



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL *CAMPUS* CERRO LARGO  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**TACIELI DOS SANTOS**

**PRESENÇA DE MICROPLÁSTICO NO TRATO GASTROINTESTINAL DE *Astyanax lacustris* (PISCES, CHARACIDAE) NA BACIA DO MÉDIO URUGUAI, RS, BRASIL**

**CERRO LARGO**

**2019**

**TACIÉLI DOS SANTOS**

**PRESENÇA DE MICROPLÁSTICO NO TRATO GASTROINTESTINAL DE *Astyanax lacustris* (PISCES, CHARACIDAE) NA BACIA DO MÉDIO URUGUAI, RS, BRASIL**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Ciências Biológicas da Universidade Federal da Fronteira Sul, como registro para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II.**

**Orientador Prof. Dr. David Augusto Reynalte Tataje**

**Coorientador: Dr. Franco Teixeira de Mello**

**CERRO LARGO**

**2019**

*A natureza, minha família, aos meus professores, amigos e colegas de laboratório, dedico.*

## Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

, Taciéli dos Santos  
PRESENÇA DE MICROPLÁSTICO NO TRATO GASTROINTESTINAL  
DE *Astyanax lacustris* (PISCES, CHARACIDAE) NA BACIA DO  
MÉDIO URUGUAI, RS, BRASIL / Taciéli dos Santos . --  
2019.  
35 f.:il.

Orientador: Doutor David Augusto Reynalte Tataje.  
Co-orientador: Doutor Franco de Mello Teixeira.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Ciências Biológicas-Licenciatura , Cerro Largo, RS ,  
2019.

1. Peixes . 2. Microplásticos. 3. água doce. I.  
Tataje, David Augusto Reynalte, orient. II. Teixeira,  
Franco de Mello, co-orient. III. Universidade Federal da  
Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



SERVÍCIO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS- LICENCIATURA  
Rua Jacob Reinaldo Macerollo, 1100, São Pedro, Cangaço-RS, CEP 97200-000, 25 3394-9387  
cnc@ufuffs.br, cnc@ufuffs.br, www.ufuffs.br

TACIELI DOS SANTOS

PRESENÇA DE MICROPLÁSTICO NO TRATO INTESTINAL DA ESPÉCIE *ASTYANAX LACUSTRIS* (PISCES, *CILARACHTIDAE*) NA BACIA DO MÉDIO URUGUAI, RS, BRASIL

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciado em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Dr. David Augusto Reynalte Tataje

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

26/11/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. David Augusto Reynalte Tataje – UFFS

Prof.ª Dr.ª Daniela Oliveira de Lima - UFFS

Prof.ª Me. Juliane Felden

## LISTA DE ABREVIACOES

IAL	Insetos alóctones
IAU	Insetos autóctones
PX	Peixes
MV	Material vegetal
MP	Microplástico
A	Algas
PVC	Porto Vera Cruz
V	Volume
FO	Frequência de Ocorrência

## RESUMO

Produtos de origem plásticas estão cada vez mais disponíveis em nosso meio, o alto consumo e a globalização enfatizam essa produção, o microplástico tornou-se um grave contaminante para nosso ecossistema. As fibras sintéticas são omnipresentes em ambientes aquáticos e podem ser potencialmente consumidas pelos peixes, apesar disso sabe-se pouco a respeito do consumo deste material por parte dos peixes em sistemas de água doce. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é avaliar a alimentação da espécie *Astyanax lacustris* e verificar a presença do microplástico no conteúdo gastrointestinal. As coletas foram realizadas em seis sítios amostrais localizados na bacia do Médio rio Uruguai, três destes presentes no rio principal: Alecrim, Porto Vera Cruz e São Borja e três localizados na região inferior de três tributários: Ijuí, Icamaquã e Ibicuí. Para a coleta foram utilizadas redes de emalhar de diferentes tamanhos e tarrafa. Os organismos capturados foram imediatamente congelados e levados para o laboratório. Foram analisados 229 tratos digestórios, sendo 30 destes para análise de conteúdo alimentar e 199 para identificação de microplástico (MP). Foram calculadas as frequências de ocorrência (FO%) e o volume (V) e o índice alimentar (IAi) para cada item alimentar encontrado no conteúdo gastrointestinal. Os principais itens foram os insetos alóctones e autóctones com mais de 70% e 60% de FO%, respectivamente. Seguido pelos demais itens alimentares como: algas, peixes e material vegetal, caracterizando-se como onívoro com tendência a insetivoria. As análises de MP indicaram que todos os sítios apresentam microplástico no conteúdo gastrointestinal dos peixes, sendo que os peixes dos sítios Ijuí (40,9%) e PVC (39,5%) foram os que apresentaram as maiores porcentagens deste poluente. Conclui-se que o *Astyanax lacustris* é um peixe onívoro e que está ingerindo microplásticos em toda a bacia do médio rio Uruguai.

**Palavras – chave:** peixes – microplásticos – água doce

## ABSTRACT

Plastic products are increasingly available in our country, high consumption and globalization emphasize this production, microplastic has become a serious contaminant for our ecosystem. Synthetic fibers are ubiquitous in aquatic environments and can potentially be consumed by fish, although little is known about the consumption of this material by fish in freshwater systems. In this sense, the objective of this work is to evaluate the feeding of the species *Astyanax lacustris* and to verify the presence of microplastic in the gastrointestinal content. The samples were collected at six sample sites located in the Middle Uruguay river basin, three of them present in the main river: Alecrim, Porto Vera Cruz and São Borja and three located in the lower region of three tributaries: Ijuí, Icamaquã and Ibicuí. For the collection were used gillnets of different sizes and net. The captured organisms were immediately frozen and taken to the laboratory. A total of 229 digestive tracts were analyzed, 30 of them for food content analysis and 199 for microplastic (MP) identification. Occurrences of occurrence (FO%) and volume (V) and food index (IAi) were calculated for each food item found in the gastrointestinal content. The main items were allochthonous and autochthonous insects with more than 70% and 60% of FO%, respectively. Followed by other food items such as algae, fish and plant material, characterized as omnivorous with a tendency to insectivory. The MP analyzes indicated that all the sites present microplastic in the intestinal spent content of the fish, and the fish from the Ijuí (40.9%) and PVC (39.5%) sites presented the highest percentages of this pollutant. It is concluded that *Astyanax lacustris* is an omnivorous fish that is ingesting microplastics throughout the basin of the middle Uruguay river.

Key Words: fish - microplastics - freshwater



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de estudo no Médio rio Uruguai, RS que indica os sítios onde foram capturados os exemplares de <i>Astyanax lacustris</i> .....	14
<b>Figura 2.</b> Frequência de ocorrência (FO%) e volume médio dos itens alimentares .....	19
<b>Figura 4.</b> Resultado da Análise de Correspondência (CA) .....	21
<b>Figura 5.</b> Frequência de ocorrência de microplástico no trato gastrointestinal.....	23
<b>Figura 6.</b> Frequência absoluta dos tipos de microplásticos (MP) encontrados nas análises ....	24
<b>Figura 7.</b> Representação das cores de fibras encontradas .....	25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Dados merísticos dos exemplares de <i>Astyanax lacustris</i> coletados nos seis sítios amostrais da bacia do Médio rio Uruguai, RS, 2019.....	15
<b>Tabela 2.</b> Resultado do Índice Alimentar (IAi) para todos os itens encontrados no conteúdo alimentar de <i>Astyanax lacustris</i> capturados no Médio rio Uruguai na estação de inverno de 2019.....	19
<b>Tabela 3.</b> Correlação dos itens alimentares encontrados nos exemplares de <i>Astyanax lacustris</i> capturados no Médio rio Uruguai com os eixos da Análise de Correspondência (CA).....	21
<b>Tabela 4.</b> Resultado da correlação de Pearson aplicada a matriz de dados da Frequência de Ocorrência dos itens alimentares encontrados no trato gastrointestinal do <i>Astyanax lacustris</i> no Médio rio Uruguai, RS.....	21

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
2.1	ÁREA DE ESTUDO .....	13
2.2	COLETA E AMOSTRAGEM .....	16
2.3	METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS NAS AMOSTRAS 17	
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>33</b>
	APÊNDICE A – <i>Astyanax lacustris</i> coletados.....	33
	APÊNDICE B – Retirada do aparelho digestório .....	33
	APÊNDICE C – Armazenagem do trato digestório antes das análises de MP .....	34
	APÊNDICE D – Análise do conteúdo alimentar .....	34
	APÊNDICE E – Lavagem do trato digestório .....	35
	APÊNDICE F – Inserção da solução KOH no trato digestório .....	35
	APÊNDICE G – Solução na estufa .....	35
	APÊNDICE H – Solução após 24hs na estufa .....	36
	APÊNDICE I – Filtração da solução.....	36
	APÊNDICE J – Análise MP.....	37

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das principais problemáticas ambientais trata-se do aumento de substâncias poluentes e de lixo nos diferentes ecossistemas (CAIXETA et al., 2018). Dentre os poluentes, destaca-se o plástico que se caracteriza por apresentar fácil dispersão, alta durabilidade, resistência a alta pressão e a radiação sendo um dos principais agentes poluidores dos ecossistemas terrestres e aquáticos (ANDRADY; NEAL, 2009) afetando diretamente a cadeia alimentar dos organismos (FRIAS, et al., 2010; WRIGHT, et al., 2013).

Os detritos plásticos são contaminantes complexos e persistentes do ponto de vista ambiental. O plástico que tem um tempo de vida muito grande, só se divide em partes menores, até mesmo em partículas em escala nanométricas. Por outro lado, independentemente do tamanho, ele muitas vezes contém uma ampla gama de substâncias químicas para alterar suas propriedades ou cores, muitas delas com características tóxicas ou de disrupção endócrina que podem afetar não apenas os peixes e outros organismos aquáticos se não também o ser humano como consumidor final (ROCHMAN et al., 2013; PINHEIRO et al., 2017).

