportados para os sistemas aquáticos. Além disso, os microplásticos oriundos de fontes secundárias estão fortemente associados a cidades de grande densidade populacional localizadas às proximidades de rios, lagos e oceanos (BROWNE et al., 2011; DOYLE et al., 2011; BALLENT et al., 2012; DESFORGES et al., 2014; SILVA-CAVALCANTI et al., 2017).

## 1.2 PRESENÇA DE MICROPLÁSTICO EM SISTEMA DE ÁGUA DOCE

O conhecimento atual sobre a acumulação e os efeitos dos plásticos em sistemas de água doce é bem menos explorado comparado com que se sabe sobre os plásticos presentes no ambiente marinho (THOMPSON et al., 2009; NIZETTO et al., 2016; LEBRETON et al., 2017). Porém, os ambientes aquáticos continentais são igualmente contaminados por microplásticos. De acordo com Sanchez (2014), foram encontradas partículas de plástico em amostras de águas superficiais no lago de Genebra na Suíça (FAURE et al., 2012), nos grandes lagos americanos (ERIKSEN et al., 2013), e no lago de Garda na Itália (IMHOF et al., 2013). Para os sistemas de água doce, os primeiros estudos sugerem que a presença de microplástico é tão evidente quanto em sistemas costeiros.

Relatos de ocorrência de microplástico para ambientes aquáticos continentais são recentes, sendo detectados inicialmente para a Europa (FAURE et al, 2012; IMHOF et al, 2013; LECHNER et al, 2014; WAGNER et al, 2014; SADRI & THOMPSON, 2014), América do Norte (MOORE et al., 2001; LOURINHÃ & CORCORAN, 2011; ERIKSEN et al., 2013; HOELLEIN et al., 2014; LOURINHÃ et al., 2014), e Ásia (FREE et al., 2014). Além disso, esses estudos relataram ainda que a fauna do ambiente acaba ingerindo o microplástico.

A presença de microplásticos em ambientes de água doce é ocasionada pelo despejo de lixos além de outros fatores que incluem proximidade com os centros urbanos, densidade populacional humana nos arredores de rios e lagos, tempo de residência que o microplástico se encontra na água, tipo de gerenciamento dos resíduos sólidos e o tratamento dos esgotos (MOORE et al., 2011; ZBYSZEWSKI & CORCORAN, 2011; ERIKSEN et al., 2013; FREE et al., 2014).

### 1.3 OCORRÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS EM PEIXES

Quando dispersos no meio ambiente, os microplásticos tornam-se um risco para a biodiversidade, pois podem causar efeitos tóxicos e físicos na biota, tais como o acúmulo e magnificação de diferentes contaminantes (MATO et al., 2001), como por exemplo os poluente inorgânicos, como os metais pesados (HOLMES et al., 2012; ZICCARDI et al., 2016). Entretanto, os impactos comumente mais estudados quando relacionados aos microplásticos na biota são seus efeitos físicos, tais como morte por ingestão e sufocação/asfixia (BARNES et al., 2009; RYAN et al., 2009; SIGLER, 2014).

Assim, a ingestão é o provável impacto mais comum associado ao microplástico, sendo este relatado para mais de 270 táxons de diferentes níveis tróficos (SILVA-CAVALCANTI et al., 2017). Entre os animais mais afetados estão os peixes, com relatos de ingestão de partículas plásticas por diferentes espécies (WRIGHT et al., 2013)

A ingestão e o acúmulo interno de plásticos são bastante conhecidos em aves, répteis e mamíferos aquáticos (Fig. 2), que podem dentre os vários danos, a redução da absorção de alimentos causando lesões internas e bloqueio no trato intestinal e consequentemente levando-os a morte (CARPENTER et al., 1972; ROTHSTEIN, 1973; ZITKO & HANLON, 1991; DRIS et al., 2015; NIZETTO et al., 2016; LEBRETON et al., 2017). Nesse sentido, a ocorrência de plásticos no canal alimentar de organismos aquáticos pode servir como indicativo de qualidade ambiental por representar o grau de poluição aquática do ecossistema (DERRAIK, 2002; GREGORY, 2009).



Figura 2. Lixo plástico, como sacolas, redes de pesca, tampas de garrafas, fibras sintéticas e pedaços pequenos de objetos plásticos causando a morte de animais aquáticos – Fonte adaptada de: bioorbis.org.

Os peixes são úteis como indicadores de qualidade ambiental aquática, pois quando ingerem os microplásticos, tem o seu comportamento, bem como a capacidade de perceber predadores alterada (MATTSSON et al., 2015), afetando ainda o seu sistema imunológico (CERDEVALL et al., 2012; MATTSSON et al., 2015). Além disso, os contaminantes liberados pelos microplásticos causam efeitos tóxicos ocasionando acúmulo de poluentes e lesões relacionadas diretamente ao nível de poluição do ambiente, seja por metais pesados, pesticidas e resíduos sólidos (doméstico ou hospitalar), provocando um aumento de reações inflamatórias acarretando em áreas necrosadas (ROCHMAN et al., 2013; LU et al., 2016), alterando também o desenvolvimento gonadal, degenerando as gônadas e a proteína do gene específico do sexo. Essas alterações podem servir como meio de identificação a ação de compostos químicos em peixes, indicando baixa qualidade do ambiente aquático devido aos efeitos deletérios nos organismos afetados (ZHAO et al., 2014).

Relatos de ingestão de microplástico por peixes são frequentes em estudos que abordam espécies marinhas, enquanto que para águas continentais esse tipo de estudo ainda é pouco explorado. Até então no Brasil existem trabalhos todos concentrados na região litorânea. Já para Amazônia não há qualquer registro de microplástico. O presente estudo, pretende relatar a presença de microplástico num rio amazônico através do estudo da dieta do pacu-curupeté, *Tometes kranponhah*, que é uma espécie endêmica do rio Xingu. Para compreender a ingestão deste microplástico foi considerada a análise dos conteúdos estomacais de acordo com a ontogenia desta espécie. O presente estudo servirá

de base para pesquisas futuras que possam elucidar as lacunas de conhecimento provocadas pela poluição ambiental aos organismos de água doce.

## CAPÍTULO I.

### **Primeira evidência de ingestão de microplástico por uma espécie de peixe do rio Xingu, Amazônia <sup>1</sup>**

Priscilla S. Barbosa <sup>2,3</sup>, Marcelo C. Andrade <sup>3</sup>, Tommaso Giarrizzo <sup>2,3</sup>  
e-mail: pri\_ufra@hotmail.com

---

<sup>1</sup> Capítulo elaborado em forma de manuscrito de acordo com o periódico “Environmental Pollution”, Qualis CAPES 2016 para área de Biodiversidade A1.

<sup>2</sup> Programa de Pós – Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará, rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém, PA.

<sup>3</sup> Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo dos Recursos Hídricos, Grupo de Ecologia Aquática, Avenida Perimetral, 2651 – Terra Firme, Belém, PA.

## Resumo

A dispersão de plásticos nos ecossistemas aquáticos vem trazendo prejuízo à natureza, pois sua degradação resulta em partículas menores (microplásticos), geralmente ingeridas acidentalmente por organismos aquáticos. A presença do microplástico como poluidor está associada ao crescimento populacional desorganizado das cidades às margens dos corpos hídricos. Nesse contexto, o presente estudo pretendeu avaliar a ocorrência de microplásticos num rio Amazônico baseado nos conteúdos estomacais do pacu-curupeté *Tometes kranponhah*, espécie endêmica da bacia do rio Xingu. Os peixes foram coletados no rio Xingu, em quatro pontos amostrais na área de influência da Usina Hidrelétrica de Belo Monte (UHBM), município de Altamira, entre os anos de 2012 e 2015 quando ocorreu um intenso e desordenado crescimento da população devido à construção da UHBM. Um total de 157 indivíduos foram analisados, dos quais 33,3% apresentaram ingestão de microplástico. Os resultados, obtidos através análises multivariadas levando-se em consideração as variações ontogenéticas (i.e., juvenis e adultos) da espécie, sugerem que o rio Xingu é vulnerável à poluição por partículas microplásticas, e que a urbanização desordenada de Altamira é um fator agravante contribuindo na poluição desse corpo hídrico. O presente estudo é pioneiro na região Amazônica.

Palavras-chave: Amazônia, ecologia, polímero, poluição aquática, água doce, saneamento básico.

## Abstract

The dispersion of plastics in aquatic ecosystems has been causing damage to the nature, because its degradation results in smaller particles (microplastics), usually ingested accidentally by aquatic organisms. The presence of microplastic as a pollutant is associated with the disorganized population growth of the riverside cities. In this context, the present study intended to evaluate the occurrence of microplastics in an Amazonian river based on the stomach contents of the rubber meat pacu, *Tometes kranponhah*, endemic species of the Xingu River. The fish were collected in four collect sites in the Xingu River at influence area of the Belo Monte hydroelectric power plant (BMHPP), Altamira city, between the years 2012 and 2015 when an intense and disorderly growth of the population occurred due to the construction of the BMHPP. A total of 157 specimens were analyzed, of which 33.3% presented microplastic ingestion. The results, obtained through multivariate analyses considering the ontogenetic shifts (i.e., juveniles and adults) of the species, suggesting the vulnerability of the Xingu River to the pollution by microplastic

particles, and that the disordered urbanization of Altamira enhance the pollution of this watershed. The present study is pioneer in the Amazon and addresses the aquatic pollution by plastics in freshwater fish.

