

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINÁRIA
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL**

CARINE ALMEIDA MIRANDA BEZERRA

INVESTIGAÇÃO BRANQUIAL HISTOLÓGICA DE *Pimelodus blochii*, *Pimelodina flavipinnis* (SILURIFORMES: PIMELODIDAE) E *Psectrogaster amazonica* (CHARACIFOMES: CURIMATIDAE) E DIVERSIDADE PARASITÁRIA DE MONOGENOIDEA DE *Psectrogaster amazonica* DO MÉDIO RIO TOCANTINS

São Luís - MA

2018

CARINE ALMEIDA MIRANDA BEZERRA

INVESTIGAÇÃO BRANQUIAL HISTOLÓGICA DE *Pimelodus blochii*, *Pimelodina flavipinnis* (SILURIFORMES: PIMELODIDAE) E *Psectrogaster amazonica* (CHARACIFOMES: CURIMATIDAE) E DIVERSIDADE PARASITÁRIA DE MONOGENOIDEA DE *Psectrogaster amazonica* DO MÉDIO RIO TOCANTINS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação stricto sensu em Ciência Animal desenvolvida na linha de pesquisa em Morfologia, Conservação e Citogenética Animal para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Diego Carvalho Viana
Co-orientador: Profa. Dra. Marcia Cristina Nascimento Justo

São Luís - MA

2018

CARINE ALMEIDA MIRANDA BEZERRA

INVESTIGAÇÃO BRANQUIAL HISTOLÓGICA DE *Pimelodus blochii*, *Pimelodina flavipinnis* (SILURIFORMES: PIMELODIDAE) E *Psectrogaster amazonica* (CHARACIFORMES: CURIMATIDAE) E DIVERSIDADE PARASITÁRIA DE MONOGENOIDEA DE *Psectrogaster amazonica* DO MÉDIO RIO TOCANTINS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação stricto sensu em Ciência Animal desenvolvida na linha de pesquisa em Morfologia, Conservação e Citogenética Animal para obtenção do grau de Mestre.

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Diego Carvalho Viana (Orientador)

Profa. Dra. Marcia Cristina Nascimento Justo (Co-orientador)

Prof. Dr. Francisco Borges Costa
1º Examinador

Profa. Dra. Simone Chincz Cohen
2º Examinador

“Ora, a fé é a certeza daquilo que esperamos e a prova das coisas que não vemos.” (Hebreus 11:1)

Dedico este trabalho a minha filha Laura
Valentina Miranda Bezerra

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar em minha vida se encontra DEUS, então é a Ele que devo primeiramente agradecer por essa oportunidade de me tornar Mestre, por me capacitar para tal tarefa, me guiando por quais caminhos seguir, para que no final dê tudo certo.

Em segundo lugar gostaria de agradecer à minha família, em especial ao meu esposo Wesley Ramon, que está presente em todos os momentos fáceis e difíceis que o Mestrado me exigiu. Você tem me deu força, apoio, e tudo quanto mais precisei para atravessar esta jornada.

Não poderia deixar de agradecer aos meus pais (Raimundo e Carmosa) e minhas irmãs (Gisele e Priscila) que mesmo distante sempre me apoiaram e oraram para ver este momento acontecer com êxito. Obrigada também Nilza, Paulo (meus sogros) e Emanulle (cunhada) por todo esforço em me ajudar sempre que precisei ao longo deste percurso.

No meio deste processo chegou você Laura Valentina, uma dádiva que Deus fez nascer através de mim. Você foi e continuará sendo minha inspiração para continuar sem jamais pensar em desistir, mesmo diante das noites mal dormidas, dos dias corridos e muitas vezes cansativos, das preocupações com o tempo que não me esperava, eu precisava ir avante! Mas faria tudo de novo sem me arrepender por um só instante. Você é o melhor de mim!

Quero agradecer especialmente ao meu Orientador Dr. Diego Carvalho Viana que acreditou em mim, em desenvolver este projeto que hoje se torna objetivo alcançado. Obrigada pelos ensinamentos, pela compreensão e confiança em mim depositada. O Senhor faz parte da realização deste sonho!

Dedico minha gratidão também à minha Co-orientadora Dra. Marcia Cristina Nascimento Justo, uma pessoa que mesmo sem me conhecer aceitou me auxiliar nesse projeto, oferecendo-me o seu melhor. Obrigada por sua dedicação, esforço, parceria. Seus trabalhos desenvolvidos com excelência me torna uma pessoa privilegiada em ter você ao meu lado nesse momento tão importante da minha vida!

Agradeço também a Dra. Simone Chincz Cohen por todos os esforços desprendidos para me auxiliar nesta jornada. Sua experiência acadêmica me dá ainda mais segurança para seguir em frente com a certeza de que estou no caminho certo!

Estendo meus agradecimentos à coordenadora do mestrado Dra. Alana Lislea de Sousa por todo empenho dedicado a nós mestrandos. Obrigada por todo tempo disponibilizado a nós, pelos conhecimentos repassados, pelos conselhos acertados. Obrigada a você também Fran, secretária do Mestrado, que não mede esforços em nos auxiliar, obrigada por ser tão amiga!

Obrigada ao pessoal do Curso de Ciências Biológicas da UEMA, em especial à Vanda que me ajudou o máximo que pôde para o meu aprendizado na área laboratorial e à Dra. Profa. Raimunda Fortes pelos esclarecimentos referentes ao meu tema de projeto, área em que domina com muita experiência e competência.

Agradeço também à minha turma do Mestrado 2017, por tornar estes dois anos mais alegres e descontraídos!

Não poderia deixar de agradecer à Universidade Estadual do Maranhão pela oportunidade de me tornar Mestre, obrigada UEMA pelas portas abertas. Obrigada também FAPEMA (Fundação de Amparo à Pesquisa), pela auxílio financeiro concedido, sem esse recurso muito do que foi feito não seria possível.

Deixo também meus agradecimentos ao grupo NEMO (Núcleo de Estudos Morfofisiológico Avançado), em especial a Helane, Aline, Eliana, Gabriel e Thales, que prontamente me ajudou sempre que precisei.

Por fim, agradeço a todos os amigos que de alguma forma torcem por mim, para que eu finalmente conclua mais uma etapa da minha vida!

RESUMO

INVESTIGAÇÃO BRANQUIAL HISTOLÓGICA DE *Pimelodus blochii*, *Pimelodina flavipinnis* (SILURIFORMES: PIMELODIDAE) E *Psectrogaster amazonica* (CHARACIFORMES: CURIMATIDAE) E DIVERSIDADE PARASITÁRIA DE MONOGENOIDEA DE *Psectrogaster amazonica* DO MÉDIO RIO TOCANTINS

Biomarcadores é uma ferramenta que vem sendo utilizada com sucesso para auxiliar o monitoramento de áreas com potencial de degradação. Neste contexto, as brânquias de peixes são os primeiros órgãos de contato direto e contínuo com o possível contaminante e por isso revelam-se como um órgão crucial neste tipo de estudo. Paralelamente, os parasitos de peixes de água doce têm grande potencial para serem utilizados como indicadores de alterações do ambiente aquático, por serem sensíveis à uma gama de perturbações ambientais. O objetivo do trabalho é investigar a presença de lesões branquiais em peixes da família Characiformes e Siluriformes e avaliar a presença de Monogenoidea parasitos de Characiformes capturados no médio rio Tocantins, contribuindo assim para o monitoramento das águas do Médio Rio Tocantins e para o conhecimento da biodiversidade da fauna helmintológica do Brasil. Os peixes foram coletados no trecho médio do Rio Tocantins. No mês de janeiro, correspondendo ao período chuvoso, foram coletadas três espécies para investigação histológica das brânquias, *Pimelodina flavipinnis* (n=3), *Pimelodus blochii* (n=3) e *Psectrogaster amazonica* (n=3). No período seco (julho e setembro), foram coletados 58 exemplares da espécie *Psectrogaster amazonica*, sendo 52 espécimes destinados ao estudo da diversidade de Monogenoidea e 6 à investigação histológica branquial. Os hospedeiros foram identificados e examinados no laboratório de Parasitologia da UEMASUL. As brânquias destinadas a histologia, foram processadas de acordo com metodologia específica para protocolo de HE. Para estudos de diversidade de Monogenoidea, as brânquias foram acondicionadas em frascos e fixadas em álcool 70% aquecido a 65°C e em seguida foram enviadas para o Laboratório de Helmintos Parasitos de Peixes da Fundação Oswaldo Cruz no Rio de Janeiro, onde os helmintos foram coletados e processados de acordo com metodologia específica para o grupo. As principais alterações histológicas observadas no período chuvoso foram: hiperplasia, destacamento do epitélio filamentar, fusão parcial e total das lamelas secundárias, congestão, aneurisma e encurtamento das lamelas respiratórias. Em relação ao período seco, as principais lesões observadas foram: ruptura do epitélio, aneurisma, hiperplasia e necrose. Dos 52 exemplares de *P. amazonica* coletados para estudos de diversidade parasitária, 21 (42,3%) estavam parasitados por pelo menos uma espécie Monogenoidea, sendo coletados um total de 79 espécimes de parasitos distribuídos entre seis diferentes espécies: *Curvianchoratus singularis*, *Urocleidoides triangulus*, *Cacatuocotyle sp.*, *Urocleidoides sp.1*, *Urocleidoides sp. 2* e *Dactylogyridae gen. sp.* Neste trabalho, *P. amazonica* é registrada como um novo hospedeiro para *C. singularis* e *U. triangulus* e a bacia do Tocantins Araguaia representa um novo registro de distribuição geográfica para essas duas espécies. Considerando a diversidade ictiológica do Rio Tocantins, o presente estudo contribuirá para aumentar e expandir o conhecimento destes helmintos em peixes da região e propiciará o conhecimento da condição branquial, órgão imprescindível para a saúde do peixe, e conseqüentemente implicações sobre a qualidade das águas do Rio Tocantins.