Nos ambientes aquáticos, os resíduos plásticos são fragmentados devido ao intemperismo, de acordo com essa fragmentação são classificados em: mega plásticos (maiores que 1m), macrolásticos (entre 2,5 cm e 1m), mesoplásticos (entre 2,5 cm e 5 mm) (GESAMP, 2016), microplásticos (entre 0,1 e 5 mm) e nanoplásticos (menores de 0,1mm) (BARNES et al., 2009; DRIS et al., 2015; JOVANOVI, 2017).

Os nanoplásticos e os microplásticos são considerados mais agressivos ao meio ambiente, devido a questões de intoxicação, pois são polímeros que apresentam alta taxa de absorção de metais pesados. Assim, qualquer organismo que consome a partícula voluntariamente ou ainda agregada com outro alimento pode promover no seu interior um desequilíbrio celular, tissular e até sistêmico com efeitos letais (RAFIEE et al., 2018). Estes efeitos nocivos têm sido reportados para diferentes organismos aquáticos principalmente marinhos tais como: peixes, crustáceos, moluscos e algas (MA et al., 2016; CHAE; AN, 2017; BERGAMI et al., 2017).

A poluição por plásticos marinhos tem sido motivo de preocupação desde 1960, quando os primeiros trabalhos de ingestão de microplásticos começaram a ser publicados (PINHEIRO et al., 2017; BARROWS et al., 2018). Por outro lado, apenas recentemente

foram realizados estudos que destacam a contaminação dos ecossistemas de água doce pelos microplásticos (WAGNER et al., 2014). No entanto, as informações ainda são escassas e pouco difundidas em relação aos ambientes de água doce (PINHEIRO et al., 2017). No Brasil existem poucos trabalhos que avaliam a presença do plástico em peixes de água doce, entre os poucos estudos destacam-se os trabalhos de Silva–Cavalcanti et al., 2017 e Andrade et al., 2019 que mostram a presença deste contaminante no conteúdo estomacal dos peixes.

O estudo e a compreensão da alimentação de uma espécie decifra várias particularidades a seu respeito, um desses fatos é a maneira como explora, utiliza e compartilha os recursos do meio ambiente (SILVA, et al., 2012) e onde as alterações em sua dieta reflete em muitas espécies a disponibilidade e abundância desses recursos.

O gênero *Astyanax* é uma espécie de pequeno porte, com ampla distribuição geográfica (HARTZ et al., 1996) e que se caracteriza por apresentar grande plasticidade alimentar, adaptando-se rapidamente as variações na disponibilidade dos alimentos e as mudanças ambientais (ABELHA, et al., 2006). No Médio rio Uruguai esta espécie está amplamente distribuída, sendo um dos táxons mais capturados tanto no rio principal como nos principais tributários. Sua ampla distribuição e elevada plasticidade alimentar fazem deste peixe um organismo ideal como bioindicador para verificar mudanças na disponibilidade de alimentos e também na detecção de poluentes.

A partir dessa problemática e a carência de estudo no Médio rio Uruguai, se objetiva avaliar o trato gastrointestinal do lambari *Astyanax lacustris* com o intuito de verificar a presença de microplástico e se ela está relacionada ao consumo de algum tipo de item alimentar. Hipotetizamos de que os peixes estão consumindo microplástico na região de estudo devido à presença de centros urbanos em todos os ambientes estudados.

## **2 METODOLOGIA**

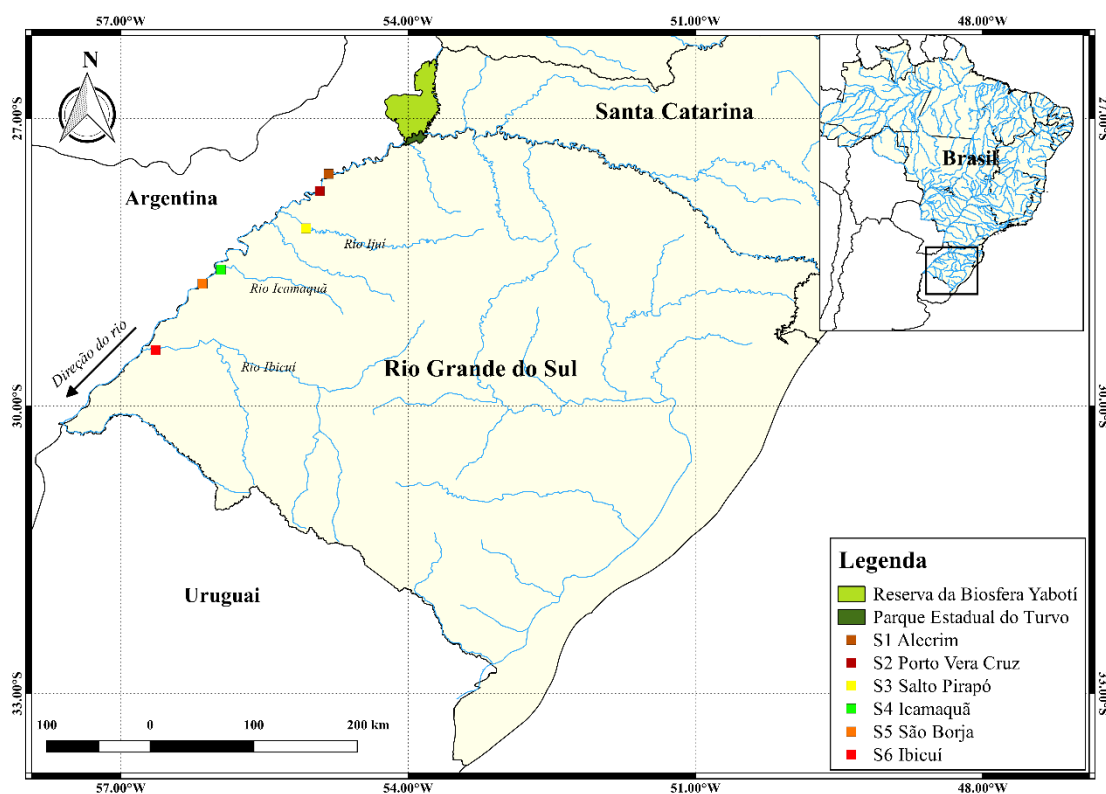
### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

O rio Uruguai é dividido em três regiões, separados por barreiras físicas. A Queda do Salto do Yucumã, localizada dentro do Parque Estadual do Turvo, é a divisão entre o Alto e o Médio Uruguai. A Barragem de Salto Grande, localizada entre os países da Argentina e do Uruguai, divide o Médio do Baixo Uruguai. Atualmente, a Bacia do Alto Uruguai é severamente regulada por grandes e pequenas represas. O Médio Uruguai é

caracterizado por uma largura variando de 280 m no trecho mais a montante, a 2.000 m na região próxima à UHE Salto Grande. Tem uma inclinação média de 9 cm / km, que é mais acentuada na região superior, onde predomina o Bioma Mata Atlântica (ZANIBONI-FILHO; SCHULZ, 2003). Já o trecho inferior, a jusante do município de São Borja, contém uma área de várzea e pertence ao Bioma Pampa.

O Médio Uruguai é caracterizado por um longo trecho lótico (aproximadamente 900 km), com matas ciliares preservadas em ambas as margens (fronteira Brasil-Argentina). Este segmento possui duas importantes áreas protegidas, a Reserva da Biosfera de Yaboti (Argentina) e o Parque Estadual do Turvo (Brasil); atividades humanas, no entanto, induziram alguns distúrbios, incluindo a perda de vegetação ribeirinha, urbanização e sobre pesca (MMA, 2006).

**Figura 1:** Área de estudo no Médio rio Uruguai, RS que indica os sítios onde foram capturados os exemplares de *Astyanax lacustris*.



Fonte: Autor

Amostras foram coletadas em seis sítios numa extensão espacial de 450 km do Médio rio Uruguai (Fig. 1). Três sítios ficaram localizados no rio Uruguai e três nos principais rios tributários da sub-bacia. Os sítios estudados foram:

S1: Localizada no município de Alecrim-RS ( $27^{\circ} 34'26.97''\text{S}$  e  $54^{\circ} 49'43.55''\text{W}$ ), esta área possui grandes lagoas lênticas (aproximadamente 2 km de extensão). O canal do rio

Uruguai tem 840 m de largura e 16 m de profundidade. Este sítio amostral está localizado na Sub-bacia do rio Uruguai 1, esse trecho é composto por outras sub bacias, a mesma ocupa cerca de 10.810km<sup>2</sup> e que conta com 285.983 habitantes. O uso da água está destinado ao cultivo e ao abastecimento humano (MMA, 2006).

S2: Localizado no município de Porto Vera Cruz-RS (27 ° 42'1.03 "S e 54 ° 53'47.49" W), próximo à Cachoeira do Roncador, este sítio do rio Uruguai é moderadamente lótico com uma sequência de trechos lóticos e extensos poços na sua calha. Neste sítio, o canal do rio apresenta aproximadamente 1000 m de largura e 4,5 m de profundidade. O sítio S2 também está inserido próximo ao S1 na sub-bacia do rio Uruguai 1, além de todas as características apresentadas em S1, nesse trecho pode-se destacar o uso da lavoura mecanizada (MMA, 2006).