Keywords: Amazon, ecology, polymer, aquatic pollution, freshwater, basic sanitation.

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição dos rios afeta o meio ambiente e a sociedade há décadas. Rios que cortam grandes cidades são os mais poluídos, pois têm como principal fonte poluidora o despejo irregular de lixo (WAGNER et al., 2014). Dentre os materiais oriundos do lixo e que são frequentemente encontrados nos sistemas aquáticos tem-se o plástico. O plástico é um componente orgânico de polímeros sintéticos de resinas derivado do petróleo. São materiais formados pela união de grandes cadeias moleculares compostas por monômeros (OLIVEIRA et al., 2004). Estes são produzidos através do processo químico conhecido como polimerização, que é a união química dos monômeros que formam os polímeros, servindo como matéria prima para a fabricação dos mais variados objetos. Assim, a alta durabilidade e resistência do plástico eleva os riscos ambientais quando estes são descartados de maneira inapropriada no meio ambiente (MOORE, et al., 2011).

Os produtos plásticos são amplamente utilizados no mundo moderno, com produção em larga escala que teve aumento de 40% no ano de 2015 (PLASTICS EUROPE, 2016). Muitos desses materiais plásticos que são utilizados no mundo todo acabam indo parar em rios, lagos e oceanos, com o decorrer do tempo, esses materiais passam por um processo de quebra mecânica ocasionada pela ação das chuvas, ventos, ondas e radiação solar, todo esse conjunto de fatores fazem com que esses materiais plásticos se fragmentem em pequenas partículas (com tamanhos inferiores a 5 mm), sem nunca desaparecerem dos sistemas aquáticos, caracterizando-se como microplásticos (BARNES et al., 2009). Além disso, há microplásticos sendo utilizados como matéria prima na indústria de produtos de higiene, como as microesferas utilizadas na fabricação de esfoliantes, cremes dentais, cosméticos e também fibras têxteis utilizadas para a confecção de roupas (DRIS et al., 2015).

O descarte inadequado desses poluentes no meio ambiente contribui para o agravamento desse problema. Uma das origens mais óbvias que contribui para esta problemática é o crescimento não planejado de áreas urbanas nas proximidades de rios, lagos e mares que vem alterando de maneira drástica o ecossistema aquático, levando-se em conta que o aumento da poluição nas cidades gera uma maior carga de poluentes que são escoados nos rios que cortam essas áreas urbanas (PHILIPS, 2015), em consequência a ineficiência dos sistemas de coleta e tratamento de lixo, sendo assim a principal fonte poluidora dos sistemas aquáticos (ZIMMERMAN et al., 2008). Com isso, uma das

principais causas de poluição nos rios e lagos vem desse desenvolvimento acelerado das cidades que margeiam estes sistemas (PHILIPS, 2015; LEBRETON et al., 2017).

Na região amazônica, o rio Xingu foi palco da recente construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, construída no município de Altamira, Estado do Pará. Este município teve um aumento populacional acelerado com a intensa urbanização da região. A densidade populacional de Altamira no ano de 2010 era de 99.075 hab/km<sup>2</sup>, mas em apenas cinco anos esse número aumentou para 109.938 hab/km<sup>2</sup> (IBGE 2016). Esse acréscimo populacional acarretou uma considerável pressão nos serviços de saneamento básico e infraestrutura, além de alterar o ecossistema com o despejo irregular de lixo e esgoto no meio ambiente.

Neste cenário tem-se observado a necessidade de se avaliar a ocorrência de microplástico no rio Xingu, tendo como base uma espécie de peixe endêmica do rio Xingu, *Tometes kranponhah*, pertencente ao grupo Serrasalmidae que ocorre em ambientes encachoeirados e é bem distribuída no rio. Essa espécie se alimenta preferencialmente de macrófitas aquáticas de zonas de cachoeiras. Devido ao despejo inadequado de lixo oriundo da cidade de Altamira, torna-se primeiramente necessário caracterizar a importância dos diferentes itens alimentares para a espécie, verificando como estes variam ao longo da sua ontogenia e levando em consideração a ocorrência do microplástico na dieta.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

O rio Xingu, um dos principais tributários da margem direita do baixo rio Amazonas, nasce no estado do Mato Grosso sobre a área da Serra do Roncador (paralelo 15° S) a uns 200 km de Cuiabá, e desemboca no estuário do rio Amazonas na cidade de Porto de Moz, estado do Pará (paralelo 2° S). O rio cruza a fronteira com o estado do Pará, onde corre quase que exclusivamente pelo município de Altamira, sendo conhecido também como Médio Xingu, onde é localizada a área de influência da construção de grandes empreendimentos com expressivo impacto ambiental (e.g.: UHE de Belo Monte).

A bacia do rio Xingu abrange uma superfície de drenagem de 531,250 km<sup>2</sup> composta por solos do planalto sul-amazônico (SCHOBENHAUS et al., 1984), e perfil topográfico com variações bruscas de altitude e um substrato rochoso com numerosos

acidentes geográficos, conhecidos como “cachoeiras ou corredeiras” (GHILARDI JR & CAMARGO, 2009) onde ocorrem macrófitas aquáticas que constituem grande importância para os ecossistemas aquáticos adicionando heterogeneidade ao ambiente, aumentando a diversidade de espécies devido proporcionar alimento, abrigo e hábitat para diversas espécies animais (IRGANG & GASTAL JR, 1996).

O rio Xingu possui mais de 1 km de extensão e corre, na maior parte do seu curso, no sentido Sul-Norte. Possui como seu principal afluente o rio Iriri, que nasce a aproximadamente 100 km ao Sudoeste de Altamira desaguando na margem esquerda do Xingu. E também os rios Bacajá e Bacajaí, que deságuam na margem direita do rio Xingu à altura do trecho conhecido como Volta Grande localizado a jusante de Altamira. Assim como em muitas bacias hidrográficas, o rio Xingu vem sendo ameaçado pelo aumento desorganizado da população nas margens do rio. O mais grave dos problemas é a falta de um sistema eficiente de coleta e tratamento de lixo doméstico e hospitalar, sendo esses rejeitos despejados de maneira irregular que, na maioria dos casos, tem por fim as águas do rio Xingu. Segundo os relatórios do censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, apenas 2% da população da cidade é atendida com sistema de tratamento de esgoto doméstico (IBAMA, 2015).

## 2.2 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA ESPÉCIE

*Tometes kranponhah* é conhecido apenas para o rio Xingu e tributários, a espécie é estritamente associada aos nos ambientes encachoeirados tais como corredeiras e cachoeiras, junto à afloramentos rochosos, em principais aqueles cobertos por macrófitas aquáticas como das famílias Podostomaceae, Myrtaceae e Fabaceae. Esta espécie é endêmica e amplamente distribuída na bacia do rio Xingu, ocorre no rio principal da bacia, assim como em seus tributários Iriri e Bacajá, nos territórios dos Estados Pará e Mato Grosso, Escudo Brasil Central. Além disso, a presença da espécie é confirmada para uma Unidade de Conservação, a Estação Ecológica da Terra do Meio (ESEC Terra do Meio), localizada no rio Iriri, no Estado do Pará (ANDRADE et al., 2016).

## 2.3 ECOLOGIA

É uma espécie exclusivamente reofílica, dependente de ambientes encachoeirados (Fig. 3) para sua sobrevivência, pois são nessas áreas que se alimentam e se reproduzem,

e assim completando seu ciclo de vida. Ocorrem em áreas da bacia do rio Xingu, área marcada pela presença de Myrtaceae (vegetações arbustivas) e Podostomaceae (vegetação), que são normalmente encontradas em áreas de corredeiras sobre os afloramentos rochosos cobertos por, sendo estas algas a principal fonte alimentar desta espécie (ANDRADE et al., 2016).



Figura 3. Ambientes encachoeirados do Rio Xingu, Rochas cobertas pela macrófita Podostomaceae, plantas típicas de corredeiras e cachoeiras que fazem parte da dieta das espécies de *Tometes*.

*Tometes kranponhah* é encontrado em simpatria com outras espécies reofílicas, tais como *Leporellus vittatus* (VALENCIENNES, 1850) e *Hypomasticus julii* (SANTOS, JÉGU & LIMA, 1996). Pode ser coletado em conjunto com peixes bentônicos das corredeiras, como por exemplo, as espécies *Baryancistrus xanthellus* (RAPP PY-DANIEL, ZUANON & RIBEIRO DE OLIVEIRA, 2011) e *Baryancistrus chrysolomus* (RAPP PY-DANIEL, ZUANON & RIBEIRO DE OLIVEIRA, 2011). A espécie alvo forma cardumes mistos com *Myleus setiger* (MÜLLER & TROSCHER, 1844) e *Myleus arnoldi* (AHL, 1936), embora não seja tão frequente (ANDRADE et al., 2016). Ainda segundo o autor, a formação deste cardume pode ser uma indicação de mimetismo para proteção e que peixes da espécie acima de 100 mm CP, muitas vezes, são vistos nadando em fortes correntezas com períodos de descanso atrás de rochas em zonas de vórtices, são capturados com facilidade nesses locais utilizando tarrafas. Os indivíduos maiores, com 300 mm CP são capturados com auxílio de arpões subaquáticos e varas de pesca usando

como isca frutos, como por exemplo, a goiaba de araçá que é de uma Fabaceae encontrada geralmente nas proximidades das corredeiras.