Palavras-chave: Brânquias; Parasitos de peixes de água doce; Bacia Tocantins-Araguaia.

ABSTRACT

HISTOLOGICAL BRAIN HISTOLOGICAL INVESTIGATION OF *Pimelodus blochii*, *Pimelodina flavipinnis* (SILURIFORMES: PIMELODIDAE) AND Amazonian *Psectrogaster* (CHARACIFORMES: CURIMATIDAE) AND PARASITARY DIVERSITY OF MONOGENOIDEA OF Amazonian *Psectrogaster* DO MÉDIO RIO TOCANTINS

Biomarkers are a tool that has been used successfully to help the monitoring of areas with degradation potential. In this context, fish gills are the first direct and continuous contact organs with the possible contaminant and therefore they are a crucial organ in this type of study. At the same time, freshwater fish parasites have great potential to be used as indicators of changes in the aquatic environment because they are sensitive to a range of environmental disturbances. The objective of this work is to investigate the presence of branchial lesions in fish of the Characiformes and Siluriformes family and to evaluate the presence of Monogenoidea parasites of Characiformes captured in the middle Tocantins River, thus contributing to the monitoring of the waters of the Middle Tocantins River and to the knowledge of biodiversity of the helminthological fauna of Brazil. The fish were collected in the Middle Rio Tocantins. The hosts were identified and examined in the Parasitology laboratory of UEMASUL. The gills for histology were processed according to specific protocol for HE protocol. For monogenoidea diversity studies, the gills were conditioned in flasks and fixed in 70% alcohol heated to 70°C and sent to the Laboratory of Parasite Helminths of Oswaldo Cruz Foundation, where the helminths were collected and processed according to specific methodology for the group. In the month of January, corresponding to the rainy season, three species were collected for histological investigation of gills, *Pimelodina flavipinnis* (n = 3), *Pimelodus blochii* (n = 3) and *Psectrogaster amazonica* (n = 3). In the dry period, 58 specimens of the species *Psectrogaster amazonica* were collected, 52 specimens being used for the study of Monogenoidea diversity and 6 for gill histological investigation. The main histological changes observed in the rainy season were: hyperplasia, filamentous epithelial detachment, partial and total melting of the secondary lamellae, congestion, aneurysm and shortening of the lamellae. Regarding the dry period, the main lesions observed were: rupture of the epithelium, aneurysm, hyperplasia and necrosis. For the study of the diversity of Monogenoidea, 52 specimens of *P. amazonica* were collected, of which 21 (42.3%) were parasitized by at least one Monogenoidea species, and a total of 79 parasites were collected: specimens of *Cacatuocotyle* sp., *Curvianchoratus singularis*, *Dactylogyridae* gene. sp., *Urocleidoides* sp. and specimens of *Urocleidoides triangulum*. In this work, *P. amazonica* is recorded as a new host for *C. singularis* and *U. triangulum* and the Tocantins Araguaia basin represents a new geographical distribution record for these two species. Considering the ichthyological diversity of the Tocantins River, the present study will contribute to increase and expand the knowledge of these helminths in fish of the region and will provide the knowledge of the branchial condition, essential organ for the health of the fish, and consequently implications on the quality of the waters of Rio Tocantins.

Keywords: Gills; Parasites of freshwater fish; Tocantins-Araguaia Basin

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Espécies de peixes coletados no Médio Rio Tocantins. A. *Pimelodina flavipinnis*, conhecida como Mandi-Moela; B. *Pimelodus blochii*, conhecida como Mandi-Cabeça-de-Ferro; C. *Psectrogaster amazonica*, conhecida como Branquinha. Fonte: Bezerra, C. A. M. Barra: 1cm.....20
- Figura 2** - Histologia branquial: filamento branquial (asterisco); lamela secundária (seta); epitélio pavimentoso estratificado (cabeça de seta). Fonte: arquivo pessoal23
- Figura 3** -Rio Tocantins evidenciando o Alto, Médio e Baixo Tocantins juntamente com o mapa do município de Imperatriz mostrando o ponto de coleta (Embiral, MA). Fonte: Google Earth.....35
- Figura 4** – Média do índice do órgão dos exemplares capturados no mês de janeiro de 2018 no trecho do Médio Rio Tocantins, Embiral-MA.....38
- Figura 5** - Fotomicrografias do segundo arco branquial direito de exemplares de *P. flavipinnis* coletados no Rio Tocantins, Embiral, MA. A) Filamento branquial (asterisco) e lamelas respiratórias normais (seta) Barra: 20 µm; B) Hiperplasia entre as lamelas secundárias com fusão parcial (seta) Bar:a 20 µm;C) Hiperplasia com fusão total das lamelas respiratórias (asterisco) Barra: 20 µm; D) descolamento do epitélio filamentar (seta) Barra: 20 µm.....39
- Figura 6**– Fotomicrografias do segundo arco branquial direito de exemplares de *P. blochii* coletados no Rio Tocantins, Embiral, MA. A) Hiperplasia (asterisco) Bar: 20 µm; B) descolamento do epitélio filamentar (seta) Barra: 20 µm; C) congestão lamelar (seta) Barra: 20 µm; D) Aneurisma (seta) Barra: 20 µm.....40
- Figura 7** - Fotomicrografias do segundo arco branquial direito de exemplares de *P. amazonica* coletados no Rio Tocantins, Embiral, MA. A) Hiperplasia (asterisco) e congestão (seta) 20 µm; B) encurtamento das lamelas respiratórias (asterisco) 20 µm; C) Hiperplasia com fusão total das lamelas (seta); D) Hiperplasia com fusão parcial lamelar (asterisco).....41
- Figura 8** – Lesões branquiais registradas em *P. amazonica*. Exemplares coletados no Médio Rio Tocantins, 2018, correspondente ao período seco. A) Filamento primário (cabeça de seta branca) barra 20 µm; B) Necrose (asterisco) e encurtamento lamelar (seta) barra 20 µm; C) Aneurisma (seta) barra 20 µm; D) Hiperplasia (asterisco) e levantamento do epitélio (seta) barra 20 µm; E) Espessamento descontrolado do epitélio (seta) barra 20 µm; F) Espessamento das lamelas secundárias com ruptura do epitélio e hemorragia (asteridco) barra 20 µm; G) Vasodilatação da lamela primária (asterisco) barra 20 µm; H) Desorganização dos filamentos (asterisco) barra 20 µm; I) Congestão (seta) barra 20 µm43
- Figura 9** - Descritores parasitológicos das espécies de Monogenoidea parasitos de *P. amazonica*, provenientes do trecho médio do Rio Tocantins59

Figura 10 - *Curvianchoratus singularis* (Suriano, 1980) Suriano, 1986. Total. Mostrando Complexo copulatório formado pelo órgão copulatório masculino (OCM) tubular, com uma volta e meia no sentido horário e peça acessória articulada, em forma de pinça, com 2 subunidades (asterisco); região do haptor mostrando âncoras dorsais complexas, modificadas e compostas por 2 subunidades: subunidade dorso-mediana (seta preta) e subunidade dorsal (seta branca); Barra ventral (cabeça de seta branca). Barra: 100µm.61

Figura 11 - *Cacatuocotyle* sp. Total. Complexo copulatório composto por OCM tubular, com 5 voltas e meia, no sentido anti-horário e peça acessória curta (seta preta); Ovo (seta branca); Região do haptor mostrando um par de âncoras (asterisco). Barra: 100µm.63

Figura 12 - *Urocleidoides triangulus* (Suriano, 1981) Rossin e Timi, 2016. Total. Mostrando Complexo copulatório (asterisco); região do haptor com ancoras ventrais (seta preta); ancoras dorsais (seta branca); Barra ventral (cabeça de seta). Barra: 100µm.67

Figura 13 - *Urocleidoides* sp.1 Total. Barra: 100µm69

Figura 14 - *Urocleidoides* sp.2 Total. Mostrando o órgão copulatório masculino (OCM), constituído de um tubo reto e uma peça acessória bifurcada, que serve de guia para o COM (seta preta). Vagina ventral, fortemente esclerotizada, com uma membrana formando uma capa na extremidade distal (seta branca). Barra: 100µm69

Figura 15 - *Dactylogyridae* gen. sp.1 Total. Barra: 100µm *Urocleidoides* sp.1 Total. Barra: 100µm70