S3: Localizado no município de Roque Gonzales (28° 6' 31" S e 55° 0' 18" W), o sítio de amostragem está localizado no rio Ijuí numa região lótica próxima ao Salto Pirapó e a aproximadamente 68.8 km a montante da foz com o rio Uruguai e a 2,25km a jusante da UHE Passo São João. Este trecho do rio se caracteriza por ter uma largura de aproximadamente 90 m e uma profundidade média de 2m. A Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí abrange a província geomorfológica Planalto Meridional. Possui área de 10.703,78 km<sup>2</sup>, abrangendo municípios como Cruz Alta, Ijuí, Santo Ângelo e Tupanciretã, com população estimada em 341.569 habitantes. Os principais usos da água se destinam a irrigação e ao abastecimento público (SEMA, 2012).

S4: Localizado no município de São Borja-RS (28 ° 34'15.08 "S e 56 ° 0.9.51" W), este sítio localizado no rio Uruguai é um ambiente de várzea, com áreas alagadas e segmentos lóticos moderados. Tem aproximadamente 1400 m de largura e 4 m de profundidade. Este sítio está localizado na sub-bacia Uruguai 2 que apresenta uma área de 16.465 km<sup>2</sup>, caracteriza-se como uma região de transição entre o planalto e a Campanha. A região dessa sub bacia abrange cerca de 194.093 habitantes e onde se destaca a cidade de São Borja que abriga cerca de 62.990 habitantes, população predominantemente urbana. A área rural de São Borja se caracteriza por apresentar grandes plantações de arroz (MMA, 2006).

S5: Localizado no município de São Borja-RS (28° 56'38.23 "S e 55° 99' 4 "W), este sítio localizado no rio Icamaguã a aproximadamente 1km da sua foz com o rio Uruguai. Este sítio é um ambiente de várzea com segmentos lóticos moderados e onde se destaca a presença de cultivo de arroz nas margens deste tributário. Tem aproximadamente 70 m de largura e 4 m de profundidade. A bacia do rio Icamaguã junto com a do rio Butuí

apresentam entorno de 74.646 habitantes (MMA, 2006). Os principais usos da água na bacia se destinam a dessedentação animal, abastecimento humano e irrigação (SEMA, 2012).

S6: Localizado no município de Itaqui (29° 9' 9" S e 56° 33' 3" W) este sítio está localizado na região inferior do rio Ibicuí a 20 km aproximadamente da foz com o rio Uruguai. Este trecho do rio se caracteriza por estar num ambiente de várzea com fundo de areia e com a presença de áreas alagadas e segmentos lóticos. Tem aproximadamente 300 m de largura e 3 m de profundidade. A bacia hidrográfica do rio Ibicuí possui área de 35.495,38 km<sup>2</sup> e população estimada em 394.030 habitantes, abrangendo municípios como Alegrete, Júlio de Castilhos, Santana do Livramento, São Pedro do Sul e Uruguai. O principal uso da água nesta bacia se destina a irrigação e abastecimento humano (SEMA, 2012).

A preferência desses seis sítios amostrais foram dadas pelo fato do uso da terra, pois estão cercados de lavouras seguidos de centros urbanizados.

## 2.2 COLETA E AMOSTRAGEM

Os peixes foram coletados no inverno de 2019 através de redes com diferentes tamanhos de malha (20 e 30 mm entre nós adjacentes), 10 m de comprimento e 2,0 m alto, instalados no final da tarde por 12 horas e retirados ao amanhecer, também foi utilizado a tarrafa para a captura destes peixes.

Os exemplares de *A. lacustris* capturados foi realizados a biometria (peso e comprimento) e o estômago retirado e imediatamente fixado em formol 10% em recipiente identificado com local e data de coleta. Os conteúdos foram analisados na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Os dados merísticos dos exemplares estudados podem ser verificados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados merísticos dos exemplares de *Astyanax lacustris* coletados nos seis sítios amostrais da bacia do Médio rio Uruguai, RS, 2019. S1= Alecrim; S2= Porto Vera Cruz; S3= Ijuí; S4= São Borja; S5= Icamapuã e S6= Ibicuí. \*Nº de peixes para análise de conteúdo estomacal/Nº de peixes para análise de microplástico; \*\*TMP = Tamanho médio dos peixes; \*\*\*PMP = Peso médio dos peixes.

	Sítios					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
*Nº peixes	5/24	5/45	5/23	5/28	5/36	5/44



**TMP (cm)	10,9 (±1,4)	10,1 (±1,5)	9,4 (±1,4)	10,4 (±1,8)	8,9 (±1,1)	7,6 (±0,7)
***PMP (g)	13,3 (±6,2)	14,6(±6,8)	13,3 (±5,2)	11,9 (±12,3)	13,3 (±4,9)	13,2 (±2,3)

Fonte: Autor

### 2.3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO ALIMENTAR

Os estômagos foram pesados em balança de precisão (0,01g) e analisados de acordo com os métodos de frequência de ocorrência (FO%) e volumétrico (V) (HYSLOP, 1980), com o auxílio de placas de Petri adaptadas com papel milimetrado sob estereomicroscópio.

Os itens alimentares foram identificados e agrupados em seis categorias alimentares: Insetos Alóctones (AL), Insetos Autóctones (AU), Peixes (PX), Algas (A), Material vegetal (MV), Sedimento (S), Outros (O).

A frequência de ocorrência (FO%) foi obtida com base no número de peixes em que cada item ocorre, calculando-se a porcentagem deste em relação ao total de estômagos com alimento.

O volume (V) de cada item alimentar foi obtido através do uso de uma placa de Petri com uma lâmina milimetrada (HYSLOP, 1980) e expresso em mm<sup>3</sup>. A frequência de ocorrência e o volume de cada item alimentar encontrado no conteúdo estomacal, foram utilizados para o cálculo do Índice Alimentar (IAi) (KAWAKAMI; VAZZOLER, 1980).

As análises dos itens alimentares foram realizadas a fim de verificar se terá alguma relação com a presença do microplástico em nossos resultados.

### 2.4 METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS

Para o processamento das amostras foi aplicada a técnica de Dehaut (2016) com algumas alterações. Os ecratos gastrointestinais foram colocados em um vidro de Erlenmeyer, adicionando uma solução de KOH a 10% (117,49g/l) e fechado com papel alumínio.

Após esse processo, a solução foi colocada em estufa a 80°C por 12 horas. Posteriormente a esse período as amostras foram retiradas da estufa e passadas por um filtro com malha de 200 micras, utilizando água Milli Q para que se alojasse apenas as micropartículas. Em sequência o filtrado foi transferido para placas de Petri de vidro também higienizadas com água Milli Q, e fechadas para a posterior análise em lupa.

Para análise foram utilizadas duas placas de Petri com água na sala de luparia para se obter o controle, através de medidas comparativas.

As fibras e fragmentos de microplástico (MP) foram medidas utilizando papel milimetrado onde, os plásticos foram fotografados, foram anotados cor, medida e forma (cilíndrica ou plana). Separou-se os microplásticos em tubos de Eppendorf, com código de cada espécime. Para confirmar se as fibras e os fragmentos eram polímeros, foi utilizado um microscópio de luz polarizada.

## 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado a Análise de Correspondência (CA) para verificar a segregação dos sítios de amostragem de acordo com os dados de FO verificados no conteúdo alimentar. Nessa análise também foi considerado a FO do microplástico verificado entre os peixes analisados. Para verificar a correlação entre os diferentes itens alimentares, foi utilizado a Correlação de Pearson considerando um  $\alpha=0,05$ .

## 3 RESULTADOS

### 6.1 Avaliação da dieta alimentar de *Astyanax lacustris*

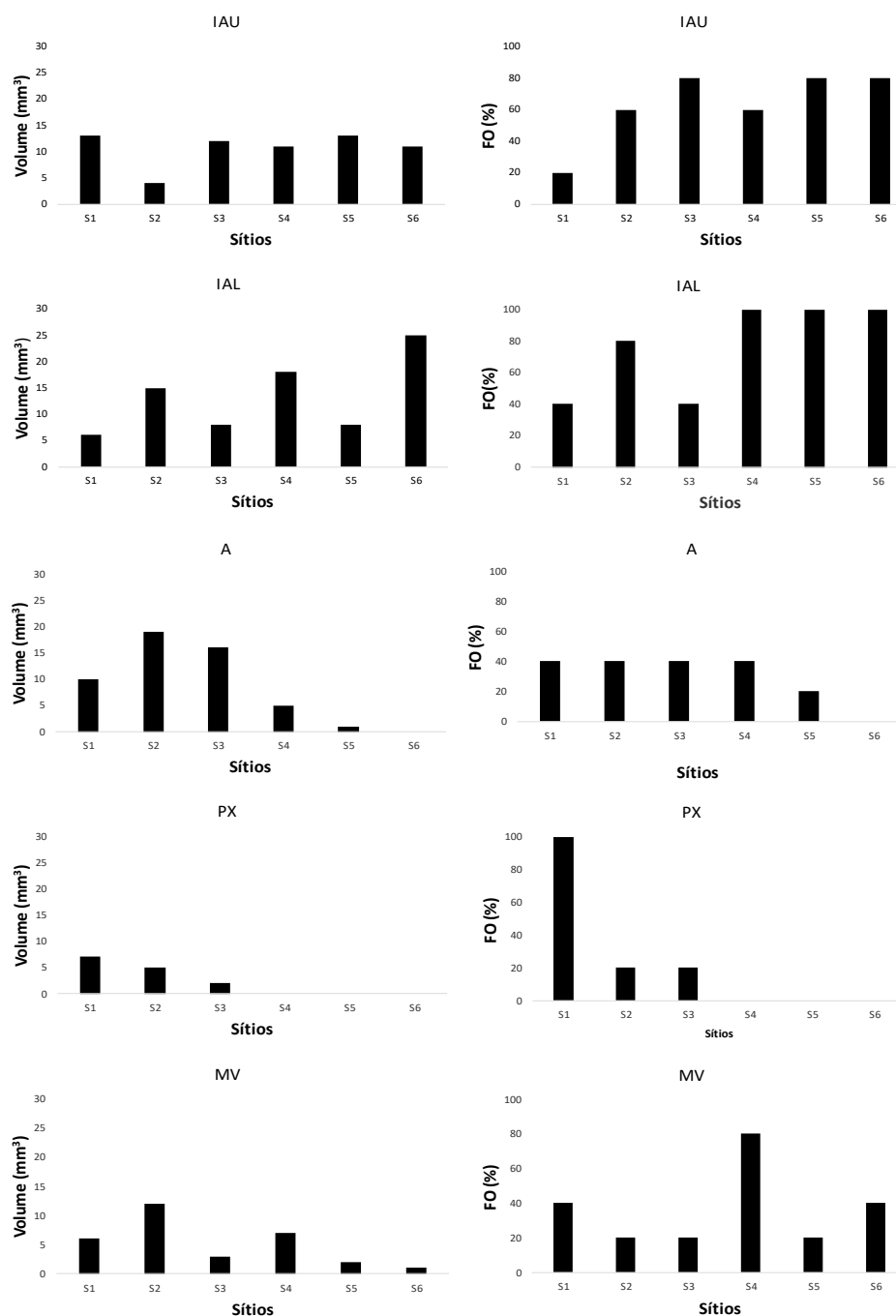
Foram analisados 30 estômagos da espécie *Astyanax lacustris* para a verificação dos itens alimentares. O comprimento total dos peixes variou de 78mm a 163mm, com peso médio dos exemplares de 13,5g ( $\pm 6,9$ ).