*Tometes kranponhah*, assim como os outros representantes do gênero, tais como *Tometes trilobatus*, *Tometes lebaili* e *Tometes camunami* (ANDRADE et al., 2013), apresenta dimorfismo sexual, sendo os machos caracterizados pela presença de um lóbulo adicional formado pelos raios medianos na nadadeira anal, incluindo também em alguns indivíduos ganchos duros lateralmente curvados na porção distal da nadadeira anal e raios da nadadeira dorsal em forma de filamentos alongados (Fig. 4).



Figura 4. *Tometes kranponhah*, MPEG 31006, macho adulto, 32 cm CP – Fonte: ANDRADE, M.C., 2013.

#### 2.4 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Indivíduos de pacu-curupeté, *Tometes kranponhah*, foram coletados trimestralmente entre os anos de 2012 e 2015 em quatro sítios de amostragem (Fig. 5).

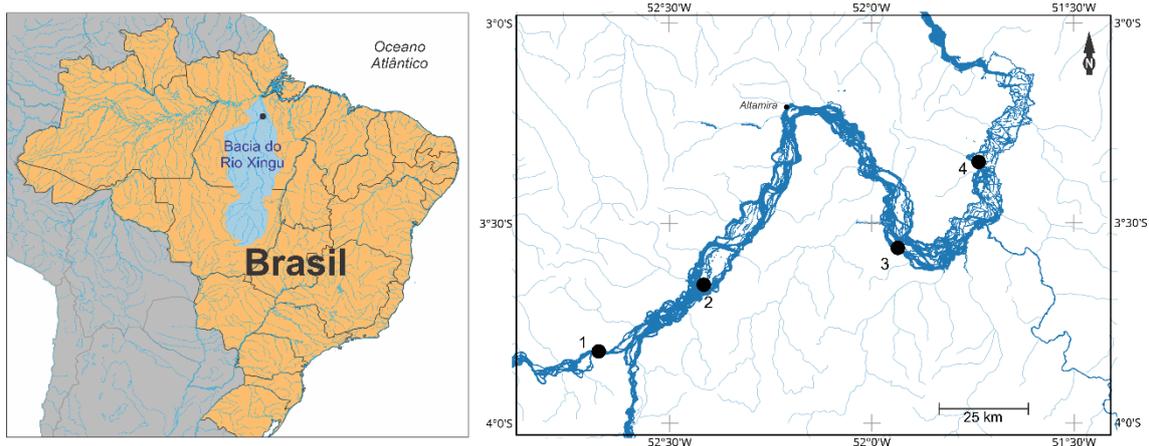


Figura 5. Pontos amostrais de onde os exemplares de *Tometes kranponhah*; 1) Iriri; 2) Boa Esperança; 3) Ilha da Fazenda e 4) CNEC.

## 2.5 MÉTODOS DE CAPTURA

Para se obter uma representatividade amostral, bem como número de indivíduos de diferentes tamanhos, os peixes foram coletados utilizando-se redes de espera. Em cada sitio de amostragem foram dispostas nas áreas de remanso nas proximidades das áreas de corredeira três baterias compostas por sete redes retangulares de 20 m de comprimento por 2 m de altura, confeccionadas com linha de nylon monofilamento e cada bateria tendo redes com abertura de malha de 2, 4, 7, 10, 12, 15 e 18 cm entre nós opostos. Adicionalmente, nas corredeiras, as coletas foram realizadas com tarrafa de malha de 1,5 cm entre nós opostos e 2,5 m de altura.

## 2.6 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

### 2.6.1 Peixes

Os exemplares foram devidamente identificados e classificados de acordo com sua classe ontogenética (i.e., juvenil ou adulto), sendo estes classificados de acordo com o comprimento padrão (CP), a classe juvenil compreendidos no tamanho inferior à 110 mm CP, e a classe adulto, > 110 mm CP. Foram fixados em solução de formaldeído à 10% e posteriormente conservados em álcool 70%, e por fim depositados no Laboratório de Ictiologia do Grupo de Ecologia Aquática (GEA), Universidade Federal do Pará, Belém.

### 2.6.2 Análise dos conteúdos estomacais

Para preservar e facilitar a identificação dos itens alimentares, utilizou-se apenas o conteúdo estomacal, pois no estômago os itens alimentares não passaram por processos digestivos severos como acontece no intestino. Sendo assim, cada espécime, após ter sido aferido o comprimento padrão utilizando um paquímetro digital (precisão 0,01 mm) e peso utilizando uma balança semi-analítica digital (com precisão de 0,01 g), foram dissecados com um bisturi com uma incisão abdominal.

O trato digestivo de cada indivíduo foi removido tendo seu estômago seccionado na região do esôfago e na região pilórica, registrado quanto à presença ou a ausência de alimento, em seguida, o conteúdo alimentar foi analisado sob estereomicroscópio, sendo materiais plásticos separados de itens orgânicos (LAFFAILLE et al., 2001). Todos os itens presentes no estômago foram removidos e identificados sob estereomicroscópio até a menor categoria taxonômica possível. Os diferentes itens alimentares encontrados e microplásticos, depois de retirado o excesso de umidade com papel filtro, foram pesados em balança analítica (precisão de 0,0001 g). A avaliação do regime alimentar foi realizada tendo como base os seguintes aspectos:

- ✓ Frequência de Ocorrência (%Fi) - é a frequência percentual do número de estômagos onde ocorre determinado item alimentar em relação ao número total de estômagos que continham alimento.
- ✓ Peso dos itens alimentares (%Wi) - é o peso percentual de um item alimentar em relação ao peso total de todos os itens alimentares que ocorreram no estômago.

A contribuição de cada item na alimentação da espécie foi determinada através do cálculo do índice alimentar (IAi%) que conjuga o método da frequência de ocorrência (%Fi) e do peso dos itens alimentares (%Wi), de acordo com as modificações propostas por Kawakami & Vazzoller (1980).

### **2.6.3 Quantificação e classificação do microplástico**

Os microplásticos foram separados e classificados em termos de tamanho e coloração de acordo com a metodologia proposta por Possatto et al. (2011) que consiste em quantificar a ingestão dos resíduos plásticos seguindo três critérios, sendo eles: o número de indivíduos no qual o microplástico foi encontrado, ou seja a frequência de ocorrência deste material encontrado nos estômagos dos peixes; o número de elementos microplásticos no conteúdo estomacal de cada indivíduo e o peso (massa) dos microplásticos encontrados no conteúdo estomacal de cada indivíduo. Também foi observado o tipo do microplástico, se filamentos, fragmentos ou nylon, bem como as cores dos mesmos.

### **2.6.4 Análise de Espectroscopia Eletrônica (FT-IR e FT-RAMAN)**

Para comprovar a composição dos itens como compostos plásticos, análises de espectroscopia eletrônica de infravermelho com transformada de Fourier foram conduzidas, através do aparelho FT-IR VERTEX 70v. Os compostos que não foram captados nesta primeira análise, foram reanalisados utilizando-se FT-RAMAN (Espectrômetro Micro-Raman Jobin Ivon, modelo T64000).

#### *FT-IR*

Os espectros FT-IR foram obtidos no interferômetro O VERTEX 70v, equipado com lentes que cobrem uma faixa espectral de  $10\text{ cm}^{-1}$  no infravermelho distante (IR/THz), chegando ao infravermelho médio e próximo até a faixa espectral UV/visível em  $28.000\text{ cm}^{-1}$ . -

#### *FT-Raman*

Os espectros FT-Raman foram obtidos no interferômetro RAM II da Bomem MB-100. Para cada espectro foram efetuadas varreduras utilizando-se resolução de  $15\text{ cm}^{-1}$ ,

RFS 100 com detector de Ge refrigerado com nitrogênio líquido e radiação excitante em 3 linhas de laser: 514, 633 e 785 nm (laser Nd:YAG). A potência do laser foi mantida em 100 mW e para cada espectro as varreduras foram feitas utilizando-se resolução de 20  $\text{cm}^{-1}$ .

### **2.6.5 Análise dos dados**

Para avaliar se o esforço amostral foi suficiente para caracterizar a dieta da espécie foram relacionados os itens alimentares com as classes de tamanho em função do número de indivíduos amostrados, através da curva do coletor. As análises estatísticas foram realizadas nos softwares Primer 7.3 e R 3.3.3, tendo como hipótese o efeito ontogenético relacionando-o com a ocorrência de microplástico. Para avaliar a variação nos itens alimentares no conteúdo estomacal entre as classes de tamanho juvenil e adulto, foi utilizada a análise de PERMANOVA. Sequencialmente, a fim de esclarecer a relação item alimentar *vs.* classe de tamanho, utilizou-se uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) . As análises foram realizadas com similaridade de Bray-Curtis a partir de dados de frequência em peso (% $W_i$ ), transformados de raiz quarta.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 CONTEÚDOS ESTOMACAIS

Foram analisados os conteúdos estomacais de 157 indivíduos de pacu-curupeté. A dieta desta espécie foi composta por 10 categorias de itens ingeridos incluindo microplástico (TABELA 1).

Tabela 1. Categorização dos itens ingeridos nos indivíduos de *Tometes kranponhah*.