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Espécimes de peixes coletados no rio Tocantins, povoado Embiral, Imperatriz, Maranhão, 2018.....36
- Tabela 2.** Tipos de alterações branquiais com seus respectivos fatores de importância, segundo Bernet et al. (1999), para cálculo de índice do órgão.....37
- Tabela 3.** Tipos de lesões branquiais registrados nas espécies coletadas no período chuvoso do Médio Rio Tocantins, 2018.....42
- Tabela 4.** Lesões branquiais observadas nos exemplares da espécie *P. amazonica* coletados no período seco e chuvoso, no Médio Rio Tocantins, 2018.....44

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 Bacia Araguaia-Tocantins.....	16
3.2 Peixes como Bioindicadores.....	16
3.3 Siluriformes e Characiformes.....	17
3.4 Biomarcadores Histológicos.....	20
3.4.1 Brânquias.....	21
3.4.2 Morfologia branquial.....	21
3.5 Parasitismo por Monogenoidea.....	23
REFERÊNCIAS.....	26
4 CAPÍTULO I - Lesões Branquiais em Peixes Siluriformes (Pimelodidae) e em destaque para <i>Psectrogaster amazonica</i> (Characiformes: Curimatidae) Provenientes do Médio Rio Tocantins.....	32
4.1 INTRODUÇÃO.....	33
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4.2.1 Área de estudo.....	34
4.2.2 Desenho experimental.....	35
4.2.3 Morfologia branquial.....	36
4.2.3.1 Procedimentos histológicos.....	36
4.2.3.2 Avaliação morfológica branquial segundo Bernet et al. (1999).....	36
4.2.3.3 Avaliação morfológica branquial de Poleksic e Mitrovic-Tutundzic (1994).....	37
4.3 RESULTADOS.....	38
4.4 DISCUSSÃO.....	44
4.5 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	49
5 CAPÍTULO II - Diversidade parasitária de Monogenoidea parasitos de <i>Psectrogaster amazonica</i> (Characiformes: Curimatidae) do médio do Rio Tocantins.....	53
5.1 INTRODUÇÃO.....	55
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	56
5.3 RESULTADOS.....	58
5.4 DISCUSSÃO.....	71
5.5 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS.....	72
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins-Araguaia é a maior bacia localizada inteiramente em território brasileiro, com 813.674,1 km² e 2.640 km de extensão (BRASIL, 2018). A maior parte da bacia do rio Tocantins é caracterizada pelo clima tropical quente e úmido, com uma precipitação anual variando entre 1.200 a 2.400 mm. A temperatura média é de 25.5°C, com mínima de 17 e máxima de 33°C. O rio propicia uma natureza geomorfológica bastante variada assim, distingue-se três trechos a pontuar no seu trajeto: o alto, médio e baixo Tocantins. O médio rio Tocantins, o qual inclui a área do atual estudo, abrange a cachoeira de Lajeado no Tocantins à cachoeira de Itaboca no Pará totalizando 980 km de extensão (RELATÓRIO, 2013).

A fauna de peixes da bacia do Rio Tocantins, pode ser considerada hoje, relativamente bem conhecida quando comparada à ictiofauna dos outros subsistemas amazônicos com cerca de 520 espécies de peixes ocorrendo nesta localidade, sendo das quais, 30% endêmicas a esse sistema (LIMA; CAIRES, 2011). Entretanto, devido ao crescimento desenfreado das cidades nas últimas décadas, o aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais tem ocasionado contaminação dos ambientes aquáticos, desmatamentos, represamentos para construção de hidrelétricas, contaminação de lençol freático e introdução de espécies exóticas, resultando na diminuição da biodiversidade (GOULART; CALLISTO, 2003).

Nesse contexto, os peixes representam um modelo biológico adequado para o biomonitoramento de áreas de conservação, pois são portadores de energia de níveis tróficos inferiores a superiores (VAN DER OOST et al., 2003). Os efeitos de contaminantes nesses organismos podem se manifestar em vários níveis de organização biológica, incluindo disfunções celular e molecular. Estas respostas biológicas ao estresse provocado pelos poluentes podem ser empregadas para identificar sinais iniciais de danos aos peixes, sendo denominadas biomarcadores podendo ser útil para auxiliar ações de monitoramento e de gestão ambiental (CARVALHO-NETA; ABREU-SILVA, 2013).

A deterioração ambiental em função das atividades antrópicas tem gerado grande necessidade de desenvolver e adequar métodos de avaliação da qualidade ambiental (BRUSCHI JR. et al., 1998). A poluição das águas doces de superfície é um dos grandes problemas ambientais do mundo. Cada vez mais, métodos biológicos vêm sendo utilizados em estudos ambientais, com o objetivo de avaliar as respostas que os organismos produzem a sutis modificações do ambiente em vivem e em um determinado intervalo de tempo (LOBO et al., 2002).

Dentre eles, o estudo das brânquias representa um órgão importante para este tipo de biomonitoramento, pois tem contato permanente com a água e ocupam extensa área superficial, funcionando como órgãos de exposição a diferentes poluentes difundidos nos ecossistemas aquáticos, logo, acabam sendo o primeiro órgão a reagir às condições desfavoráveis (SILVA, 2004; GARCIA-SANTOS et al., 2007). Portanto, as alterações histopatológicas das brânquias, servem como um indicador de exposição a algum agente estressor (FLORES-LOPES et al., 2005; FLORES-LOPES; THOMAZ, 2011). Neste contexto, estudos histopatológicos têm sido reconhecidos por vários autores como uma valiosa ferramenta para avaliações de impactos ambientais em populações de peixes (CANTANHÊDE et al., 2014; CASTRO et al., 2014).

Outros organismos sensíveis às alterações dos ecossistemas aquáticos são os helmintos parasitos de peixes, já que essas alterações afetam a ictiofauna, influenciando tanto na prevalência como no tamanho das infrapopulações destes parasitos (PAVANELLI; EIRAS; TAKEMOTO, 2002). A comunidade parasitária apresenta uma resposta rápida às essas alterações (CARVALHO-NETA; ABREU-SILVA, 2013), e assim a presença de parasitos pode servir como parâmetro indicador do estado do ambiente (SANTOS; CECCARELLI; RÊGO, 2003). Qualquer perturbação no ambiente que interrompa a cadeia trófica pode interferir no ciclo de vida do parasito e conseqüentemente provocar o desaparecimento deste, em contrapartida, a introdução de outros organismos pode possibilitar a proliferação de parasitos que antes não existiam naquele ambiente.

Os parasitos podem ser diretamente suscetíveis aos efeitos tóxicos de poluentes, em cujo caso a poluição pode reduzir a prevalência e a intensidade da infecção. Se o hospedeiro for mais suscetível que o parasito ao poluente, sua resistência à infecção pode ser reduzida, levando a uma maior prevalência e intensidade (MACKENZIE et al., 1995). Quando em ambientes poluídos, estes parasitos podem apresentar altas taxas de prevalência que podem ser atribuídas a queda de imunidade do peixe hospedeiro em virtude da poluição química (SKINNER, 1982; VALTONEN; HOLMES; KOSKIVAARA, 1997; MOLES; WADE, 2001; MADI; UETA, 2009), sendo o uso de parasitos como bioindicadores em ambientes aquáticos e terrestres uma tendência em escala global (SURES, 2008; NACHEV; SURES, 2016).

Neste sentido, este é o primeiro trabalho que se tem conhecimento sobre a diversidade parasitária, aliada à estudos de alterações morfológicas branquiais de peixes do Médio Rio Tocantins com informações importantes para o conhecimento da biologia básica e na aplicação de projeto na conservação e preservação da fauna em função do ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a ocorrência de alterações celulares baseando-se em biomarcadores histológicos de brânquias das espécies *Pimelodus blochii* (Valenciennes, 1840), *Pimelodina flavipinnis* (Steindachner, 1876) e *Psectrogaster amazonica* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) e realizar estudos taxonômicos para conhecer a diversidade Monogenoidea parasitos de *Psectrogaster amazonica* capturados no trecho Médio do Rio Tocantins.

2.2 Objetivos específicos

CAPITULO I

- a. Investigar a presença/ausência de lesões branquiais em espécies de peixes do Médio Rio Tocantins.

CAPITULO II

- a. Identificar taxonomicamente as espécies de Monogenoidea parasitos de *Psectrogaster amazonica* coletados no trecho médio do Rio Tocantins;
- b. Caracterizar morfometricamente os helmintos de *P. amazonica* com a possível descrição de novas espécies, novos registros geográficos e de hospedeiros;
- c. Calcular os descritores quantitativos como prevalência, intensidade, intensidade média, abundância média de espécies de Monogenoidea coletados em *P. amazonica*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Bacia Araguaia-Tocantins

Trata-se da maior bacia de drenagem inserida totalmente em território brasileiro ocupando 767.000 Km², equivalendo a 7,5% da área do país e recebe as águas precipitadas desde o Planalto Central até a foz do rio Amazonas. Portanto, constitui-se em uma unidade geomorfológica de armazenamento e distribuição de águas, sendo dividida em sub-bacias de acordo com seus aspectos topográficos e com os interesses dos múltiplos usos da água em âmbito nacional, regional e local (NETTO et al., 2011).