Foram encontrados nos conteúdos estomacal dos peixes analisados diferentes recursos alimentares tais como: sedimento/detrimento, material vegetal, insetos autóctones e alóctones, peixes e algas, além de material com alto grau de digestão que impediu a identificação.

Dos diferentes itens alimentares encontrados nos estômagos dos exemplares capturados destacam-se como os mais frequentes os insetos autóctones e os insetos alóctones com aproximadamente 70% e 60% de FO de média, respectivamente. Os sítios do bioma Pampa: S4, S5 e S6 apresentaram valores altos de frequência de ocorrência, sendo que o FO dos insetos alóctones para estes três sítios chegou a ser de 100% (Figura 2). Por outro lado, os maiores valores de V foram encontrados para os insetos alóctones (IAL), principalmente no sítio Ibicuí com média de 25 mm<sup>3</sup> e o item algas (A) foi bastante

representativo nos sítios de Mata Atlântica (S1, S2 e S3), onde foram alcançados valores superiores a 15 mm<sup>3</sup> (Figura 2).

**Figura 2.** Frequência de ocorrência (FO%) e volume médio dos itens alimentares: Insetos Autóctones (IAU), Insetos Alóctones (IAL), Algas (A), peixes (PX) e material vegetal (MV) registrados no conteúdo alimentar da espécie *Astyanax lacustris*, no inverno de 2019 na bacia do médio Uruguai, RS.



Fonte: Autor

De acordo com os valores obtidos com o cálculo de Índice Alimentar os insetos alóctones e autóctones foram os que apresentaram os maiores valores acompanhando os resultados obtidos na FO e no V (Tabela 2).

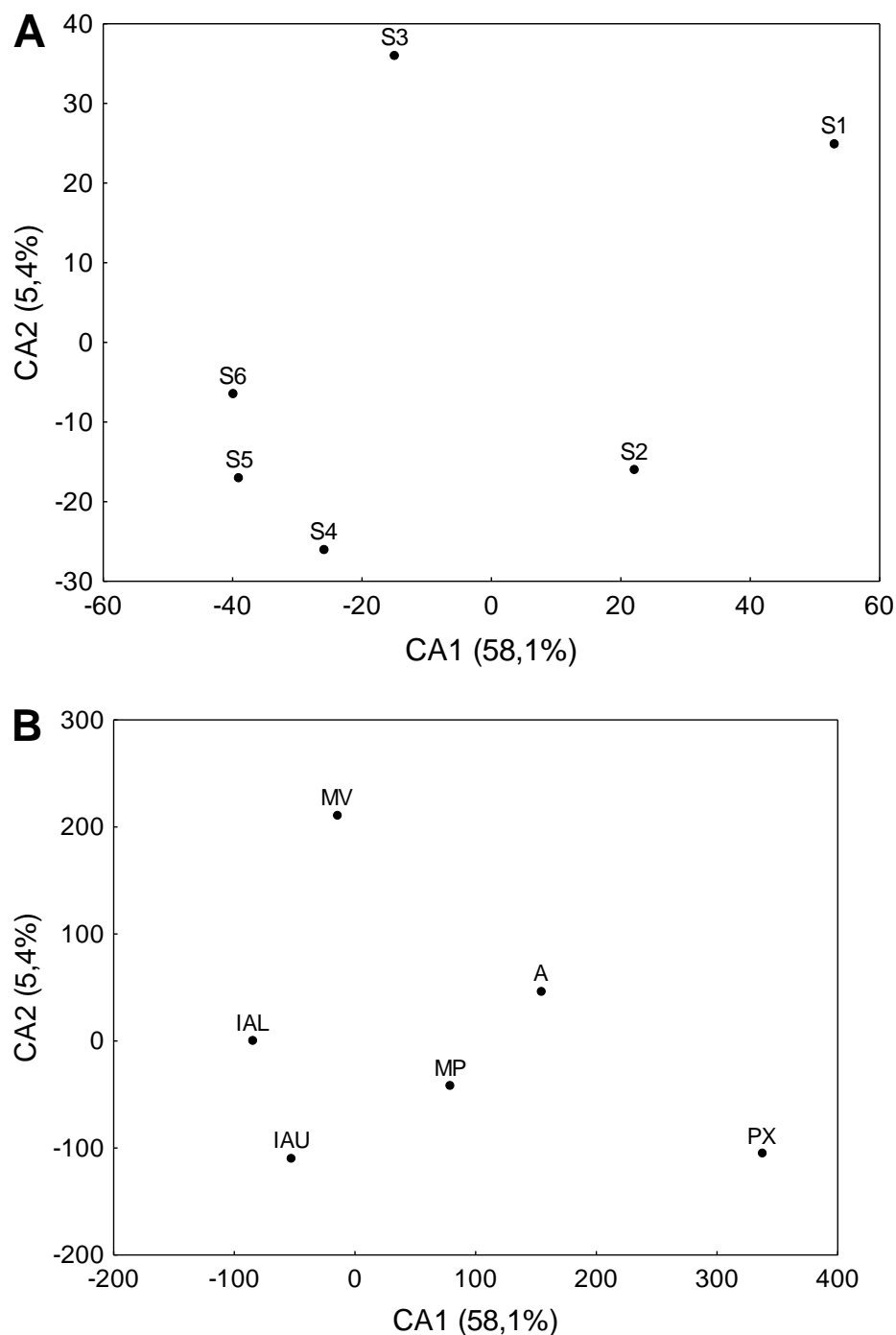
**Tabela 2.** Resultado do Índice Alimentar (IAi%) para todos os itens encontrados no conteúdo alimentar de *Astyanax lacustris* capturados no Médio rio Uruguai na estação de inverno de 2019. S1= Alecrim; S2= Porto Vera Cruz; S3= Ijuí; S4= São Borja; S5= Icamaquã e S6= Ibicuí.

Itens alimentares	Sítio					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Insetos Autóctones	0,03	0,11	0,36	0,14	0,31	0,26
Insetos Alóctones	0,09	0,24	0,12	0,37	0,24	0,54
Algas filamentosas	0,14	0,19	0,24	0,04	0,01	-
Peixes	0,25	0,02	0,01	-	-	-
Material Vegetal	0,09	0,05	0,02	0,12	0,01	0,01
Material digerido/ Outros	0,40	0,39	0,25	0,33	0,43	0,19

Fonte: Autor.

A análise de correspondência (CA) aplicada a FO dos itens consumidos pela espécie *Astyanax lacustris* produziu dois eixos: o eixo 1 (CA1), que representou 58,1%, e o eixo 2 (CA2), que representou 5,4% do total da variação espacial do conteúdo alimentar (Figura 4A e B). Dentre esses dois eixos apenas o primeiro eixo foi retido para interpretação. A CA1 mostrou um gradiente espacial na área estudada. Neste eixo, foi observado que o conteúdo alimentar dos peixes dos sítios do bioma Pampa S4, S5 e S6 apresentaram – se segregados provavelmente pela maior presença dos itens insetos autoctones ( $r=-0,67$ ) e insetos alóctones ( $r=-0,97$ ) e diferentes dos sítios do bioma Mata Atlântica: S1, S2 e S3 que apresentaram uma maior frequência dos itens microplástico ( $r=0,51$ ), peixes ( $r=0,90$ ) e algas ( $r=0,77$ ) (Tabela 3).

**Figura 3.** Resultado da Análise de Correspondência (CA) aplicada a matriz de dados da Frequência de Ocorrência dos diferentes itens alimentares do conteúdo estomacal da espécie *Astyanax lacustris* capturados no ano de 2019 em seis trechos do rio Uruguai. A= Plotagem dos sítios; B= Plotagem dos itens alimentares. IAL= Insetos alóctones; IAU= Insetos autóctones; MP= Microplástico; A= Algas; MV= Material Vegetal e PX= Resto de peixes. S1= Alecrim; S2= Porto Vera Cruz; S3= Ijuí; S4= São Borja; S5= Icamaquã e S6= Ibicuí.