Item	Descrição
Detritos:	Materiais orgânicos muito pequenos de difícil identificação devido ao seu grau de digestão
Plantas alóctones:	Plantas terrestres e fragmentos de súber
Macroinvertebrados aquáticos:	Principalmente representantes das famílias Leptophlebiidae, Simuliidae, Chironomidae e Bivalvia
Endoparasitas:	Essencialmente parasitas do filo Nematoda; algas perifíticas
Algas perifíticas:	Algas filamentosas e talosas
Podostomaceae:	Compostas em sua maioria por partes da espécie <i>Mourera fluviatilis</i>
Nadadeiras e escamas de peixes:	Essencialmente oriundas de peixes Characiformes
Sedimentos:	Grãos de areia, seixo e lama
Sementes:	Fragmentos e sementes inteiras de plantas das famílias Myrtaceae e Fabaceae
Microplástico:	Principalmente filamentos e fragmentos de microplásticos de diferentes cores e tamanhos

As curvas de coletor geradas a partir da frequência dos itens alimentares ingeridos para as duas classes de tamanho provou que o número de indivíduos analisados atingiu a assíntota entre os primeiros 10 estômagos analisados, ou seja, as curvas atestam que as amostragens garantem suficiência amostral tanto para juvenis quanto para adultos (Fig. 6).

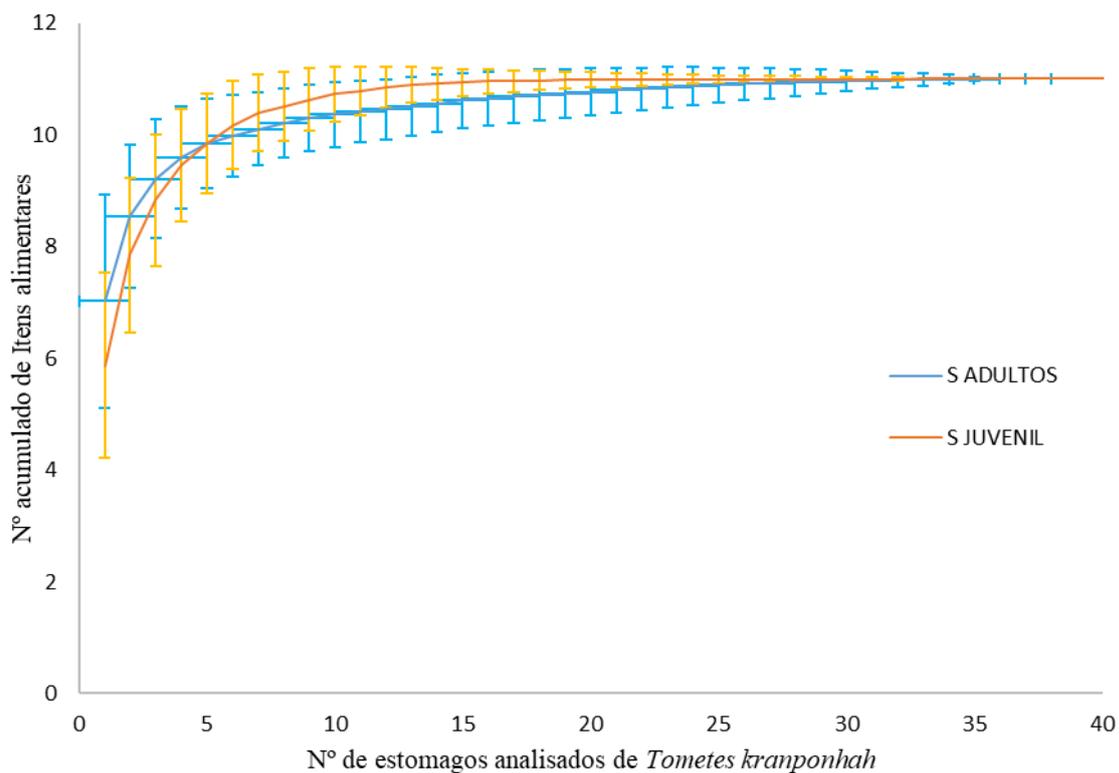


Figura 6. Curva coletor realizada a partir dos itens alimentares de *Tometes kranponhah*, amostrado no rio Xingu entre 2012 e 2015, onde S representa a riqueza de indivíduos em cada classe de tamanho.

### 3.2 ANÁLISE DA ESTRATÉGIA ALIMENTAR

A composição da dieta de acordo com a frequência em biomassa dos diferentes itens alimentares diferiu entre jovens e adultos (Teste Permanova: pseudo-F = 4,7632;  $p = 0,003$ ). Este resultado foi obtido pela ordenação multivariada onde foi registrado que a dieta dos adultos é mais específica em determinados itens, apresentando maior consumo dos itens Podostomaceae, algas talosas e escamas, enquanto que para os juvenis sua dieta é mais diversificada. Porém o item macroinvertebrado foi abundante em ambas as classes, assim também como o item algas filamentosas (Fig. 7).

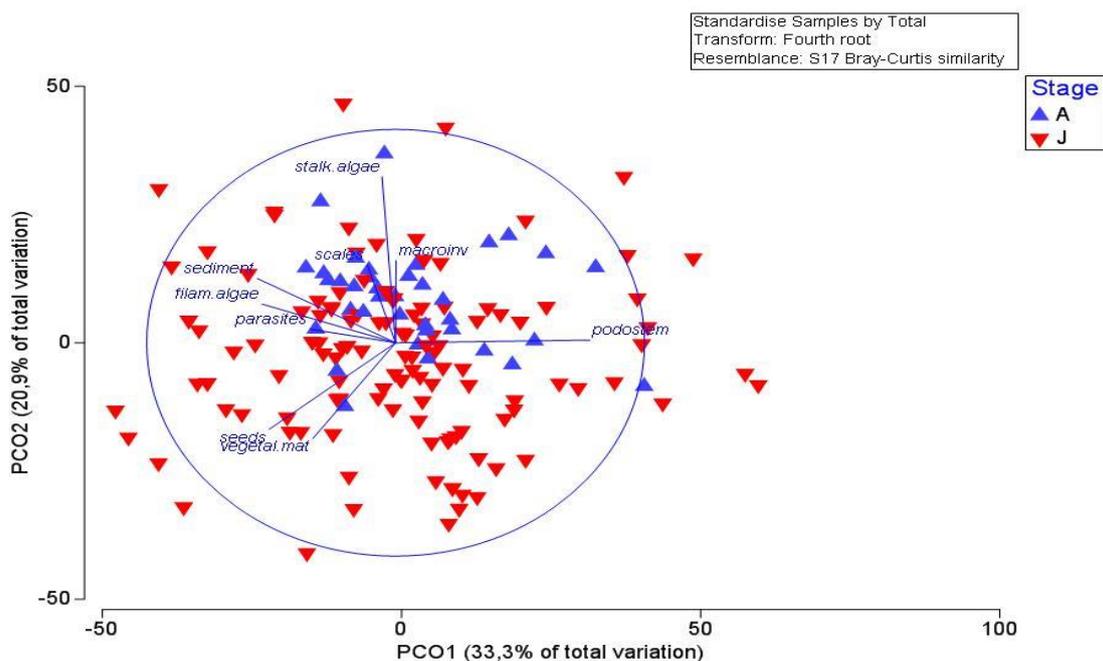


Figura 7. Análise de coordenadas principais (PCoA) baseada na frequência em biomassa dos 10 itens alimentares da dieta de *Tometes kranponhah*, amostrado no rio Xingu entre 2012 e 2015.

Quando considerada a frequência de ocorrência (% $F_i$ ), os itens alimentares Sedimentos (com % $F_i = 94,59$ ), Plantas alóctones e Podostomaceas (com % $F_i = 97,30$ , respectivamente), foram os mais frequentes para a classe adulto. Já, para os juvenis os itens mais frequentes foram Plantas alóctones (com % $F_i = 88,33$ ), Nadadeiras e escamas de peixes (com % $F_i = 86,67$ ) e Podostomaceas (com % $F_i = 81,67$ ). Para a classe juvenil quanto para a classe adulto não houve diferença dos itens alimentares, entretanto, os adultos apresentam ser mais seletivos na sua alimentação enquanto que os juvenis mais generalistas (TABELA 2).

Tabela 2. Frequência de ocorrência (*Fi%*) e peso (*Wi%*) dos itens alimentares do pacu-curupeté *Tometes kranponhah* entre as classes juvenil (J) e adulto (A).

Itens Alimentares	Adulto		Juvenil		Total	
	<i>Fi%</i>	<i>Wi%</i>	<i>Fi%</i>	<i>Wi%</i>	<i>Fi%</i>	<i>Wi%</i>
Algas perifíticas	64,86	6,40	37,5	3,54	43,95	6,73
Detritos	21,62	0,91	38,33	10,12	34,39	4,25
Macroinvertebrados	81,08	4,16	86,67	6,35	85,35	12,14
Nadadeiras e escamas de peixes	70,27	5,28	46,67	2,51	52,23	7,63
Parasita	35,14	1,76	21,67	8,47	24,84	3,01
Plantas alóctones	97,3	5,73	88,33	7,28	90,45	10,17
Podostomaceas	97,3	7,17	60,83	36,55	68,79	8,74
Sedimento	94,59	64,83	81,67	2,90	85,35	43,87
Sementes	56,76	3,76	20,83	0,00	29,3	3,47

### 3.3 ESPECTROSCOPIA ELETRÔNICA

Para confirmação e identificação dos polímeros encontrados nos estômagos, foi realizada análise de Espectroscopia Eletrônica com transformada de Fourier - FT-IR e FT-RAMAN, essas técnicas permitiram classificar os polímeros através de seus espectros (Fig. 8).