As sub-bacias do rio Tocantins definidas pela Agência Nacional de Águas (ANA) são divididas em alto, médio e baixo Tocantins. O Alto Tocantins vai da nascente, no estado de Goiás, até a cachoeira de Lajeado no estado do Tocantins, medindo cerca de 1.050km, o Médio Tocantins vai da cachoeira de Lajeado à cachoeira de Itaboca localizada no estado do Pará, com 980km e, por último, o Baixo Tocantins abrange a cachoeira de Itaboca até a foz medindo 370km de extensão (RELATÓRIO, 2013).

A bacia Araguaia-Tocantins limita-se a leste com a bacia do rio São Francisco, a oeste com a bacia do rio Xingu e ao sul com a bacia do rio Paraná. Grande parte de sua área está localizada na região centro-oeste do país, incluindo as nascentes dos rios Araguaia e Tocantins onde convergem em um estreito corredor formado pelas áreas marginais do rio Tocantins que penetra na região norte. Os terrenos mais elevados encontram-se ao sul da bacia, na porção situada entre o Distrito Federal e o limite do estado do Tocantins, com elevações variando entre 700 e 300 m, envolvendo as calhas (leito aquático) dos rios Paranã e Tocantins (NETTO et al., 2011).

O rio Tocantins desliza por planaltos e planícies, corredeiras e estirões, cachoeiras e pedregais. Nasce no estado de Goiás entre os municípios de Ouro Verde e Petrolina e atravessa os estados do Tocantins, Maranhão e Pará. Em todo o percurso observa-se uma diversidade ou multiplicidade natural incluindo clima, solo, vegetação, fauna e regiões (RELATÓRIO, 2013; RODRIGUES, 2014). Demonstra uma heterogeneidade devido à transição de florestas úmidas das terras baixas da Amazônia para a vegetação de florestas secas e savanas (cerrado) no Planalto Central. O cerrado prevalece nas partes mais altas da bacia, enquanto que matas de galeria e florestas de inundação com buritizais (*Mauritia flexuosa*) acompanham o curso dos rios e igarapés. A floresta amazônica de terra firme ocupa as áreas fora das planícies de inundação ao longo da bacia do rio Tocantins (HALES; PETRY, 2013).

O clima nas sub-bacias altera de acordo com a altitude, variando do tipo tropical subquente e semiúmido ao sul e tropical quente úmido mais ao norte. O primeiro apresenta, em pelo menos um mês do ano, temperatura média mensal entre 15 a 18°C e, frequentemente, 4 a 5 meses secos. Já o segundo tipo tem temperatura média superior a 18°C em todos os meses, podendo ocorrer até três meses secos ao longo do ano (NETTO et al., 2011).

Ao longo do Tocantins há diversas barras fluviais e bancos de areia, fixados pela cobertura vegetal; estas ilhas arenosas tendem a se expandir nos períodos de redução de vazão. No trecho mais ao sul, o canal fluvial tende a apresentar maior exposição de afloramentos rochosos, por vezes na forma de níveis de base locais formando cachoeiras (NETTO et al., 2011).

3.2 Peixes como bioindicadores

A biota aquática está constantemente exposta a uma diversidade de poluentes lançados no ambiente. A fonte dessa contaminação é bastante ampla, partindo desde efluentes industriais, processos de drenagem agrícola (fertilizantes, agrotóxicos), derrames acidentais e não acidentais de lixos químicos (metais pesados, compostos orgânicos e inorgânicos) a lixos domiciliares que acabam por chegar a rios e mares, gerando a contaminação dos ecossistemas aquáticos (RASHED, 2001).

Dentre as modificações ocorrentes no Rio Tocantins, pode-se citar a diminuição do nível das águas, sendo decorrente principalmente dos processos erosivos, como ocorre na entrada do município de Estreito, em que o nível do rio é bastante baixo. A areia que circunda o rio desliza resultando na formação de bancos de areia, como ocorre na "praia do meio" em Imperatriz. A poluição por lixo domiciliar e resíduos tóxicos desencadeiam outros problemas. Riachos como Bacuri e Cacau, que deságuam no rio Tocantins, estão poluídos e acabam por despejar toda essa poluição no rio (SOARES, 2018).

Nesse contexto, a investigação de modelos biológicos que auxiliem na investigação das condições ambientais aquáticas se torna imprescindível, pois estes organismos refletem a qualidade do seu habitat. Segundo Gerhardt (2009), um bioindicador adequado é aquele que reflete o mais precocemente possível o impacto das mudanças ambientais sobre um habitat, comunidade ou ecossistema, indicando a perda e/ou composição orgânica deste habitat. Diversos organismos como algas, crustáceos, moluscos e peixes podem ser alvos de estudos (ADAMS, 2002). Neste sentido, peixes e invertebrados são considerados bioindicadores

naturais, pois tendem a acumular concentrações de substâncias químicas muito acima daquelas verificadas na água (SILVA; SANTOS, 2007).

A avaliação de bioindicadores é reconhecida como técnica de monitoramento ambiental, a partir da resposta biológica (vegetal ou animal) na presença de poluentes em um determinado ambiente (UNEP, 1991; WHO, 1996). O termo representa espécies sentinelas que são utilizadas como primeiros indicadores de efeito da contaminação de seu habitat (ADAMS, 2002). Alguns parâmetros para a escolha de um bioindicador ideal devem ser observados como a capacidade de sobreviver em ambientes saudáveis, mas também apresentar resistência relativa ao contaminante que está sendo exposto (AKAISHI et al., 2004). Os peixes, por sua vez, têm sido de grande importância para compreender a dinâmica dos corpos hídricos, pois são portadores de energia de níveis tróficos inferiores a superiores (VAN DER OOST et al., 2003).

3.3 Siluriformes e Characiformes

Os Siluriformes formam um grupo natural majoritariamente de peixes de água doce com exceção de duas famílias (Ariidae e Plotodisae). Estão presentes em todos os continentes, exceto na Austrália. Esses peixes apresentam grande importância comercial na aquariofilia, alimentação e em pescas esportivas de várias regiões (MALABARBA; MALABARBA, 2014).

Pimelodina flavipinnis (Steindachner, 1876) (Siluriformes: Pimelodidae), conhecido como Mandi-Moela (Fig. 1A), com comprimento máximo de 39 centímetros. É um peixe de água doce de regiões tropicais com comportamento demersal (vive em associação com o substrato) e alimenta-se de organismos bentônicos (ORTEGA; VARI, 1986; CERVIGÓN et al., 1992).

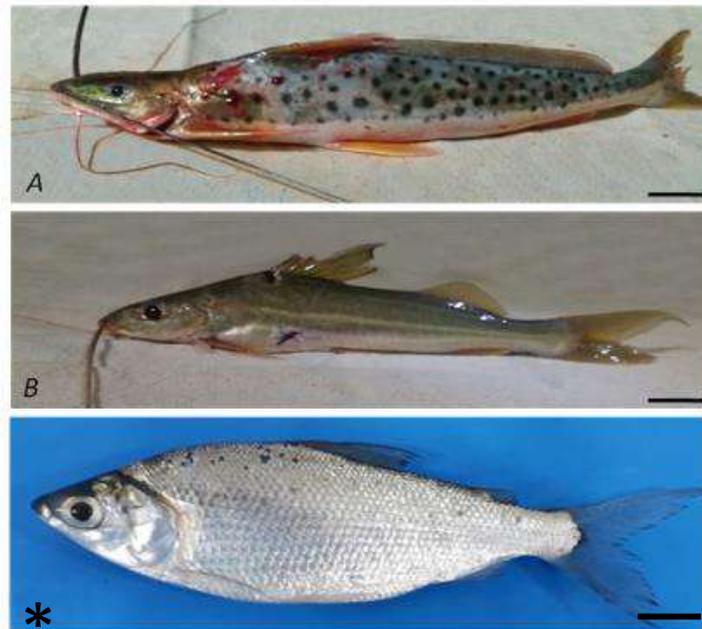
A espécie *Pimelodus blochii* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes: Pimelodidae), popularmente conhecido como Mandi-Cabeça-de-Ferro (Fig. 1B), é um peixe de água doce e salobra com comportamento bentopelágico (interface entre o fundo e a coluna de água) que sobrevive numa faixa de pH entre 6,0 - 7,5, em clima tropical em temperaturas que podem variar entre 20 ° C - 26 ° C. Tem comprimento máximo de 39cm. Pode ser encontrado ativo à noite ou durante o dia, geralmente no curso inferior de grandes rios. Procura abrigo sob madeira morta. Conhecido por se alimentar de frutas, o que ajuda na dispersão de várias sementes de plantas. Sua dieta também inclui pequenos peixes e insetos e muitas vezes manifesta o comportamento de um detritívoro (se alimentam de restos orgânicos). Provavelmente migram upstream (rio acima) durante a reprodução. A fêmea coloca em média

50.000 ovos que são fertilizados externamente (CERVIGÓN et al., 1992).