Fonte: Autor

**Tabela 3.** Valores das variáveis que caracterizam os itens alimentares encontrados nos exemplares de *Astyanax lacustris* capturados no Médio rio Uruguai para os dois primeiros eixos de uma Análise de Componentes Principais (PC 1 e PC 2). IAL= Insetos alóctones; IAU= Insetos autóctones; MP= Microplástico; A= Algas; MV= Material Vegetal e PX= Resto de peixes.

Itens alimentares	CA1	CA2
IAU	-0,67	-0,07
IAL	-0,91	0,08
A	0,77	0,26
PX	0,90	-0,22
MV	-0,19	0,88
MP	0,51	-0,21

Fonte: Autor.

A Correlação de Pearson aplicada nos dados de FO mostrou que o item Peixes e Insetos Alóctones estiveram inversamente correlacionados e que os itens Algas e Microplásticos estiveram diretamente correlacionados dentro do trato gastrointestinal (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resultado da correlação de Pearson aplicada a matriz de dados da Frequência de Ocorrência dos itens alimentares encontrados no trato gastrointestinal do *Astyanax lacustris* no Médio rio Uruguai, RS. IAL= Insetos alóctones; IAU= Insetos autóctones; MP= Microplástico; A= Algas; MV= Material Vegetal e PX= Resto de peixes. Valores em negrito indicação diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ).

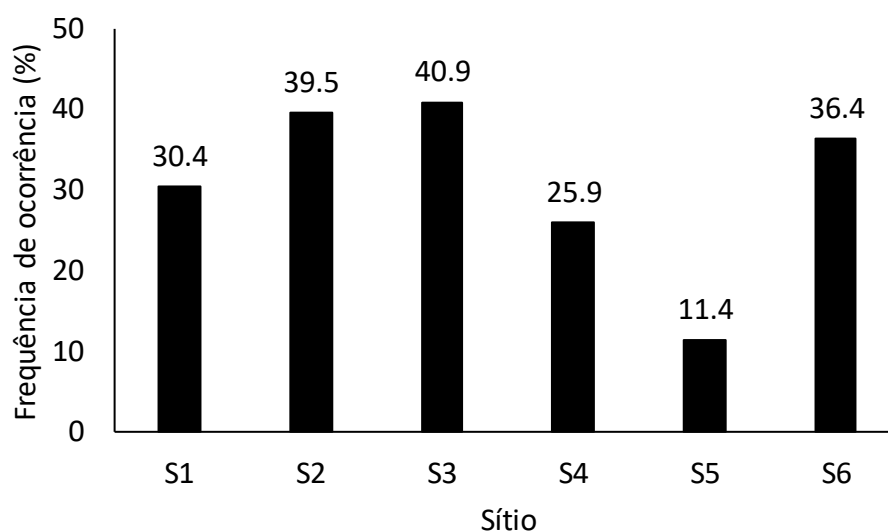
Itens alimentares	Itens alimentares				
	IAL	A	PX	MV	MP
IAU	0,48	-0,51	-0,47	-0,27	-0,04
IAL		-0,57	<b>-0,87</b>	0,33	-0,47
A			0,65	0,10	<b>0,77</b>
PX				-0,47	0,61
MV					-0,14

Fonte: Autor.

## 6.2 Resultados das análises de microplásticos

A análise dos tratos gastrointestinais mostrou que os peixes capturados na bacia do Médio Rio Uruguai apresentam microplástico. A maior FO deste contaminante foi verificada nos sítios S2 (39,5%) e S3 (40,9%) (Figura 4).

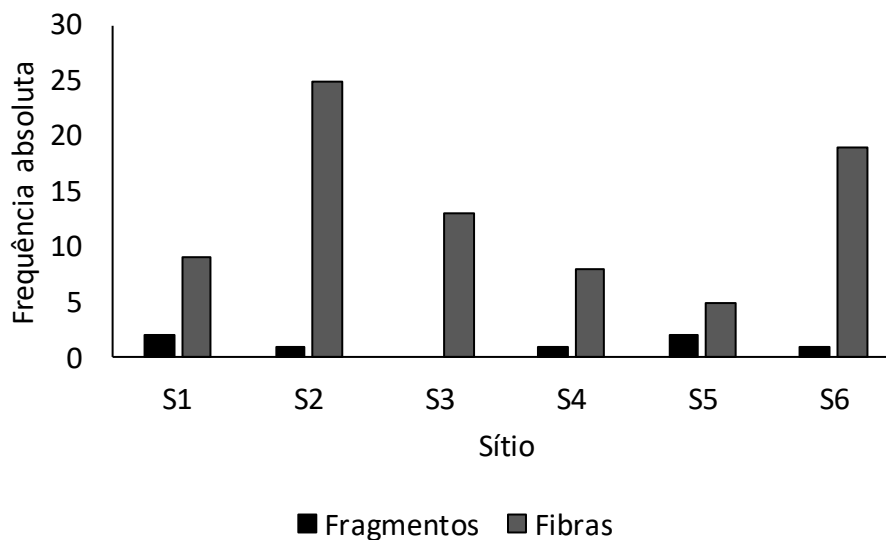
**Figura 4.** Frequência de ocorrência de microplástico no trato gastrointestinal de *Astyanax lacustris* em cada ponto amostral, na bacia do médio Uruguai, RS, 2019. S1= Alecrim; S2= Porto Vera Cruz; S3= Ijuí; S4= São Borja; S5= Icamaquã e S6= Ibicuí.



Fonte: Autor.

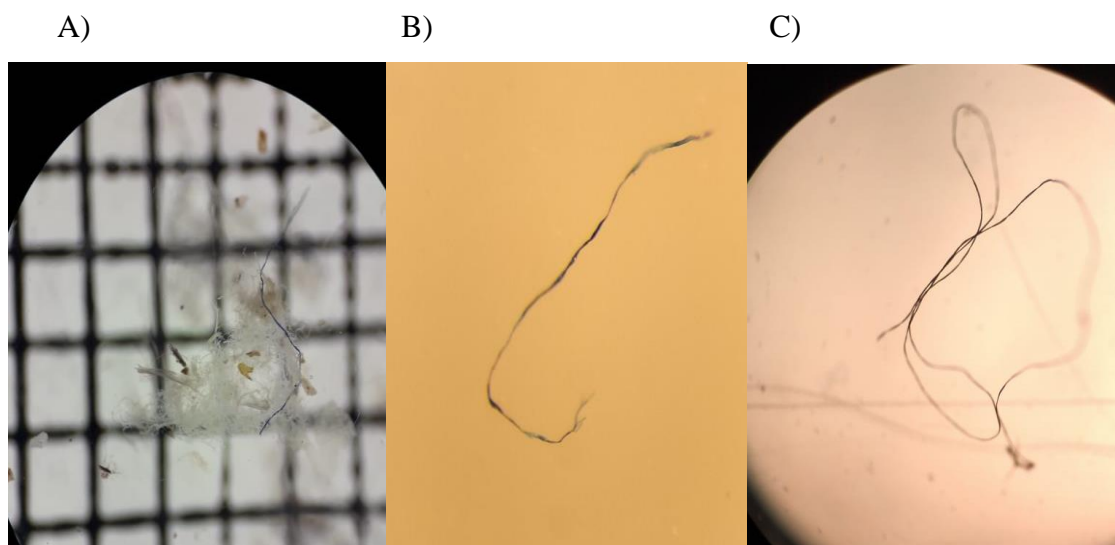
Quando comparados os microplásticos presentes nas análises, foi verificado que as fibras são mais frequentes que os fragmentos (Figura 5), quanto à forma dessas fibras, foram encontradas várias formas com a dominância das fibras aplanadas, presentes em todos os sítios (Figura 5 e 6). Dentre as cores dos microplásticos, a cor azul foi a mais frequente, entretanto também foram verificadas as cores vermelha, amarela, preta, branca, verde, roxa e rosa (Figura 7).

**Figura 5.** Frequência absoluta dos tipos de microplásticos (MP) encontrados nas análises gastrointestinal nas espécies de *Astyanax lacustris*, na bacia do médio Uruguai, RS, 2019. S1= Alecrim; S2= Porto Vera Cruz; S3= Ijuí; S4= São Borja; S5= Icamaquã e S6= Ibicuí.



Fonte: Autor.

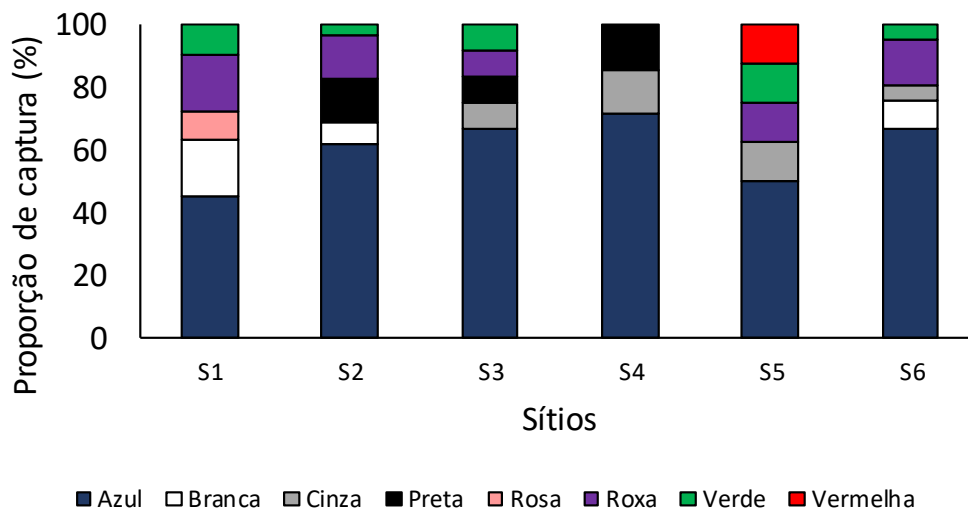
**Figura 6.** Fibras encontradas nas análises dos espécimes de *Astyanax lacustris* da bacia do médio Uruguai, RS, 2019, A = fibra na placa milimetrada juntamente com MV; B = fibra aplanada e C = fibra circular.