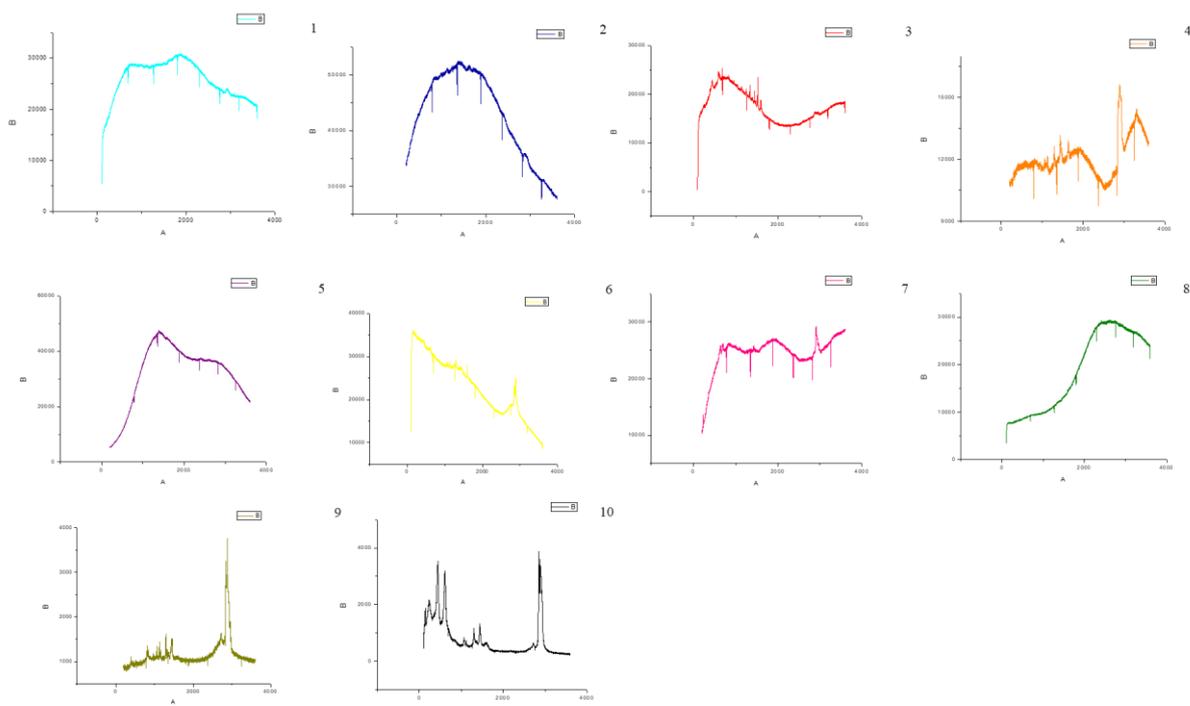


Figura 8. Espectros obtidos por FT-IR VERTEX 70v dos polímeros de microplásticos encontrados nos conteúdos estomacais de *Tometes kranponhah*, peixes coletados no rio Xingu entre 2012 e 2015. Legenda: 1: Filamento branco; 2: Filamento azul; 3: Nylon; 4: Filamento preto; 5: Filamento vermelho; 6: Fragmento vermelho; 7: Fragmento amarelo; 8: Fragmento branco; 9: Fragmento azul e 10: Fragmento preto.

### 3.4 CARACTERÍSTICA DOS MICROPLÁSTICOS

No geral, as partículas de plásticos encontradas nos estômagos do pacu-curupeté (N = 47, adulto N = 23 e jovem N = 24), foram menores que 5 mm, os caracterizando-as como microplástico. De acordo com a cor os microplásticos foram separados em fragmentos amarelo, branco, azul, vermelho e preto, e filamentos azul, branco, vermelho, preto e nylon (Fig. 9). Alguns filamentos apresentaram consistência rígida, por exemplo o nylon.

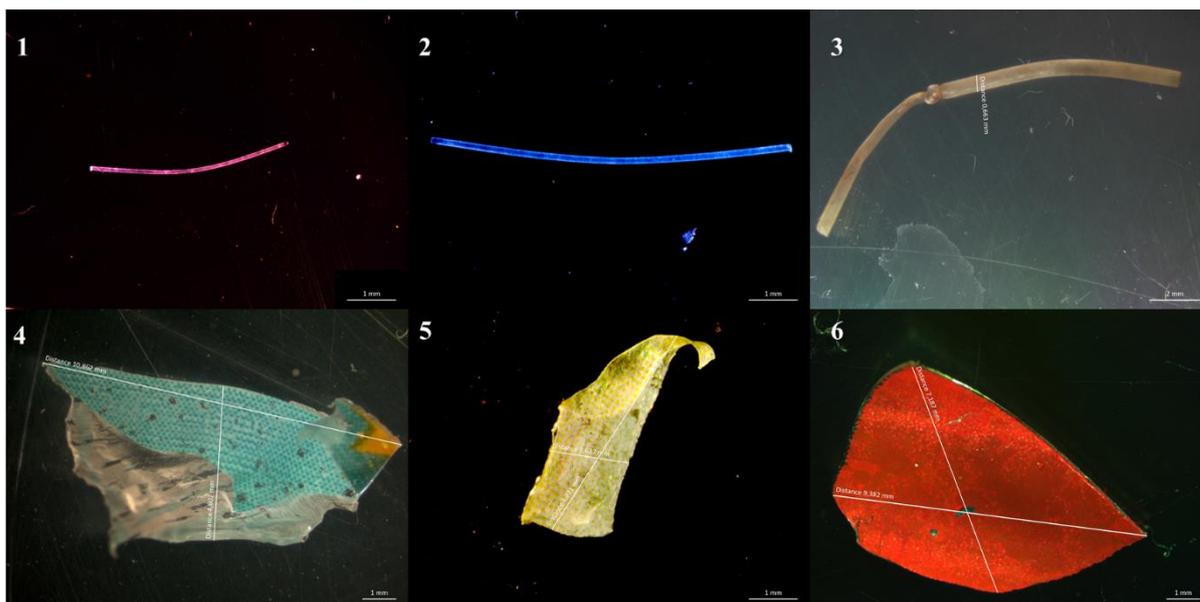


Figura 9. Microplásticos encontrados nos estômagos de *Tometes kranponhah*, peixes coletados no rio Xingu entre 2012 e 2015. Legendas: 1: Filamento vermelho; 2: Filamento azul; 3: Nylon; 4: Fragmento azul; 5: Fragmento amarelo e 6: Fragmento vermelho

### 3.5 INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS

Microplásticos foram encontrados em 33,3% dos indivíduos amostrados, sendo que na classe juvenil foi encontrado microplástico em 24 indivíduos e nos adultos foram encontrados em 23 indivíduos, totalizando 47 indivíduos que ingeriram microplástico, onde a frequência de ocorrência ( $Fi\%$ ), de microplástico encontrados na classe adulto foi de 20,2%. Para a classe juvenil a frequência de ocorrência foi de 13,1%. Microplástico tipo filamento ocorreu mais em indivíduos juvenis com frequência de ocorrência de 45% de filamento preto. Foi observado também nos juvenis a presença de microplástico tipo fragmento, sendo os fragmentos: amarelo e branco (respectivamente com  $Fi\% = 25\%$ ) e fragmento preto ( $Fi\% = 10$ ), mais frequentes. Para os adultos obteve-se os seguintes resultados, fragmento branco ( $Fi\% = 46,1$ ) seguidos de fragmentos preto e azul ( $Fi\% = 38,4\%$ , para ambos os fragmentos) e filamento preto ( $Fi\% = 15,3$ ), ou seja, microplástico tipo fragmento ocorreu com mais frequência nos indivíduos adultos. Microplástico tipo nylon foi observado somente na classe juvenil, com  $Fi\% = 5$  (TABELA 3).

Tabela 3. Frequência de ocorrência dos diferentes tipos de microplásticos encontrados em *Tometes kranponhah*, peixes coletados no rio Xingu entre 2012 e 2015.

<b>Microplásticos</b>	<b>%Fo J</b>	<b>%Fo A</b>	<b>%Fo Total Geral</b>
Filam. Azul	5,0	7,7	6,0
Frag. Azul	5,0	38,4	18,1
Frag. Vermelho	5,0	0,0	3,0
Filam. Vermelho	5,0	0,0	3,0
Frag. Preto	10,0	38,4	21,2
Filam. Preto	45,0	15,3	33,3
Frag. Branco	25,0	46,1	33,3
Filam.branco	5,0	0,0	3,03
Fragm. Amarelo	25,0	7,7	18,1
Nylon	5,0	0,0	3,0

Através do teste de Permanova, suportada pela análise de componentes principais (PCoA), houve diferença significativa em relação a proporção relativa dos microplásticos, de acordo com a frequência da biomassa dos microplásticos ( $F = 2,8726$ ;  $p = 0,012$ ). Os resultados para esta ordenação indicaram que as classes de juvenil e adulto estão relacionadas com os fragmentos azuis e filamentos pretos, respectivamente, sendo explicado por aproximadamente 30% da variação total no eixo 1 (PCO 1). No eixo 2 (PCO 2) há relação entre fragmentos pretos e indivíduos adultos. Para os juvenis, relaciona-se os fragmentos brancos, explicados com 19% da variação restante (Fig. 10).