A ordem Characiforme abrange um dos maiores grupos de peixes de água doce. Atingem sua maior diversidade na região Neotropical representando aproximadamente 30% da ictiofauna (Nelson, 2006). Vários grupos possuem grande importância na pesca sendo muitas vezes a única fonte de proteína animal de algumas populações ribeirinhas.

Os Characiformes estão distribuídos em 23 famílias, com cerca de 270 gêneros e aproximadamente 1680 espécies (NELSON, 2006). A família Curimatidae está amplamente distribuída nas principais bacias hidrográficas da região Neotropical, incluindo a bacia do rio Tocantins. A família compreende 103 espécies organizadas em oito gêneros: *Curimata* Boch, 1817, *Curimatella* Eigenmann & Eigenmann, 1889, *Curimatopsis* Steindachner, 1876, *Cyphocharax* Fowler, 1906, *Potamorhina* Cope, 1878, *Psectrogaster* Eigenmann & Eigenmann, 1889, *Pseudocurimata* Fernández-Yépez, 1948 e *Steindachnerina* Fowler, 1906. Os representantes dessa família possuem grande variação em tamanho, podendo ter desde somente cerca de 30 mm de comprimento padrão, registrado para *Curimatopsis* (VARI, 1982), a cerca de 300 mm, registrado para *Curimata* (VARI, 1989). *Psectrogaster amazonica* (Eigenmann & Eigenmann, 1889), popularmente conhecido como Branquinha (Fig. 1C), é uma espécie com comprimento máximo de 19 cm. É um peixe de água doce que vive em águas tropicais e tem comportamento bentopelágico. O tipo de desova é total (os ovócitos têm maturação sincrônica e são eliminados em lote único) e o período reprodutivo ocorre na estação chuvosa. Forma grandes cardumes sendo eventualmente explorados pela pesca comercial e de subsistência (VARI, 1989).

Figura 1 – Espécies de peixes coletados no Médio Rio Tocantins. A. *Pimelodina flavipinnis*, conhecida como Mandi-Moela; B. *Pimelodus blochii*, conhecida como Mandi-Cabeça-de-Ferro; C. *Psectrogaster amazonica*, conhecida como Branquinha. Fonte: Bezerra, C. A. M. Barra: 1cm.



Fonte: Bezerra (2018).

3.4 Biomarcadores histológicos

Respostas biológicas desencadeadas a partir do estresse provocado pelos poluentes, podem ser utilizadas para identificar sinais iniciais de danos aos peixes e têm sido sugeridas como biomarcadores em várias espécies (NOGUEIRA et al., 2008). Essa resposta pode ocorrer a nível de alterações celulares, moleculares, fisiológicas ou através de mudanças comportamentais de um organismo que são indicativos da exposição ou efeito de um xenobiótico (FREIRE et al., 2008).

Biomarcadores são excelentes ferramentas que auxiliam na investigação de um determinado contaminante a qual o organismo está exposto, sinalizando mudanças súbitas no ambiente (AKAISHI et al., 2004; OLIVEIRA-RIBEIRO et al., 2005). Por sua vez, a histologia é um excelente método de avaliação de biomarcadores de impacto ambiental causado por agentes tóxicos, sendo muito eficiente e sensível para o monitoramento da saúde de peixes (MORAIS, 2009).

De acordo com Timbrell (1998) os biomarcadores podem ser classificados em três categorias: exposição, efeito e susceptibilidade. Os biomarcadores de exposição são aqueles

usados para avaliar individualmente ou em grupo a exposição de um poluente específico, estabelecendo uma relação entre a exposição externa e a quantificação da exposição interna. Por sua vez, os biomarcadores de efeito podem ser utilizados para explicar as alterações biológicas ou efeitos adversos causados pela exposição de substâncias químicas. Dito isto, a ligação entre biomarcadores de exposição e de efeito contribuem para a definição da relação dose-resposta.

Por fim, os biomarcadores de susceptibilidade permitem esclarecer o grau de resposta da exposição provocada nos indivíduos. Brito (2010) descreve este último como sendo uma habilidade adquirida ou inerente de um organismo de modo a responder a exposição de um xenobiótico específico, incluindo fatores genéticos e mudanças que alteram a susceptibilidade de um indivíduo a uma dada exposição.

As alterações histológicas em tecidos de peixes são cada vez mais reconhecidas como uma valiosa ferramenta de avaliação dos poluentes ambientais, sendo considerados como Biomarcadores de Efeito, ou seja, envolvem parâmetros biológicos mensuráveis, mas que, no geral, não são específicos em relação ao tipo de contaminante (PIVETTA et al., 2001).

Isoladamente, a histopatologia gera dados sobre lesões de tecido não especificando a causa pontual da lesão, ou seja, não relaciona a lesão com o tipo de contaminação, mas sim resposta biológica à agressão, ao estresse sofrido (LINS et al., 2010). No entanto, a escolha dos órgãos que serão alvos de estudo é crucial para a relevância dos dados obtidos. Órgãos de contato direto com o poluente, como as brânquias, podem indicar alterações de ação tóxica aguda ou crônica desses agentes em tecidos animais, demonstrando-se, assim, um ambiente contaminado (LINS et al., 2010).

3.4.1 Brânquias

As brânquias desempenham funções essenciais no processo de trocas gasosas e na manutenção do equilíbrio iônico e osmótico, sendo que a efetividade dessas funções depende de um estágio íntegro das lamelas (SAKURAGUI; SANCHES; FERNADES, 2003; LUPI et al., 2007).

As brânquias representam um órgão importante para o estudo das ações dos poluentes no meio aquático, porque estão continuamente em contato com a água e possuem uma superfície de contato relativamente grande. Nesse contexto, as alterações histológicas das brânquias são reconhecidas como um método rápido e válido para determinar os danos causados pela exposição a diferentes poluentes nos peixes (ARELLANO et al., 1999).

As lesões em tecidos de brânquias são frequentemente estudadas em peixes coletados em ambientes naturais poluídos, com o objetivo de avaliar a degradação do ambiente aquático ou em animais em testes laboratoriais com condições controladas (CANTANHÊDE et al., 2014).

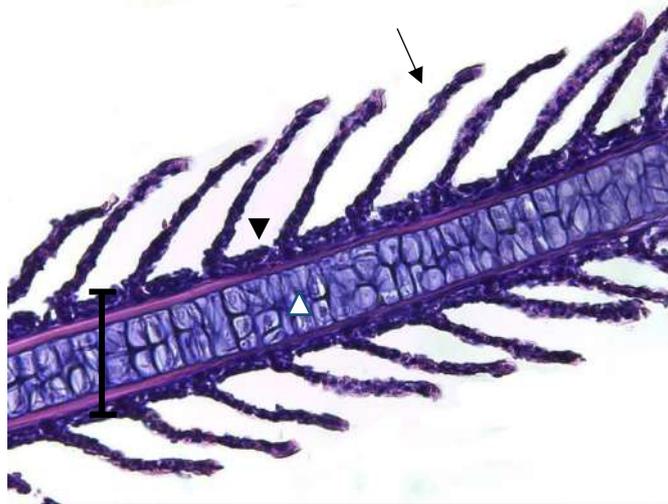
3.4.2 Morfologia branquial

As brânquias de teleósteos estão localizadas na cavidade opercular e estão organizadas em um sistema de subdivisões sucessivas. Dos arcos divergem filamentos branquiais, ou lamelas primárias, nos quais se inserem duas fileiras de lamelas secundárias ricamente vascularizadas, que são os locais onde as trocas gasosas ocorrem (Fig. 2). O fluxo sanguíneo através das lamelas é contracorrente com o fluxo de água entre elas, assim sendo, o epitélio respiratório constitui a maior parte da superfície branquial, sendo representado pelas lamelas secundárias (GARCIA-SANTOS et al., 2007). Essas lamelas são revestidas por um epitélio pavimentoso simples sustentado por células pilares (HIBIYA, 1982; FERGUSSON, 1989). As células pilares, por sua vez, possuem prolongamentos, que em contato com os prolongamentos das células pilares vizinhas, formam espaços ou canais, por onde circula o sangue (SANTOS, 2005).

A superfície denominada não respiratória é representada pelos filamentos primários, sendo composta por um epitélio estratificado (MACHADO, 1999; CANTANHÊDE et al., 2014). A camada mais externa do epitélio não respiratório é formada principalmente por células pavimentosas, dentre elas se encontram células pavimentosas de revestimento, células mucosas e células de cloreto (MONTEIRO et al., 2004; PEREIRA et al., 2014).

Essa estrutura é responsável pelas trocas gasosas (hematose), balanço ácido-base e pelo transporte e excreção de compostos azotados (PERRY, 1997). Os efeitos de agentes tóxicos nestas estruturas podem desencadear diversos tipos de alterações histológicas, como aneurisma, hiperplasia, fusão lamelar e até mesmo necrose (MACHADO, 1999). Deste modo, essas e outras mudanças na estrutura morfológica das brânquias, demonstram indícios qualitativos de uma adaptação funcional do ambiente externo (LUPI et al., 2007).