Fonte: Autor.



**Figura 7.** Representação das cores de fibras encontradas nas análises de microplástico da espécie *Astyanax lacustris* nos seis sítios de coleta da bacia do médio Uruguai, RS, 2019. S1= Alecrim; S2= Porto Vera Cruz; S3= Ijuí; S4= São Borja; S5= Icamapuã e S6= Ibicuí.



Fonte: Autor.

#### 4 DISCUSSÃO

A poluição de microplásticos está generalizada em todas as esferas seja ela terrestre ou aquática, porém estudos com interações em cadeias tróficas vêm sendo recentemente documentadas (ANDRADY, 2011). Neste estudo mostramos sua presença em todos os sítios estudados tanto do rio principal como dos tributários do Médio Uruguai e onde pelos menos um de cada quatro peixes apresentava microplástico no trato gastrointestinal.

Dentre os itens consumidos tem destaque a presença de microplástico. A presença deste item no trato gastrointestinal de *A. lacustris* já era esperado, visto o alto grau de poluição das águas interiores do Rio Grande do Sul (PEREIRA, 2004; DELLAMATRICE; MONTEIRO, 2014) e a voracidade desta espécie. Apesar disso surpreende a alta porcentagem de peixes que apresentaram microplásticos dentro do conteúdo gastrointestinal.

O resultado obtido no rio Uruguai corrobora parcialmente os estudos de Peters; Bratton (2016) e Mcneish et al., (2018) que relacionam as altas concentrações de microplásticos a zonas urbanas e ao uso excessivo da terra para plantações com a utilização de bio sólidos que se tornam fontes de microplásticos das bacias hidrográficas.

Em nosso estudo foi verificada elevadas frequências de ocorrência de microplástico nos sítios S2 e S3 onde existem áreas urbanas e de cultivo agrícola próximas e baixos valores no sítio S5 que apresenta uma densidade de ocupação humana baixa na sua área de drenagem, porém, não explica totalmente pois o sítio S4, localizado na proximidade do maior centro urbano estudado, apresentou valores inferiores de presença de microplástico do que os sítios S2 e S3.

Uma hipótese plausível para a alta incidência de microplástico em S2 e S3 pode estar relacionada às características da calha do rio e aos itens alimentares principalmente consumidos em S2 e S3. Estes dois sítios caracterizam-se por apresentar trechos lânticos quando comparados aos demais sítios amostrais. S3 comporta barramentos a montante e S2 particulariza-se pela presença de poços extensos seguidos de corredeiras, o que pode aumentar o tempo de permanência e o acúmulo destas partículas na coluna da água e no sedimento, ficando assim disponíveis aos peixes desses sítios. Soma-se o fato que foi nesses sítios que houve o maior consumo de algas filamentosas que por sua vez estiveram altamente correlacionadas com a presença de microplásticos. Alguns estudos indicam que a ingestão de micropartículas sintéticas pelos peixes pode estar relacionada à agregação dessas partículas milimétricas ao alimento, disponíveis no sedimento (COSTA et al., 2011) ou ainda as fibras podem formar uma rede de biofilme (MASÓ et al., 2003) tornando-se atraente para os peixes. Hipotetizamos que o microplástico que ficou aderido as algas filamentosas foi ingerido pelos peixes, ou ainda que a formação de uma película de perifiton na superfície estimulou o peixe a consumir esta micropartícula.

Dentre os microplásticos registrados, as concentrações de fibras azuis e aplanadas foram maioria em todos os sítios. Este resultado não surpreende visto que as fibras sintéticas azuis são os polímeros mais abundantes em ambientes aquáticos (WRIGHT et al., 2013), oriundas de diversas fontes, como fraldas, roupas, utensílios de pesca (REED 2015; CARDOZO et al., 2018) ou ainda são produto de ações bióticas ou abióticas (COSTA et al., 2016; MENDOZA et al., 2018). A flutuabilidade das fibras facilita a ingestão e distribuição ao longo do canal, diferentemente dos fragmentos que sedimentam mais facilmente. Este resultado também levanta um alerta visto que as fibras apresentam corantes artificiais altamente prejudiciais aos seres vivos (LITHNER et al., 2009; REMY et al., 2015), além disso, o microplástico de cor azul, principalmente os de forma aplanada, devem ajudar a confundir o peixe no momento do consumo devido a sua semelhança com a cor e forma das algas, especialmente depois da formação de películas de sedimento e perifiton.

Os resultados obtidos no presente estudo são preocupantes, visto que o *A. lacustris* é uma espécie muito abundante e pode disseminar microplásticos por toda a bacia. Ainda, ela é uma presa frequente de muitos peixes predadores de médio e grande porte, alguns de importância para a pesca como o dourado *Salminus brasiliensis* e o surubim-pintado *Pseudoplatystoma corruscans*, que poderiam acumular mais plástico ainda e que por sua vez eventualmente poderiam transferir estas micropartículas para os seres humanos. Para piorar, os microplásticos também podem atrair outros poluentes presentes na água, incluindo dioxinas, metais e alguns pesticidas (CAIXETA, 2018), tanto que muitos pesquisadores que estudam poluição marítima usam plásticos como indicadores de contaminação (RAMOS, 2010).

A diversidade de itens alimentares encontrados no estômago do *Astyanax lacustris* mostra que esta espécie é onívora corroborando outros estudos realizados com este táxon (DA ROCHA et al., 2011; DA SILVA et al., 2012). Em alguns estudos foi observado uma onívoros com tendência a insetivoria (SILVA et al., 2012) e em outros uma tendência a algívoria (BASTIAN, 2018). No presente trabalho os insetos alóctones e autóctones foram os mais frequentes e abundantes no conteúdo estomacal de *A. lacustris*, sendo muito mais significativos nos três sítios de planície localizados no bioma Pampa.

A maior presença dos insetos nas regiões de planície tem sido mencionada na literatura (BAPTISTA et al., 2014). A maior entrada de nutrientes alóctones dentro do corpo aquático permite um aumento dos insetos autóctones e por outro lado o maior contato da água com a terra nestes ambientes permite também uma maior entrada dos insetos alóctones na água o que permite seu maior consumo (GREGORY et al., 1991).

Ainda assim, em alguns sítios do presente estudo, foi verificado uma maior presença das algas filamentosas no conteúdo alimentar principalmente nos sítios de montante. A presença de algas nestes sítios pode ser explicada pela maior presença de poços na calha do rio Uruguai no caso de S2 e pela presença do reservatório acima de S3. Diferentes estudos mostram que as algas filamentosas são mais abundantes em ambientes de água parada e com maior presença de matéria orgânica (HILLEBRAND 1983; KLAPWIJK et al., 1983; BRANCO; PEREIRA, 2002). A variação na dieta de *A. lacustris* nos diferentes sítios de amostragem corroboram a flexibilidade alimentar desta espécie (ABELHA et al., 2001; FERREIRA et al., 2012) que consegue se alimentar de praticamente todos os alimentos disponíveis no ambiente.

O Médio rio Uruguai é um dos trechos da Bacia do Prata que se encontram mais preservados enquanto a manutenção de seus trechos lóticos, ausência de fragmentação no

trecho principal e a presença de regiões litorâneas ainda com a vegetação nativa pré-existente, o que faz desta sub-bacia uma das mais diversas tratando-se da ictiofauna e presença de peixes migradores (ZANIBONI-FILHO; SHULTZ, 2003), apesar disso não está livre da influência da poluição. Os nossos resultados são preocupantes e precisam ser confirmados em outros locais e espécies de peixes para dimensionar a problemática da ingestão do microplástico e avaliar os possíveis efeitos a nível de indivíduos, populações e comunidade.

## **5 CONCLUSÃO**

Diante de nossos resultados podemos concluir que a espécie *Astyanax lacustris* está consumindo microplástico na bacia do médio rio Uruguai, principalmente nos trechos mais lânticos e onde existe um predomínio do consumo de algas filamentosas.

## REFERÊNCIAS

- ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum**, 23(2): 425-434, 2001.
- ABELHA, M. C. F.; GOULART, E.; KASHIWAQUI, E. A. L.; SILVA, M. R. *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914 (Characiformes: Characidae) in the Alagados Reservoir, Paraná, Brazil: diet composition and variaton. **Neotropical Ichthyology**, 3:349-356, 2006.
- ANDRADY, A. L.; NEAL, M. A. **Applications and societal benefits of plastics. Philosophical Transactions Royal Society**, v. 364, n. 1526, p. 1977–1984, 2009. Disponível em: <<http://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>>. doi:10.1098/rstb.2008.0304.
- ANDRADY, A.L. Microplastics in the marine environment. **Mar. Pollut. Bull.** 62, 1596–1605. 2011.
- BAPTISTA, V, A. et al. Influência de fatores ambientais na distribuição de famílias de insetos aquáticos em rios no sul do Brasil. **Ambiente & Sociedade**, 17(3):155-176, 2014.
- BARNES, D. K. A. et al. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences**, 364(1526): 1985-1998, 2009.
- BASTIAN, R. **Variação diária da alimentação do lambari *Astyanax lacustris* no rio Ijuí, RS, Brasil**. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso. Ciências Biológicas, Universidade Federal da Fronteira Sul, 29p, 2018.
- BERGMANN, M. et al. **Vast Quantities of Microplastics in Arctic Sea Ice—A Prime Temporary Sink for Plastic Litter and a Medium of Transport**. Fate And Impact Of Microplastics. In: *Marine Ecosystems*, [s.l.], p.75-76, 2017. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-812271-6.00073-9>.
- BRANCO, L.H.Z.; PEREIRA, J.L. Evaluation of seasonal dynamics and bioindication potential of macroalgal communities in polluted tropical stream. **Archiv für Hydrobiologie** 155: 147-161. 2002.
- CARDOZO, A.L.P.; FARIAS, E.G.G.; RODRIGUES-FILHO, J.L.; MONTEIRO, I.B; SCANDOLO, T.M.; DANTAS, D.V. **Feeding ecology and ingestion of plastic fragments by *Priacanthus arenatus*: What's the fisheries contribution to the problem?**
- CAIXETA, D.S.; CAIXETA, F.C.; MENEZES FILHO, F.C.M. **NANO E MICROPLÁSTICOS NOS ECOSISTEMAS: IMPACTOS AMBIENTAIS E EFEITOS SOBRE OS ORGANISMOS**. 2018. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/biol/nano.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019
- CHAE, Y.; AN, Y. J. **Effects of micro- and nanoplastics on aquatic ecosystems: current research trends and perspectives**. *Marine Pollution Bulletin*, v. 124, p. 624632,

2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.070>>. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.01.070.