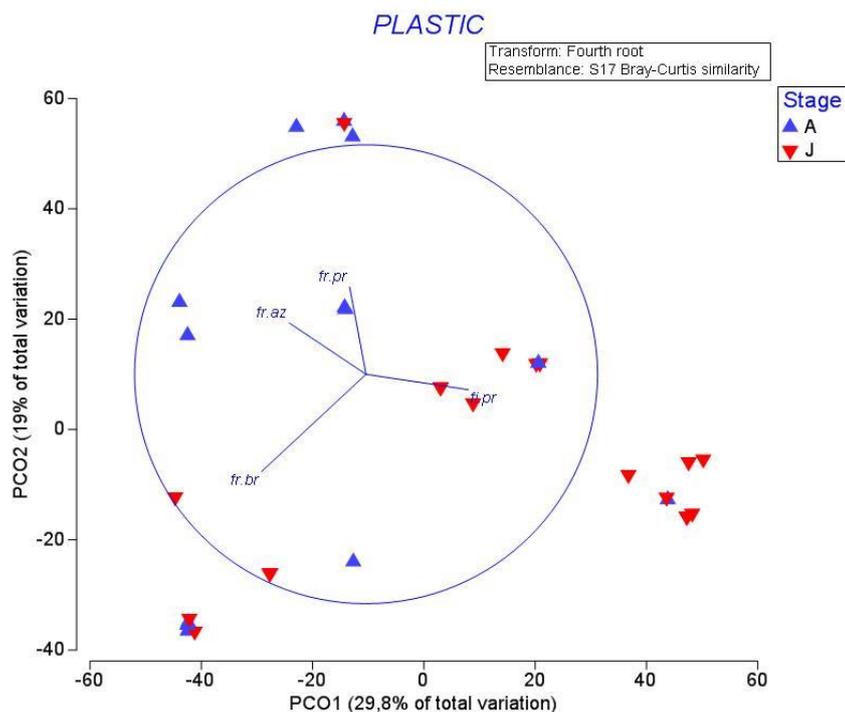


Figura 10. Análise de Coordenadas Principais dos microplásticos encontrados em *Tometes kranponhah*, peixes coletados no rio Xingu entre 2012 e 2015. Legendas: Fr. Pr: Fragmento preto; Fr. Az: Fragmento azul; Fr. Br: Fragmento branco e Fi. Pr: Filamento preto.

O tamanho dos microplásticos variou entre as duas fases ontogenéticas, sendo observado microplásticos maiores nos adultos (e.g.: fragmentos) (Fig. 11).

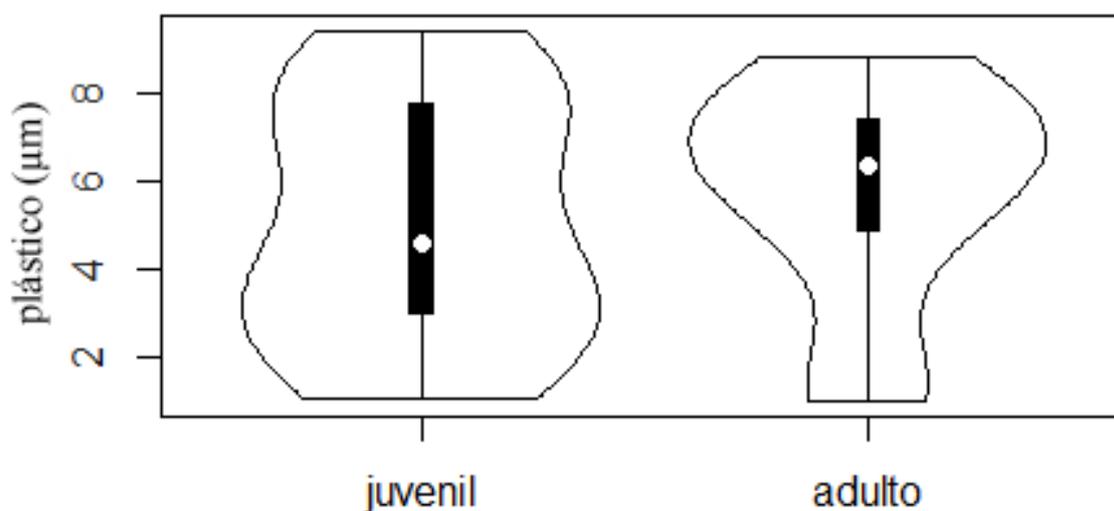


Figura 11. Variação do comprimento dos microplásticos encontrados em juvenis e adultos de *Tometes kranponhah*, peixes coletados no rio Xingu entre 2012 e 2015.

#### 4. DISCUSSÃO

As ocorrências de ingestão de microplástico no ecossistema aquático vem sendo observado em animais de grupos taxonômicos de diferentes guildas tróficas (GUSMÃO et al., 2016). Esta ocorrência foi encontrada para pacu-curupeté *Tometes kranponhah*, sendo o primeiro registro de ingestão de microplástico para peixe amazônico, sendo confirmando em 21% dos espécimes analisados, pode-se inferir o nível de poluição no rio Xingu contribui diretamente para a incidência de ingestão dos microplásticos por parte dos organismos aquáticos. A proporção de ingestão de microplástico é similar ao reportado para outras espécies sul-americanas de peixe de água doce e também estuarina, que varia entre 5 e 45% (SILVA-CAVALCANTI et al., 2017).

O pacu-curupeté uma espécie de comportamento alimentar herbívoro, que se alimenta principalmente de macrófitas aquáticas, como mostra os resultados deste estudo, contribuindo comendo comprovados por ANDRADE et al. (2016), entende-se que as partículas de microplásticos estejam entrando na dieta do peixe acidentalmente por estarem aderidas às macrófitas Podostomaceae, nessas áreas se detém uma maior deposição de partículas de microplásticos, agindo como filtro e possivelmente ocasionando a retenção dessas micropartículas.

Para Gusmão et al. (2016), a ingestão de filamentos pelos peixes se dá, provavelmente, pela mistura com os sedimentos. Esses resultados corroboram com os resultados encontrados para *T. kranponhah*, onde os microplásticos tipo filamentos compõem a maioria dos microplásticos ingeridos pelos peixes juvenis. Portanto a ingestão elevada de filamentos se dá pela sua associação com plantas aquáticas.

É provável que os peixes do rio Xingu estejam ingerindo frequentemente partículas de microplástico, considerando que foram encontrados em *Tometes kranponhah* a montante e jusante da cidade de Altamira, pode-se supor que além de esgotos não tratados e aterros irregulares do município, os ribeirinhos também contribuem com a poluição aquática por resíduos sólidos, tendo plástico como resíduo mais presente. Os microplásticos estão presentes em áreas onde comumente se encontra a espécie de *Tometes kranponhah*. Resultados similares de associação de microplástico lançados em rios x habitat de peixes e outros organismos aquáticos foram observados em estudos realizados por Browne et al., (2010) e Wagner et al., (2014).

Os resultados mostram uma clara predominância de microplásticos filamentosos nos pacu-curupeté juvenis, este resultado pode estar relacionado ao tamanho corporal do

peixe que por sua vez ingere partículas menores, ou seja, peixes juvenis se alimentam preferencialmente de partículas menores. Mcgoran et al., (2017), em seu estudo com peixes das espécies *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758) e *Osmerus eperlanus* (Linnaeus, 1758), observaram em que os espécimes de pequeno tamanho, ou seja, os juvenis ingeriam partículas plásticas com tamanhos inferiores a 6 mm.

Sendo a maioria destes microplásticos composto por fibras de nylon, acrílico, poliamidas, polietilenos e PET. Estes polímeros são utilizados em produtos como redes de pesca, vasilhas e garrafas plásticas, fibras têxteis e demais produtos. Os microplásticos com maior dimensão são mais expressivos em indivíduos adultos, esse resultado é possível devido a maior abertura da boca que nos juvenis, que por sua vez ingerem partículas menores. Os microplásticos encontrados nos juvenis foram geralmente compostos por filamentos, enquanto que nos adultos foram compostos geralmente por fragmentos, e que podem estar relacionado a maleabilidade dos filamentos, ou seja, partículas mais flexíveis são confundidas com alimentos (e.g.: algas filamentosas), por peixes menores e ingeridas acidentalmente.

Estudos em peixes dos rios do Texas também obtiveram resultados parecidos, uma vez que 96% de todos microplásticos encontrados nos peixes, eram compostos por filamentos (PHILLIPS & BONNER, 2015). Resultados similares foram observados para rios da França (SANCHEZ et al., 2014).

As fontes de microplásticos, os processos de deposição e degradação podem desempenhar um papel importante no tamanho e distribuição espacial dos microplásticos em sistemas de água doce (WAGNER et al., 2014). Há uma necessidade de um monitoramento extenso de contaminação de água doce pela poluição de partículas de plástico com amostragens sistemáticas de superfície e sedimento nos rios para compreender melhor a sazonalidade das entradas deste material. Além disso os microplásticos não devem ser considerados materiais “genéricos”, mas devem ser classificados em classes, por exemplo, quanto ao tipo e tamanho de polímero (LEBRETON et al., 2017). Melhores definições de normas para monitoramento de poluição por plástico em sistemas de água doce permitiriam fazer comparações mais robustas através de bacias hidrográficas e níveis mais elevados de sofisticação de modelos numéricos em escala global.