Figura 2 - Histologia branquial: filamento branquial (I) e seio venoso central (cabeça de seta branca); lamela secundária (seta); epitélio pavimentoso estratificado (cabeça de seta preta). Barra: 20µm.



Fonte: Bezerra (2018).

3.5 Parasitismo por Monogenoidea

Monogenoidea Bychowsky, 1937, é uma classe do filo Platyhelminthes, parasitos de peixes marinhos e de água doce, tendo também como hospedeiros alguns invertebrados (cefalópodes), anfíbios e répteis. Representantes dessa classe já foram encontrados parasitando olhos de hipopótamos. Caracterizam-se por utilizar um único hospedeiro no seu ciclo vital, daí o nome Monogenoidea, apresentando grande especificidade ao hospedeiro (KOHN; JUSTO; COHEN, 2016). A maioria dos Monogenoidea são ectoparasitos e em peixes localizam-se principalmente nas brânquias, superfície do corpo e nadadeiras, sendo também encontrados em câmaras corporais com aberturas externas, como boca, ouvido, aparelho uro-genital, excepcionalmente no celoma (KOHN; JUSTO; COHEN, 2016).

Entre os parasitos que infestam peixes, os Monogenoidea constituem um grupo que desempenha papel importante como patógenos devido ao fato de que afetam órgãos e tecidos que são vitais ao funcionamento normal: as brânquias e a superfície do corpo. O parasitismo nas brânquias pode ocasionar anemia, aumento da frequência respiratória, excesso de muco, podendo levar o hospedeiro a morte por asfixia, que serão tanto mais graves quanto mais abundantes forem os parasitos, que podem alcançar elevadas densidades (EIRAS, 1994).

Na superfície do corpo, estes parasitos laceram os tecidos, ocasionando hemorragias com posteriores infecções secundárias. Os principais sinais do parasitismo são natação errática, saltos frequentes sobre a água e brânquias pálidas. Esse quadro se intensifica levando-se em

consideração o ciclo direto desses parasitos, que não necessitam de hospedeiro intermediário e a conseqüente infestação peixe a peixe (KOHN; JUSTO; COHEN, 2016). As lesões provocadas são portas abertas que podem ser secundariamente invadidas por fungos e bactérias, ocasionando para os hospedeiros conseqüências mais graves do que as provocadas pela parasitose propriamente dita (CUSACK; CONE, 1986; MARTINS; ROMERO, 1996).

A temperatura da água constitui um dos principais fatores que contribui para um aumento na infestação de algumas espécies de parasitos Monogenoidea em peixes, na medida em que a sua elevação favorece o aumento das taxas de reprodução e crescimento e, por conseqüência, facilita a transmissão horizontal da parasitose (SOLENG; JANSEN; BAKKE, 1999). Para Oliver (1982), o parasitismo pode afetar, também, o sistema imunológico dos hospedeiros, já que estes podem desenvolver infecções secundárias, comportamento de estresse.

Cerca de 308 espécies de Monogenoidea de água doce, distribuídas em 70 gêneros, são conhecidas para a Região Neotropical e infectam 144 espécies de peixes. Mackenzie et al. (1995) e Boeger e Vianna (2006) e afirmam que estes parasitos são indicadores de alterações ambientais e que o baixo nível de poluição pode produzir um efeito hormético em alguns ectoparasitos, aumentando a reprodução e causando um aumento marcante nas populações parasitos.

Os monogenóides são classificados em 2 grandes grupos: Polyonchoinea (ou Monopisthocotylea) e Oligonchoinea (ou Polyopisthocotylea). Os Polyonchoinea apresentam característica do haptor como uma unidade simples, sendo uma região anterior com glândulas cefálicas ou uma área glandular, a boca não é rodeada pela ventosa oral, o canal genito-intestinal é ausente e o haptor larvar é mantido no adulto. Já os Oligonchoinea apresentam o haptor complexo, com estruturas variadas, a boca é rodeada pela ventosa oral, presença de canal genito-intestinal e o haptor larvar é mantido no adulto de forma reduzida (KOHN; JUSTO; COHEN, 2016).

Por sua vez, os Monogenoidea que parasitam peixes de água doce, pertencem na sua grande maioria a duas famílias: Dactylogyridae e Gyrodactylidae. No caso dos girodactilídeos, o viviparismo origina outro indivíduo semelhante, e assim sucessivamente até atingir quatro gerações no mesmo animal (LUQUE, 2004). Estima-se que há mais de 3.000 espécies de Monogenoidea parasitos de peixes (EIRAS, 1994), sendo muitos específicos para determinada espécie hospedeira (BAKKE; HARRIS; CABLE, 2002).

A maioria dos Monogenoidea são pequenos variando em tamanho de cerca de 0,3 a 20mm (BUSH, 2001). O corpo é achatado dorso-ventralmente, discóide ou alongado.

Apresentam estruturas adesivas em ambas as extremidades do corpo, as quais se fixam no hospedeiro permitindo a alimentação. O aparelho adesivo anterior pode ser constituído por glândulas adesivas ou por uma ou duas ventosas musculares ao redor da boca. O órgão adesivo posterior ou haptor pode ser bastante complexo, consistindo principalmente em uma projeção da extremidade posterior do corpo, com formas variáveis. O sistema digestório apresenta-se de forma incompleta sendo constituído pela boca, que se abre na extremidade anterior do corpo, terminal ou subterminal, seguida pela faringe, esôfago e intestino. São hermafroditas e a fertilização cruzada é provavelmente mais comum que a autofertilização. Os sistemas reprodutores feminino e masculino podem abrir-se em um átrio genital com abertura comum, ou para o exterior com poros separados, situados em posições variáveis (KOHN; JUSTO; COHEN, 2016).

Possuem ciclo de vida monoxênico, onde a maioria das espécies apresenta reprodução ovípara, produz um pequeno número de grandes ovos embrionados, que são liberados na água produzindo um oncomiracidio que nada livremente até encontrar um hospedeiro onde a maturação se completa. Em muitas espécies ovíparas a eclosão dos ovos se dá devido a estímulos como turbulência, temperatura, fotoperíodo e presença de produtos de excreção do hospedeiro (EIRAS, 1994). Poucas espécies compõem um grupo formado por formas vivíparas, que produzem larvas, que usualmente permanecem no mesmo hospedeiro junto com o parasito adulto (SMITH; NOGA, 1993).

A transmissão destes parasitos ocorre através da forma infectante conhecida como oncomiracidio. Os ovos formam massas peculiares devido à presença de filamentos polares com ganchos, favorecendo assim a flutuação na coluna de água e permitindo o aumento da possibilidade de contato com o hospedeiro, seja via respiração (parasitando brânquias) ou por contato externo (no tegumento) (LUQUE, 2004).

REFERÊNCIAS

ADAMS, S. M. Biological indicators of aquatic ecosystem stress. **American Fisheries Society**, v.3, n.1, p. 104-112, 2002.

AKAISHI, F. M.; SILVA DE ASSIS, H. C.; JAKOBI, S. C. G.; EIRASSTOFELLA, D. R.; ST-JEAN, S. D.; COURTENAY, S. C.; LIMA, E. F.; WAGENER, A. L. R.; SCOFIELD, A. L.; OLIVEIRA RIBEIRO, C. A. Morphological and neurotoxicological findings in tropical freshwater fish (*Astyanax* sp.) after waterborne and acute exposure to water soluble fraction (WSF) of crude oil. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.46, n. 2, p. 244-253, 2004.

ARELLANO, J. M.; STORCH, V.; SARASQUETE, C. Histological changes and copper accumulation in liver and gills of the Senegales Sole, *Solea senegalensis*. **Ecotoxicology Environmental Safety**, v. 44, p. 6272, 1999.

BAKKE, T. A.; HARRIS, P. D.; CABLE, J. Host specificity dynamics: observations on gyrodactylid monogeneans. **International Journal for Parasitology**, v. 32, n. 3, p. 281-308, 2002.

BOEGER, W. A.; VIANNA, R. T. **Monogenoidea**. In THATCHER, V.E. Amazon Fish Parasites. Pensoft Publishers, Sofia, p. 42-116, 2006.

BRASIL HIDROGRAFIA. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/brasil_hidrografia.htm>. Acesso em 14 de julho de 2018.

BRITO, I. A. **Avaliação da qualidade da água de três reservatórios do rio Paraíba do Sul através de biomarcadores em *Pimelodus maculatus* (Siluriformes, Pimelodidae) e *Oligosarcus hepsetus* (Characiformes, Characidae)**. 2010. 131f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, PR, 2010.

BRUSCHI JR., W.; SALOMONI, S. E.; FERMINO, F. S.; PEDROZO, C. S., SCHWARZBOLD, A.; PERET, A. C. Aplicação de um índice de qualidade de águas para lagoas costeiras, RS, afetadas por despejos urbanos. **Biociências**, v. 6, n. 1, p. 55-66, 1998.

BUSH, A. O.; FERNÁNDEZ, J. C.; ESCH, G. W.; SEED, J. R. **Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites**. Cambridge University Press, Cambridge. 2001.