COSTA, M.F.; SILVA-CAVALCANTI, J.S.; BARBOSA, C.C.; BARLETTA, M. Plastic buried in the inter-tidal plain of a tropical estuarine ecosystem. **J Coast Res** 64: 339–343, 2011.

COSTA, M. F.; IVAR DO SUL, J. A.; SILVA-CAVALCANTI, J. S.; ARAÚJO, M. C. B.; SPENGLER, Â.; TOURINHO, P. S. On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: A snapshot of a Brazilian beach. **Environmental Monitoring and Assessment**, 168:1-4, 2010.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18(12): 1296-1301, 2014.

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**, 12(5): 539–550, 2015.

FERREIRA, A.; PAULA, F. R. P.; FERRAZ, S. F. B.; GERHARD, P.; KASHIWAQUI, E. A. L.; CYRINO, J. E. P.; MARTINELLI, L. A. Riparian coverage affects diets of characids in neotropical streams. **Ecology Freshwater Fish** 21:12-22, 2012.

FRIAS, J. P. G. L.; SOBRAL, P.; FERREIRA, A. M. Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. **Marine Pollution Bulletin**, 60(11):1988-1992.

GREGORY, S.V.; SWANSON, F.J.; MCKEE, W.A.; CUMMINS, K.W. An ecosystem perspective of riparian zones. **Bioscience** 41:540-551, 1991.

HARTZ, S. M.; SILVEIRA, C. M.; BARBIERI, G. Alimentação de *Astyanax* Baird & Girard, 1854 ocorrentes na Lagoa do Caconde, RS, Brasil (Teleostei, Characidae). **Revista Unimar**, 18(2):269-281, 1996.

HILLEBRAND, H. **Development and dynamics of floating clusters of filamentous algae**. Pp. 31-39. In: R.G. Wetzel (ed.). *Periphyton in freshwater ecosystems*. Hague, Junk Publishers, 1983.

JOVANOVIĆ, B.; WHITLEY, E.M.; KIMURA, K.; CRUMPTON, A.; PALIC, D. Titanium dioxide nanoparticles enhance mortality of fish exposed to bacterial pathogens. **Environ Pollut**, 203:153–164. 2015.

KLAPWIJK, S.P.; DE BOER, T.F.; RIJS, M.J. **Effect of agricultural wastewater on benthic algae in ditches in the Netherlands**. Pp. 311-319. In: R.G. Wetzel (ed.). *Periphyton in freshwater ecosystems*. Hague, Junk Publishers. 1983.

LITHNER, D. et al. Leachates from plastic consumer products – Screening for toxicity with *Daphnia magna*. **Chemosphere**, 74(9): 1195-1200, 2008

MA, Y.; HUANG, A.; CAO, S.; SUN, F.; WANG, L.; GUO, H.; JI, R. Effects of nanoplastics and microplastics on toxicity, bioaccumulation and environmental fate of phenanthrene in fresh water. **Environment Pollution**, 2019:166-173, 2016.

MASÓ, M.; GARCÉS, E.; PAGÈS, F.; CAMP, J. Drifting plastic debris as a potential vector for dispersing harmful algal bloom (HAB) species. **Sci Mar** 67: 107–111, 2003

MCNEISH, R. E. et al. Microplastic in riverine fish is connected to species traits. **Scientific Reports**, 8(1):8-15, 2018.

MENDOZA, L. M. R.; KARAPANAGIATI, H.; ÁLVAREZ, N. R. Micro(nanoplastics) in the marine environment: current knowledge and gaps. **Current Opinion in Environmental Science e Health**, 1:47-51, 2018.

MONTENEGRO, L. A.; DAMASCENO, D.N.F.; ALMEIDA, R. G.; CHELLAPPA, S. Biologia alimentar do mussum, *Synbranchus marmoratus* (Bloch, 1795) (Osteichthyes: Synbranchidae) no açude Marechal Dutra localizado no semi-árido brasileiro. **Biota Amazônia**, 1(2): 52-60, 2011.

MMA. **Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006. 128 p.

PEREIRA, R. S. Poluição hídrica: causas e consequências. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**. 1(1):20-36, 2004.

PETERS, C.A.; BRATTON, S.P. Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. **Environ Pollut**, 210:380-387, 2016.

PINHEIRO C, Oliveira U, Vieira M (2017). **Occurrence and Impacts of Microplastics in Freshwater Fish**. *J Aquac Mar Biol* 5(6): 00138 DOI: 10.15406/jamb.2017.05.00138

RAFIEE, M.; DARGAHI, L.; ESLAMI, A.; BEIRAMI, E.; JAHANGIRI-RAD, M.; SABOUR, S.; AMEREH, F. Neurobehavioral assessment of rats exposed to pristine polystyrene nanoplastics upon oral exposure. **Chemosphere**, 193:745-753, 2016.

RAMOS, R.J.; PEREIRA, M.A.; MIOTTO, L.A.; FARIA, L.F.B.; SILVEIRA JUNIOR, N.; VIEIRA, C.R.W. Microrganismos indicadores de qualidade higiênico-sanitária em ostras (*Crassostrea gigas*) e águas salinas de fazendas marinhas localizadas na Baía Sul da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Rev Inst Adolfo Lutz**. 69(1):29-37. 2010.

REED, C. Down on the plasticene age. **New scientist**, 225: 28-32. 2015.

REMY, F. et al. When Microplastic Is Not Plastic: The Ingestion of Artificial Cellulose Fibers by Macrofauna Living in Seagrass Macrophytodetritus. **Environmental Science & Technology**, 49(18):11158-11166, 2015.

ROCHMAN, C.M.; BROWNE, M.A.; HALPERN, B.S.; HENTSCHEL, B.T.; HOH, E. et al. Classify plastic waste as hazardous. **Nature**, 494(7436): 169-171. 2013.

SANTOS-MARTÍN, F. et al. (2015) De la gestión de los recursos pesqueros a la gestión de los ecosistemas: La aproximación de los servicios de los ecosistemas aplicada a la gestión pesquera. **Ambienta**, 1(111):74-87, 2015.

SEMA, Recursos Hídricos e Saneamento. **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul**. 2012.

SILVA, D.A. et al. Ecologia Alimentar de *Astyanax lacustris* (Osteichthyes: Characidae) na Lagoa do Piató, Assu, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, 2(1):74-82, 2012.

SILVA-CAVALCANTI, J.S.; SILVA, J.D.; FRANÇA, E.J.; ARAÚJO, M.C.; GUSMAN, F. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. **Environ Pollut** 221: 218-226, 2017.

WAGNER M, SCHERER C, ALVAREZ-MUÑOZ D, N BRENNHOLT, X BOURRAIN, et al. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. **Environmental Sciences Europe** 26:12. 2014.

WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. **Environmental Pollution**, 178:483-492, 2013.

ZANIBONI-FILHO, E.; SHULTZ, U. H. **Migratory fishes of the Uruguay river. In: Migratory fishes of South America** (CAROSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A. (Eds.). Victoria, Canada. 157-194. 2003.



## 6 APÊNDICES

### APÊNDICE A – *Astyanax lacustris* coletados



Fonte: Santos, 2019

### APÊNDICE B – Retirada do aparelho digestório



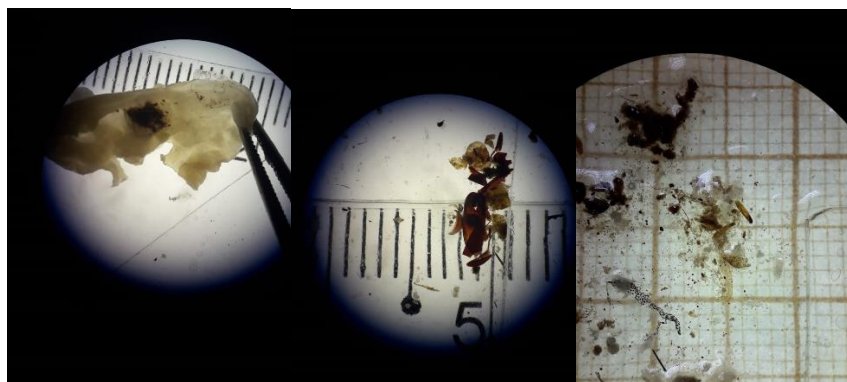
Fonte: Santos, 2019.