Esses materiais plásticos agem como vetores para o transporte de produtos químicos em sistemas aquáticos é pouco compreendido, porém é uma ameaça potencial para os ecossistemas aquáticos (WAGNER et al., 2014). Melhorar a gestão destes

resíduos é a chave para a prevenção não só de plásticos que agem como vetores para o transporte de produtos químicos, representando uma ameaça potencial, assim também como de outros tipos de lixos que entram diariamente nos sistemas aquáticos. O acúmulo destes materiais é extremamente prejudicial aos organismos aquáticos, pois os plásticos se fragmentam originando assim os microplásticos, esses polímeros contaminantes estão entre os mais prejudiciais sendo encontrados em toda a extensão da coluna d'água estando disponíveis à vários organismos que podem ingeri-lo sucedendo a diversos danos a vida desses animais.

A proximidade de áreas urbanas, o crescimento irregular acelerado de cidades em tornos dos ecossistemas aquáticos atrelados a falta ou a ineficiência da coleta e tratamento de resíduos sólidos e os aterros sanitários precários agravam esta problemática. As atividades humanas influenciam nos tipos de plásticos presentes no meio ambiente. O conhecimento sobre a acumulação, destino, fontes e os efeitos biológicos desse material nos sistemas aquáticos continentais, são de preocupação emergente, pois os contaminantes liberados pelos microplásticos geram risco ambiental para a vida dos organismos aquáticos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo relata a primeira evidência de micoplástico no conteúdo estomacal de uma espécie amazônica endêmica do rio Xingu. Os resultados sugerem que a proximidade do rio Xingu com a cidade de Altamira e com os ribeirinhos, colocam em risco de exposição e ingestão de micoplástico por *Tometes kranponhah*. Observou-se que a ingestão de micoplástico foi frequente em ambas as classes de tamanho, sendo que na classe juvenil o micoplástico mais observado foi micoplástico tipo filamentos enquanto que nos adultos os fragmentos foram mais frequentes.

Em muitas cidades, como o município de Altamira, o sistema sanitário é precário, ou seja, falta planejamento urbano adequado, como consequência lixo doméstico é despejado diretamente nos rios sem receber o devido tratamento. Este tipo de poluição afeta no desenvolvimento da biota aquática, além disso os produtos químicos encontrados na composição dos plásticos despejados rede de esgoto e nos rios também provocam alterações no comportamento alimentar de peixes e de outros organismos que costumam habitar as águas dos rios. Embora esta prática seja crime ambiental no Brasil, ainda é muito comum, principalmente, em locais onde a fiscalização do poder público não existe ou é ineficiente. Uma pesquisa mais adicional deve explorar outros níveis tróficos, transferência trófica, os habitats afetados e os potenciais efeitos negativos sobre os organismos que ingerem micoplásticos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M.; JÉGU, M.; GIARRIZZO, T. ***Tometes kranponhah* and *Tometes ancylorhynchus* (Characiformes: Serrasalminidae), two new phytophagous serrasalmids, and the first *Tometes* species described from the Brazilian Shield.** Journal of Fish Biology, 89(1), 467–494. 2016.
- BALLENT, A.; PANDO, S.; PURSER, A.; JULIANO, M. F.; THOMSEN, L. **Modelled transport of benthic marine microplastic pollution in the Nazaré Canyon.** Biogeosciences. Volume 10. pp. 7957-7970. 2013.
- BARNES D. K. A.; GALGANI F.; THOMPSON R. C.; BARLAZ M. **Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments.** Philosophical Transactions of the Royal Society B. Volume 364. pp. 1985-1998. 2009.
- BIASOTO, E.M.; MENDES, L.C. **"Introdução a Polímeros"**. Editora: Edgard Blucher Ltda., 2ª Edição. 280 páginas. cap. I. pp. 547 – 557. São Paulo. 2004.
- BROWNE, M. A.; DISSANAYAKE, G. S.; LOWE, D.M.; THOMPSON, R. C. **Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis*(L).** Environmental Science and Technology. Volume 42. pp. 5026-5031. 2007.
- BROWNE, M. A.; GALLOWAY, T. S.; THOMPSON, R. C. **Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines.** Environmental Science and Technology. Volume 44, 9ª edição. pp. 3404 – 3409. 2010.
- BROWNE, M. A.; CRUMP, P.; NIVENS, S. J.; TEUTEN, E.; TONKIN, A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. **Accumulation of microplastics on shorelines worldwide: sources and sinks.** Environmental Science and Technology. Volume 45. 21ª edição. pp. 9175-9179. 2011.
- CEDERVALL, T.; HANSSON, L-A.; LARD, M.; FROHM, B.; S. LINSE, S. **Food chain transport of nanoparticles affects behavior and fat metabolism in fish.** Plos One, 7ª edição, pp. 32-54. 2012.
- CARPENTER, E. J.; ANDERSON, S. J.; HARVEY, G. R.; MIKLAS, H. P.; PECK, B. B. **Polystyrene spherules in coastal waters.** Science. Volume 178. pp. 749-754. 1972.
- COLE, M.; LINDEQUE, P.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T. S: **Microplastics as contaminants in the marine environment: a review.** Marine Pollution Bulletin. Volume 62. pp. 2588–2597. 2011.

- DESFORGES, J. P. W.; GALBRAITH, M.; DANGERFIELD, N.; ROOS, P. S. **Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean.** *Marine Pollution Bulletin*. Volume 79. pp. 94-99. 2014.
- DERRAIK, G. J. B. **The pollution of the marine environment by plastic debris: a review.** *Marine Pollution Bulletin*. pp. 842–852. 2002.
- DOYLE, M. J.; WATSON, W.; BOWLIN, N. M.; SHEAVLY, S. B. **Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific Ocean.** *Marine Environmental Resource*. Volume 71. pp. 41-52. 2011.
- DRIS, R.; IMHOF, H.; SANCHEZ, W.; GASPERI, J.; GALGANI, F.; TASSIN, B.; LAFORSCH, C. **Beyond the ocean: contamination of freshwater ecosystems with (micro-)plastic particles.** *Environmental Chemistry*. Volume 12. pp. 539-550. 2015.
- DRIS, R.; GASPERI, J.; ROCHER, V.; SAAD, M.; RENAULT, N.; TASSIN, B. **Microplastic contamination in an urban area: a case study in greater Paris.** *Environmental Chemistry*. Volume 12(5). pp. 592–599. 2015.
- EERKES-MEDRANO, D.; THOMPSON, R. C.; ALDRIDGE, D. C. **Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs.** *Journal Water Research*. Volume 75. pp. 63–82. 2015.
- ERIKSEN, M.; MASON, S.; WILSON, S.; BOX, C.; ZELLERS, A.; EDWARDS, W.; FARLEY, H.; AMATO, S. **Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes.** *Marine Pollution Bulletin*. Volume 77. pp. 177–182. 2013.
- ERIKSEN, M.; MAXIMENKO, N.; THIEL, M.; CUMMINS, A.; LATTIN, G. **Plastic marine pollution in the South Pacific Subtropical Gyre.** *Marine Pollution Bulletin*. Volume 68. pp. 71–76. 2013.
- FAURE, F.; CORBAZ, M.; BAECHER, H.; De ALENCASTRO, L. F. **Pollution due to plastics and microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean Sea.** *Journal of Archaeological Science*. Volume 65. pp. 157–164. 2012.
- FENDALL, L. S.; SEWELL, M. **Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers.** *Marine Pollution Bulletin*. Volume 58. pp. 1225-1228. 2009.
- FOK, L.; CHEUNG, P. **Hong Kong at the Pearl River estuary: a hotspot of microplastic pollution.** *Marine Pollution Bulletin*. Volume 99. pp. 112–118. 2015.

- FREE, C. M.; JENSEN, O. P.; MASON, S. A.; ERIKSEN, M.; WILLIAMSON, N. J.; BOLDGIV, B. **High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake.** Marine Pollution Bulletin. Volume 85. pp. 63-156. 2014.
- GHILARDI JR, R.; CAMARGO, M. **Breve visão do Xingu.** In: CAMARGO, M.; GHILARDI JR., R. **Entre a terra, as águas e os pescadores do Médio Rio Xingu: uma abordagem ecológica.** Eletronorte. Capítulo I, pp.15 – 30. 2009.
- GREGORY, M. R. **Environmental implications of plastic debris in marine settings e entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions.** Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences. Volume 364. pp. 2013-2025. 2009.
- GUSMÃO, F.; DOMENICO, M. D.; AMARAL, A. C. Z.; A. MARTÍNEZ, A.; GONZALEZ, B. C.; WORSAAE, K.; IVAR DO SUL, J. A.; DA CUNHA LANA, P. **In situ ingestion of microfibras by meiofauna from sandy beaches.** Environmental Pollution. Volume 216. pp. 584-590. 2016.
- HOLMES, L. A.; TURNER, A.; THOMPSON, R. C. **Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment.** Environmental Pollution. Volume 160. pp. 42 – 48. 2012.
- IMHOF, H. K.; IVLEVA, N. P.; SCHMID, J.; NIESSNER, R.; LAFORSCH C. **Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles.** Current Biology – Journal, Volume 23. pp. 867-868. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE 2015. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: disposição de resíduos sólidos urbanos.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 outubro 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DE RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA 2015. **Atas das audiências públicas.** Disponível em: [www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br). Acesso em: 02 de dezembro de 2016.
- IRGANG, B. E.; GASTAL J. R.; C. V. DE S. **Macrófitas Aquáticas Da Planície Costeira Do RS.** UFRGS, Porto Alegre. 1996.
- LAFFAILLE P.; LEFEUVRE J.-C.; SCHRICKE M.-T.; FEUNTEUN E. **Feeding ecology of 0-group sea bass, *Dicentrarchus labrax*, in saltmarshes of Mont Saint Michel Bay (France).** Estuaries 24, 116–125. 2001.
- LAIST, D. W. **Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records, in: Marine Debris.** Springer. pp. 99-139. 1997.