CANTANHÊDE, S. M.; MEDEIROS, A. M.; FERREIRA, F. S.; FERREIRA, J. R. C.; ALVES, L. M. C.; CUTRIM, M. V. J.; SANTOS, D. M. S. Uso de biomarcador histopatológico em brânquias de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1972) na avaliação da qualidade da água do Parque Ecológico Laguna da Jansen, São Luís – MA. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 2, p. 593-601, 2014.

CARVALHO-NETA, R. N. F.; ABREU-SILVA, A. L. Glutathione S-Transferase as biomarker in *Sciades herzbergii* (Siluriformes: Ariidae) for environmental monitoring: the case study of São Marcos Bay, Maranhão, Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 2, p. 217-225, 2013.

CASTRO, J. S.; SILVA, J. S.; FREITAS, L. C.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Biomarcadores histopatológicos na espécie *Hoplias malabaricus* (Pisces, Osteichthyes, Erythrinidae) em uma Unidade de Conservação de São Luís (MA). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 6, p. 1687-1694, 2014.

CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISCHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A. J.; Márquez, R.; POUTIERS, J. M.; ROBAINA, G.; RODRIGUEZ, B. **Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América**. FAO, Rome. 513 p. Preparado con el financiamiento de la Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD. 1992.

CUSACK, R., CONE, D. K. A review of parasites as vectors of viral and bacterial diseases of fish. **Journal of Fish Diseases**, v. 9, p. 169–171, 1986.

EIRAS, J. C. **Elementos de Ictioparasitologia**. Porto: Fundação Engenheiro António de Almeida, 1994. 339 p.

FERGUSON, H. W. **Systemic pathology of fish, a text and atlas of comparative tissue responses in diseases of teleosts**. Ames: Iowa State University Press, 1989.

FLORES-LOPES, F.; COGNATO, D. P.; MALABARBA, L. R. Alterações Histopatológicas observadas nas brânquias do Lambari *Astyanax jacuhiensis* (LINNAEUS, 1758) (TELEOSTEI:CHARACIDAE) sob influência de efluentes Petroquímicos. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 18, n. 2, p. 99-104, 2005.

FLORES-LOPES, F.; THOMAZ, A. T. Histopathologic alterations observed in fish gills as a tool in environmental monitoring. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 1, p. 179-188, 2011.

FREIRE, M. M.; SANTOS, V. G.; GINUINO, I. S. F.; ARIAS, A. R. L. Biomarcadores na avaliação da saúde ambiental dos ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n.3, p. 347-354, 2008.

GARCIA-SANTOS, S.; Monteiro, S. M.; CARROLA, J.; FONTAINHAS-FERNANDES, A. Alterações histológicas em brânquias de tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* causadas pelo cádmio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.2, p.376-381, 2007.

GERHARDT, A. **Bioindicator Species and Their Use in Biomonitoring**. In: HILARY, I.; INYANG, J.; DANIELS, L. (Eds.) *Environmental monitoring*. v. 2. Paris: Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), p. 77-123, 2009.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, no 1, 2003.

HALES, J.; PETRY, P. **Freshwater Ecoregions of the world**. Ecoregion 322: Xingu, 2013. Disponível em: <<http://www.feow.org/ecoregions/details/322>> Acesso em 24 de Agosto de 2018.

HIBIYA, T. **An atlas of fish histology, normal and pathological features**. New York: Gustav Fischer Verlag, 1982.

KOHN, A.; JUSTO, M. C. N.; COHEN, S.C. Parasitos de peixes marinhos da América do Sul. **Monogenoidea**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE: FURG, 2016. Disponível em: <http://www.io.furg.br/images/PARASITOS-PEIXES-MARINHOS-AMERICA_SUL-EBOOK.pdf>. Acesso em 14 de julho de 2018.

LIMA, F. C. T; CAIRES, R. A. Peixes da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, bacias dos Rios Tocantins e São Francisco, com observações sobre as implicações biogeográficas das “águas emendadas” dos Rios Sapão e Galheiros. **Biota Neotropical**, v. 11, n. 1, p. 231-250, 2011.

LINS, J. A. P. N.; KIRSCHNIK, P. G.; QUEIROZ, V. S.; CIRIO, S. M. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. Use of fish as biomarkers for monitoring aquatic environment. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 469-484, out./dez. 2010.

LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L.; BENDER, P. **Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002. 127p.

LUPI, C.; NHACARINI, N. I.; MAZON, A. F.; SÁ, O. R. Avaliação da poluição ambiental através de alterações morfológicas das brânquias de *Oreochromis niloticus* (tilápia) nos córregos Retiro, Consulta e Bebedouro, município de Bebedouro-SP. **Revista Fafibe**, Bebedouro, n. 3, 2007.

LUQUE, J. L. BIOLOGIA, EPIDEMIOLOGIA E CONTROLE DE PARASITOS DE PEIXES. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 13, suplemento 1, 2004.

MACHADO, M. R. Uso de brânquias de peixes como indicadores de qualidade das águas. UNOPAR. **Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 1, n. 1, p. 63-76, 1999.

MACKENZIE, K.; WILLIAMS, H.H.; WILLIAMS, B.; MCVICAR, A.H.; SIDDALL, R. Parasites as indicators of water quality and the potential use of helminth transmission in marine pollution studies. **Advances in Parasitology**, v. 35, p. 85-144, 1995.

MALABARBA, L. R.; MALABARBA, M. C. S. L. **Filogenia e Classificação dos peixes Neotropicais**. In: **Biologia e fisiologia de peixes Neotropicais de água doce**. Eds. Baldisserotto, J.E.P.C.; Urbinati, E.C. Jaboticabal: FUNEP; UNESP, 2014.

MADI, R. R; UETA, M. T. O papel de Ancyrocephalinae (Monogenea: Dactylogyridae), parasito de *Geophagus brasiliensis* (Pisces: Cichlidae), como indicador ambiental. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 18, n. 2, p. 38-41, 2009.

MARTINS, M. L.; ROMERO, N.G. Efectos del parasitismo sobre el tejido branquial en peces cultivados: estudio parasitológico e histopatológico. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 13, n. 2, p. 489-500, 1996.

MOLES, A.; WADE, T. L. Parasitism and phagocytic function among sand lance *Ammodytes hexapterus* Pallas exposed to crude oil-laden sediments. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 66, n. 4, p. 528-535, 2001.

MONTEIRO, S. M.; FONTAINHASFERNANDES, A.; SOUSA, M. Caracterização morfológica e ultrastrutural do epitélio branquial de peixes teleósteos. **Revista portuguesa de zootecnia**, v. 11, p. 13-36, 2004.

MORAIS, A. C. T. **Concentração de metais pesados em peixes teleósteos do rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009.

NACHEV, M.; SURES, B. Environmental parasitology: parasites as accumulation bioindicators in the marine environment. **Journal of Sea Research**, v. 113, p. 45-50, 2016.

NELSON, J. S. **Fishes of the world**. 4 ed. New York: Wiley-Interscience, 2006. 601p.

NETTO, A. L. C.; AVELAR, A. S.; DIAS, M. A.; VIANNA, L. G. G. **Bacia do Rio Tocantins e Áreas de Influência da UHE-Estreito**. In: Ana Luiza Coelho Netto. (Org.). Estreito - O Novo Cenário da Água. Rio de Janeiro, p.1-12, 2011.

NOGUEIRA, D. J.; CASTRO, S. C.; SÁ, O. R. Avaliação da qualidade da água no reservatório UHE Furnas - MG, utilizando as brânquias de *Pimelodus maculatus* (LACÈPÈDE, 1803) como biomarcador de poluição ambiental. **Ciência et Praxis**, Passos, v. 1, n. 1, 2008.

OLIVEIRA RIBEIRO, C. A.; VOLLAIRE, Y.; SANCHEZ-CHARDI, A.; ROCHE, H. Bioaccumulation and the effects of organochlorine pesticides, PAH and heavy metals in the Eel (*Anguilla anguilla*) at the Camargue Nature Reserve, France. **Aquatic Toxicology**, v. 74, p. 53 - 69, 2005.

OLIVER, G. *Microcotyle chrysophrii* Van Beneden et Hesse, 1863 (Monogenea, Polyopisthocotylea, Microcotylidae) parasite de *Sparus aurata* *Linneaus*, 1758 (Teleostei, Sparidae) dans les étangs littoraux du Languedoc-Roussillon (France). **Parasitologie**, v. 20, p. 113-118, 1982.

ORTEGA, H.; VARI, R. P. Annotated checklist of the freshwater fishes of Peru. **Smithsonian Contributions to Zoology**, v. 437, p. 1-25, 1986.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R.M. **Doenças de peixes. Profilaxia, diagnóstico e tratamento**. Editora Universidade Estadual de Maringá, 305p. 2002.

PEREIRA, D. P.; SANTOS, D. M. S.; CARVALHO – NETA, A. V.; CRUZ, C. F.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Alterações morfológicas em brânquias de *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) como biomarcadores de poluição aquática na Laguna da Jansen, São Luís, MA (Brasil). **Bioscience jornal**, v. 30, n. 4, p. 1213-1221, 2014.

PERRY, S.F. The chloride cell: structure and functions in the gills of freshwater fishes. **Annual Review of Physiology**, v. 59, p. 325-347, 1997.