## APÊNDICE C – Armazenagem do trato digestório antes das análises de MP



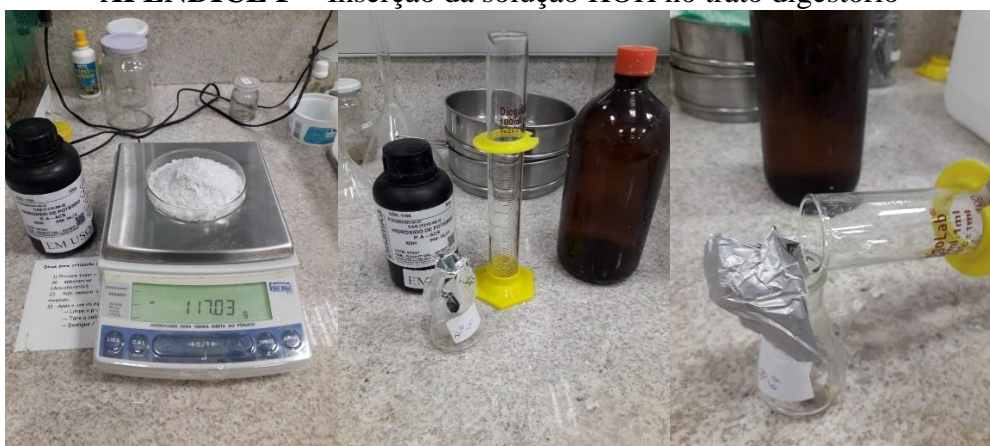
Fonte: Santos, 2019.

## APÊNDICE D – Análise do conteúdo alimentar



**APÊNDICE E – Lavagem do trato digestório**

Fonte: Santos, 2019.

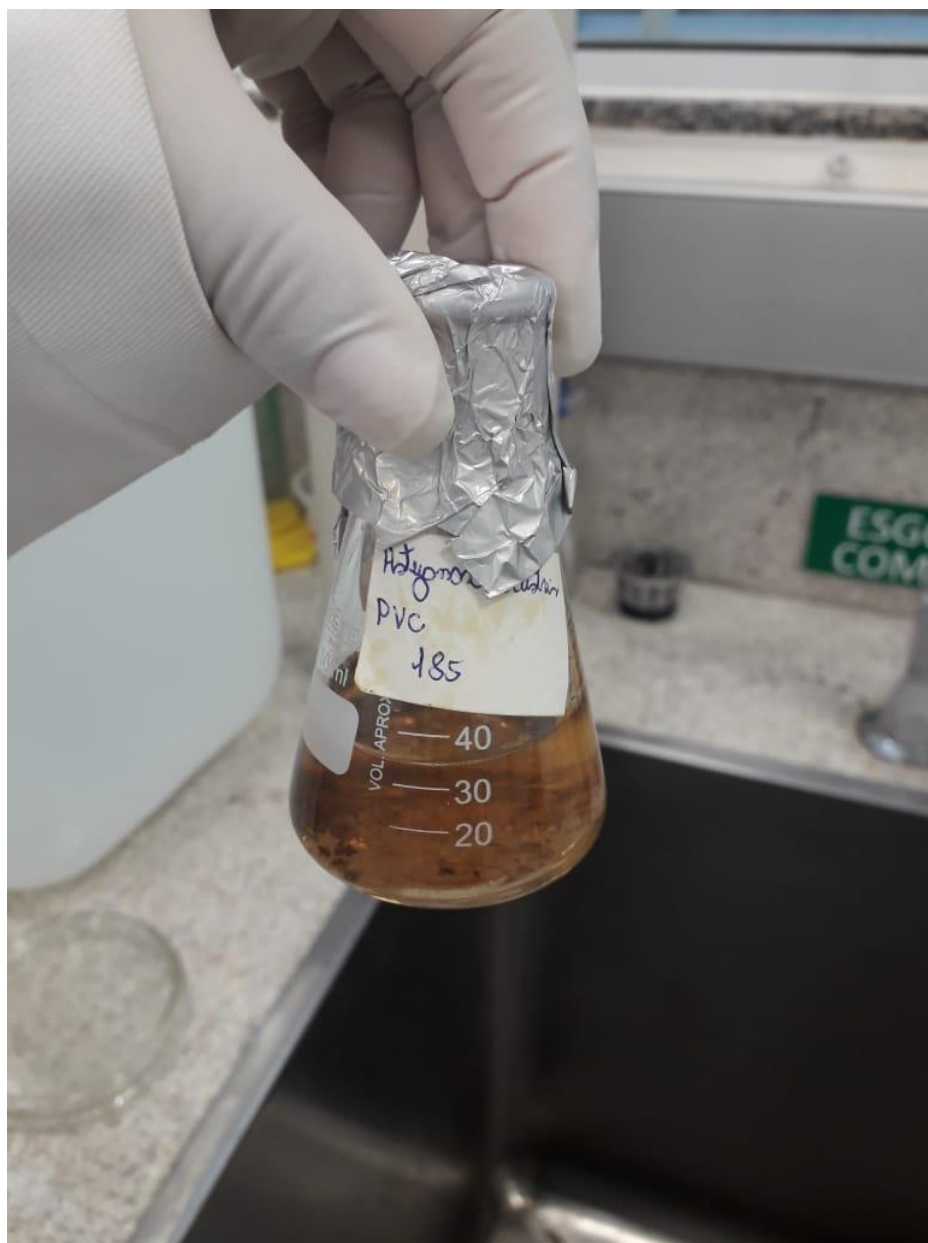
**APÊNDICE F – Inserção da solução KOH no trato digestório**

Fonte: Santos, 2019.

**APÊNDICE G – Solução na estufa**

Fonte: Santos, 2019.

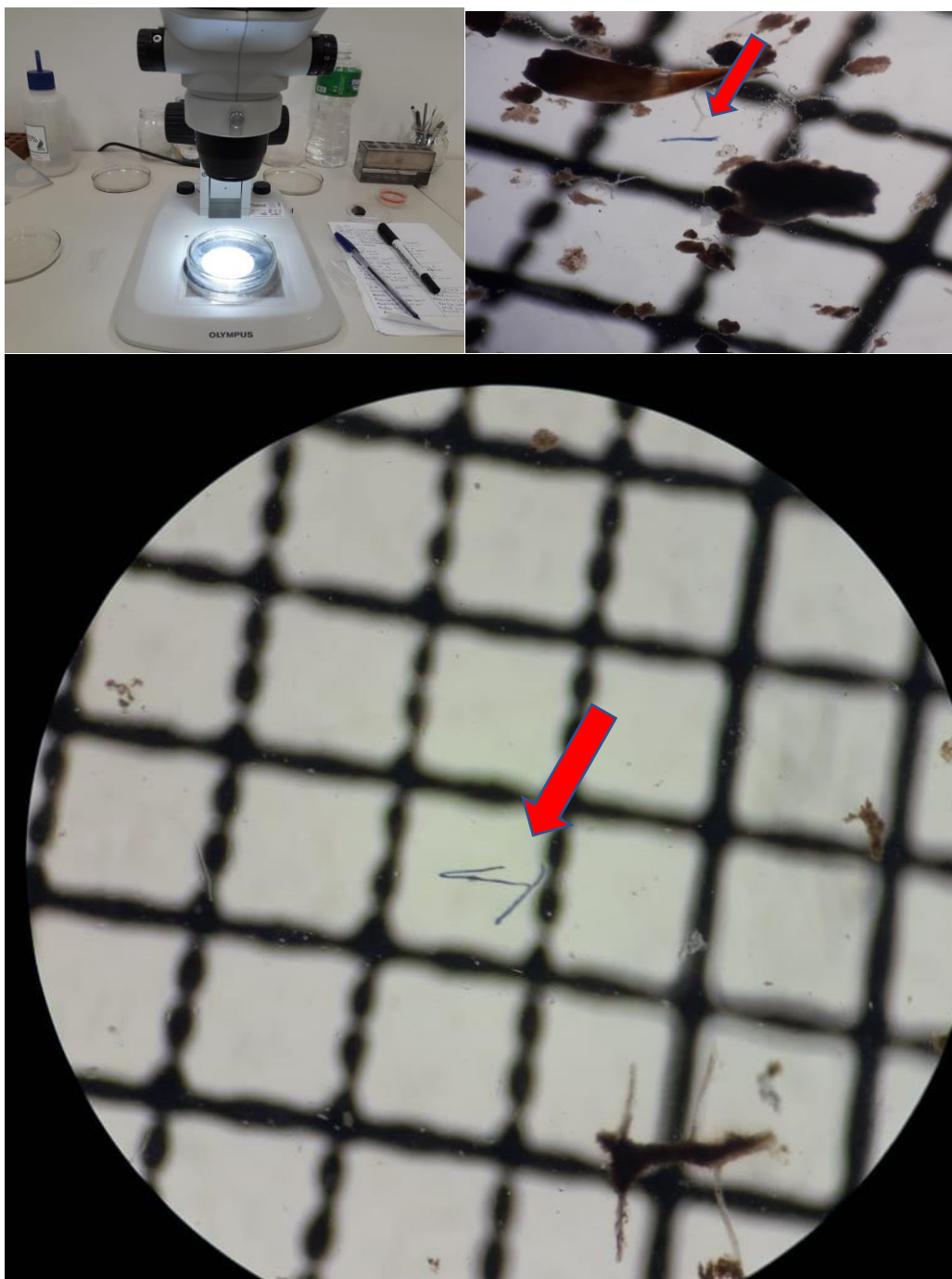


**APÊNDICE H – Solução após 24hs na estufa**

Fonte: Santos, 2019.

**APÊNDICE I – Filtração da solução**

Fonte: Santos, 2019.

**APÊNDICE J – Análise MP**

Fonte: Santos, 2019.