LEBRETON, L.; VAN DER ZWET, J.; DAMSTEEG, JAN-WILLEM.; SLAT, B.; ANDRADY, A.; REISSER, J. **River plastic emissions to the world's oceans.** Nature Communications. Volume 8. 2017.

LECHNER, A.; KECKEIS, H.; LUMESBERGER-LOISL, F.; & ZENS, B.; KRUSCH, R.; TRITTHART, M.; GLAS, M.; SCHLUDERMANN, E. **The Danube so colourful: A potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river.** Environmental pollution. Volume 188. pp. 177 – 181. 2014.

LOURINHÃ, M.; CORCORAN, P. L.; HOCKIN, R. **Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along the shoreline of the Great Lakes Region, North America** J. Res. Of the Great Lakes. Volume 40. pp. 288 – 299. 2014.

LU, Y.; ZHANG, Y.; DENG, Y.; JIANG, W.; ZHAO, Y.; GENG, J.; DING, L.; REN, H. **Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (*Danio rerio*) and toxic effects in liver.** Environmental Science Technology. Volume 50. pp. 4054–4060. 2016.

MATO, Y.; ISOBE, T.; TAKADA, H.; KANEHIRO, H.; ONTAKE, C.; KAMINUMA, T. **Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment.** Environmental Science Technology. Volume 35. pp. 318 – 324. 2001.

MATTSSON, K.; EKVALL, M. T.; HANSSON, L-A.; LINSE, S.; MALMENDAL, A.; CEDERVALL, T. **Altered behavior, physiology, and metabolism in fish exposed to polystyrene nanoparticles.** Environmental Science Technology. Volume 49. pp. 553–561. 2015.

MCGORAN, A.; MORRITT, D. F.; CLARK, P. **Presence of microplastic in the digestive tracts of European flounder, *Platichthys flesus*, and European smelt, *Osmerus eperlanus*, from the River Thames.** Environmental Pollution. Volume 220. pp. 744 – 755. 2017.

MOORE, C.J.; MOORE, S. L.; LEECASTER, M. K.; WEISBERG, S. B. **A comparison of plastic and plankton in the North Pacific central gyre.** Marine Pollution Bulletin. Volume. 42. pp. 1297-1300. 2001.

MOORE, C. J. **Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat.** Environmental. Resources. Volume 108. pp. 131-139. 2011.

MOORE, C.; LATTIN, G.; ZELLERS, A. **Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California.** Journal of Coastal Zone Management. Volume 11. pp. 65–73. 2011.

- NIZETTO, L.; BUSSIN, G.; FUTTER, M. N.; BUTTERFIELD, D.; WHITEHEAD, P. G. **A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments.** *Environmental Science Process Impact*. Volume 18. pp. 1050–1059. 2016.
- OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Volume 8. pp. 160 – 163. 2004.
- PLASTICS EUROPE. **Plastics—the facts 2016: an analysis of European plastics production, demand and waste data.** <<http://www.plasticseurope.org>> (2016).
- PHILIPS, M. B. **Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico.** [Thesis]. Texas State University. 2014.
- PHILLIPS, M. B.; BONNER, T. H. **Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico.** *Marine Pollution Bulletin*. Volume 100. pp. 264-269. 2015.
- POSSATTO, F. E.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F.; IVAR DO SUL, J.A.; DANTAS, D. V. **Plastic debris ingestion by marine catfish: an unexpected fisheries impact.** *Marine Pollution Bulletin*. Volume 62. pp. 1098–1102. 2011.
- RIOS MENDOZA, L. M.; EVANS, C. Y. **Plastics are invading not only the ocean but also the Great Lakes.** American Chemical Society Meeting, New Orleans. 2013.
- ROCHMAN, M. A.; BROWNE, B. S.; HALPERN, B. T.; HENTSCHEL, E.; HOH, H. K.; KARAPANAGIOTI, L. M.; RIOSMENDOZA, H.; TAKADA, S.; TEH, R. C. THOMPSON. **Classify plastic waste as hazardous.** *Nature*. Volume 494. pp. 169–171. 2013.
- ROTHSTEIN, S. I. **Plastic particle pollution of the surface of the Atlantic Ocean: Evidence from a seabird.** *Condor*. Volume 75. 5ª Edição. pp. 241-246. 1973.
- RYAN, P. G.; MOORE, C. J.; VAN FRANKEKER, J. A.; MOLONEY, C. L. **Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment.** *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Science*. Volume. 364. 9ª edição. pp. 1999-2012. 2009.
- SADRI, S. S.; THOMPSON, R. C. **On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England.** *Marine Pollution Bulletin*. Volume 81. pp. 55–60. 2014.
- SANCHEZ, W.; BENDER, C.; PORCHER, J. M. **Wild gudgeons (*Gobio gobio*) from French rivers are contaminated by microplastics: preliminary study and first evidence.** *Environmental Resource*. Volume 128. pp. 98–100. 2014.

- SIGLER, M. **Os efeitos da poluição plasmática na fauna aquática: situações atuais e futuras soluções.** Agua. Ar. Poluição do solo. V. 225. p. 2184. 2014.
- SILVA-CAVALCANTI, J. S.; SILVA, J. D. B.; FRANÇA, ELTON J.; ARAÚJO, M. C. B.; GUSMÃO, F. **Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource.** Elsevier. Volume 221. pp. 218-26. 2017.
- SCHOBENHAUS C.; CAMPOS D. A.; DERZE G. R.; ASMUS H. E. **Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente.** Ministério das Minas e Energia/DNPM. Brasília, Brazil. 1984.
- THOMPSON, R. C.; OLSEN, Y.; MITCHELL, R. P.; DAVIS, A.; ROWLAND, S. J.; JOHN, A. W. G.; MCGONIGLE, D.; RUSSELL, A. E. **Lost at sea: where is all the plastic?** Science. Volume 30, 4ª edição. 2004.
- THOMPSON, R. C.; SWAN, S. H.; MOORE, C. J.; VOM SAAL, F. S. **Our plastic age.** Philosophical Transactions of the Royal Society B. Volume 364. pp. 1973–1976. 2009.
- URIBE, R. M.; ENGOHANG-NDONG, J.; GREGORY, R.; GANGODA, M.; NICKELSEN, M.; PHILIP, L. **“Manejo de los RAEE a través del Sector Informal en Bogotá, Cali y Barranquilla”, Programa Seco/Empa sobre la Gestión de RAEE en América Latina, Colombia.** Radiation Physics and Chemistry. Volume 112. 2010.
- ZBYSZEWSKI, M.; CORCORAN, P. L. **Distribution and degradation of fresh water plastic particles along the beaches of Lake Huron, Canada.** Water, Air, & Soil Pollution. Volume 220. pp. 365-372. 2011.
- ZHAO, S.; ZHU, L.; WANG, T.; LI, D. **Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: first observations on occurrence, distribution.** Marine Pollution Bulletin. Volume 86. pp. 562-568. 2014.
- ZICCARDI, L. M.; EDGINGTON, A.; HENTZ, K.; KULACKI, K. J.; KANE DRISCOLL, K. **Microplastics as vectors for bioaccumulation of hydrophobic organic chemicals in the marine environment: a state-of-the-science review.** Environmental Toxicology and Chemistry. Volume 35. pp. 1667–1676. 2016.
- ZIMMERMANN, C. M.; GUIMARÃES, O. M.; PERALTA-ZAMORA, P. G. **Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA).** Química Nova. Volume 31, 7ª edição, pp. 1727-1732, Ponta Grossa. 2008.
- ZITKO, V.; HANLON, M. **Another source of pollution by plastics: skin cleaners with plastic scrubbers.** Marine Pollution Bulletin. Volume 22. pp. 41–42. 1991.

- WAGNER, M.; SCHERER, C.; ALVAREZ-MUNOZ, D.; BRENNHOLT, N.; BOURRAIN, X.; BUCHINGER, S.; FRIES, E.; GROSBOIS, C.; KLASMEIER, J.; MARTI, T.; RODRIGUEZ-MOZAZ, S.; URBATZKA, R.; VETHAAK, A. D.; WINTHERNIELSON, M.; REIFFERSCHIED, G. **Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know**. Environmental Sciences Europe. Volume 26. 12<sup>a</sup> edição. pp. 26-12. 2014.
- WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. **The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review**. Environment Pollution. Volume 178. pp. 483-492. 2013.