PIVETTA, F.; MACHADO, J. M. H.; ARAÚJO, U. C.; MOREIRA, M. F. R.; APOSTOLI, P. Monitoramento biológico: conceitos e aplicações em saúde pública. **Caderno Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 545-554, 2001.

RASHED, M. N. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. **Environment International**, v. 27, n. 1, p. 27-33, 2001.

RELATÓRIO Parcial: **Projeto Gestão Integrada E Sustentável Dos Recursos Hídricos Transfronteiriços Na Bacia Do Rio Amazonas, Considerando A Variabilidade E Mudança Climática**. OTCA/GEF/PNUMA. Porto Alegre, Brasil, 2013. Disponível em: <http://otca.info/gef/uploads/documento/b977a-ATIVID.II.1.1_III.1.1_ROBERTO.E.REIS_RELATORIO_2.pdf> Acesso em 23 Agosto de 2018.

RODRIGUES, G. M. Rio Tocantins: futuro certo ou incerto? **Jornal do Tocantins**, p. 4, v. 26, 2014.

SANTOS, S. M. C.; CECCARELLI, P. S.; RÊGO, R. F. Helminths in fishes of the Pantanal sul-mato-grossense: first expedition of the Pantanal Program. **Boletim Técnico do CEPTA**, v. 16, p. 15-26, 2003.

SANTOS, T. R. M. Análises histopatológicas de brânquias e rim de curimbas e tilápias expostos aos agrotóxicos Nim e Roundup. 2005. Monografia (Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, PR, 2005.

SILVA, A. G. **Alterações histopatológicas de peixes como biomarcadores da contaminação aquática**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, PR, 2004.

SILVA, J. M.; SANTOS, J. R. Toxicologia de agrotóxicos em ambientes aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 4, p. 565-573, 2007.

SKINNER, R. H. The interrelation of water quality, gill parasites, and gill pathology of some fishes from south Biscayne Bay, Florida. **Fishery Bulletin**, v. 80, n. 2, p. 269-280, 1982.

SMITH, S. A.; NOGA, E. **General Parasitology**. In: Stoskopf, D.V.M. Fish Medicine. W.B.Saunders Company, 1993.

SOARES, Z. T. **Perigo Eminente dos Poluentes Jogado no Rio Tocantins no Município de Imperatriz – MA**. Disponível em: <http://artigos.netsaber.com.br/resumo_artigo_4792/artigo_sobre_perigo-eminente-dos-poluentes-jogado-no-rio-tocantins-no-municipio-de-imperatriz---ma>. Acesso em 27 de julho de 2018.

SOLENG, A.; JANSEN, P. A.; BAKKE, T. A. Transmission of the monogeneans *Gyrodactylus salaries*. **Folia Parasitologica**, v. 46, p. 179-184, 1999.

SURES, B. Environmental parasitology: interactions between parasites and pollutants in the aquatic environment. **Parasite**, v. 15, n.3, p. 434-438, 2008.

TIMBRELL, J. A. Biomarkers in toxicology. **Toxicology**, v. 129, n. 1, p. 1-12, 1998.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP/IOC/ICES. Review of contaminants in marine mammals. **Marine Mammal Technical Report**, n. 2, p. 23, 1991

VALTONEN, E. T.; HOLMES, J. C.; KOSKIVAARA, M. Eutrophication, pollution and fragmentation: effects on the parasite communities in roach and perch in four lakes in Central Finland. **Parassitologia**, v. 39, n. 3, p. 233-236, 1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Biological monitoring of chemical exposure in the workplace**. Geneva: ONU, v. 1-2, 1996.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N. P. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 13, n. 2, p. 57-149, 2003.

VARI, R. P. Systematics of the Neotropical characoid genus *Curimatopsis* (Pisces, Characoidei). **Smithsonian Contributions to Zoology**, v. 373, p. 1-28, 1982.

VARI, R. P. Systematics of the neotropical characiform genus *Psectrogaster* Eigenmann and Eigenmann (Pisces: Characiformes). **Smithsonian Contributions to Zoology**, n. 481, 1989. 43 p.

4 CAPÍTULO I - LESÕES BRANQUIAIS EM PEIXES PROVENIENTES DO MÉDIO RIO TOCANTINS

Carine Almeida Miranda Bezerra^a, Diego Carvalho Viana^a

^a Departamento de Medicina Veterinária, Mestrado em Ciência Animal, Curso de Pós-graduação, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil

Resumo

As águas do Rio Tocantins têm sofrido descargas de dejetos tóxicos que ameaçam a biota aquática. Para tanto, a investigação branquial atua como biomonitoramento, visto que, estes órgãos respondem por meio de adaptações a xenobióticos, com o intuito de reduzir o contato do poluente à superfície respiratória dos peixes. Para esta fase do projeto de pesquisa objetivou-se investigar a ocorrência de alterações de lesões branquiais de peixes provenientes do médio Rio Tocantins. As coletas ocorreram para as estações chuvosa e seca. Para o período chuvoso correspondente ao mês de janeiro/2018, foram capturadas as espécies *Pimelodina flavipinnis* (n=3), *Pimelodus blochii* (n=3) e *Psectrogaster amazonica* (n=3). Para o período seco [julho (n=3) e setembro (n=3)], foram capturados exemplares da espécie *Psectrogaster amazonica*. As brânquias de todos os espécimes coletados foram processados de acordo com metodologia específica para protocolo de HE. As principais alterações histológicas observadas no período chuvoso foram: hiperplasia, destacamento do epitélio filamentar, fusão parcial e total das lamelas secundárias, congestão, aneurisma e encurtamento das lamelas respiratórias. Em relação ao período seco, as principais lesões observadas foram: ruptura do epitélio, aneurisma, hiperplasia e necrose. Considerando a diversidade ictiológica do Rio Tocantins, o presente estudo propiciará o conhecimento da condição branquial, órgão imprescindível para a saúde do peixe, e consequentemente implicações sobre a qualidade das águas do Rio Tocantins.

Palavras-chave: histopatologia, qualidade da água, epitélio respiratório.

Abstract

The waters of the Tocantins River have suffered discharge of toxic waste that threatens the aquatic biota. For this, the branchial investigation acts as biomonitoring, since, these organs respond by means of adaptations to xenobiotics, in order to reduce the contact of the pollutant to the respiratory surface of the fish. This work aimed to evaluate the occurrence of branchial cell changes and their morphological characteristics based on the morphometry of histological sections of gills of *P. amazonica* species. The gills for histology were processed according to specific protocol for HE protocol. In the month of January, corresponding to the rainy season, three species were collected for histological investigation of gills, *Pimelodina flavipinnis* (n = 3), *Pimelodus blochii* (n = 3) and *Psectrogaster amazonica* (n = 3). In the dry period, 6 specimens of the species *Psectrogaster amazonica* were collected for histological gill examination. The main histological changes observed in the rainy season were: hyperplasia, filamentous epithelial detachment, partial and total melting of the secondary lamellae, congestion, aneurysm and shortening of the lamellae. Regarding the dry period, the main lesions observed were: rupture of the epithelium, aneurysm, hyperplasia and necrosis.

Considering the ichthyological diversity of the Tocantins River, the present study will provide knowledge about the branchial condition, an essential organ for fish health, and consequently implications on the quality of the waters of the Tocantins River.

Key words: histopathology, Pisciformes, water quality, respiratory epithelium.

4.1 INTRODUÇÃO

A Bacia hidrográfica dos Rios Tocantins-Araguaia é a maior bacia localizada inteiramente em território brasileiro, com 813.674,1km² e 2.640km de extensão (Brasil, 2018). O rio propicia uma natureza geomorfológica bastante variada assim, distinguem-se três trechos a pontuar no seu trajeto: o alto, médio e baixo rio Tocantins (Relatório, 2013). Sobretudo, de acordo com levantamento feito não existe informações sobre a saúde da ictiofauna do médio Rio Tocantins e essa área foi classificada como prioridade extremidade alta para conservação da biodiversidade no Decreto 5.092, de 21 de maio de 2004 do Ministério do Meio Ambiente.

O recente funcionamento de hidrelétrica e indústria de papel e celulose no médio Rio Tocantins ameaçam a sustentabilidade do ecossistema. Para isso, a investigação branquial atua como biomonitoramento (Silva, 2004), logo, as brânquias reagem às condições desfavoráveis devido ao seu contato íntimo com a água (Garcia-Santos et al., 2007). Neste sentido, estudos histopatológicos têm sido reconhecidos por vários autores como uma valiosa ferramenta para avaliações de impactos ambientais em populações de peixes (Cantanhêde et al., 2014; Castro et al., 2014).

No Brasil e no mundo, pesquisadores têm investigado brânquias como biomarcadores ambientais (Nogueira et al., 2008; Albinati et al., 2009, Fonseca et al., 2016), entretanto no estado do Maranhão esse tipo de estudo no Rio Tocantins é o primeiro que se tem conhecimento, portanto sendo inédito para a área morfológica branquial. Assim, este trabalho objetiva avaliar a ocorrência de alterações branquiais de cortes histológicos de brânquias de peixes do Médio Rio Tocantins.

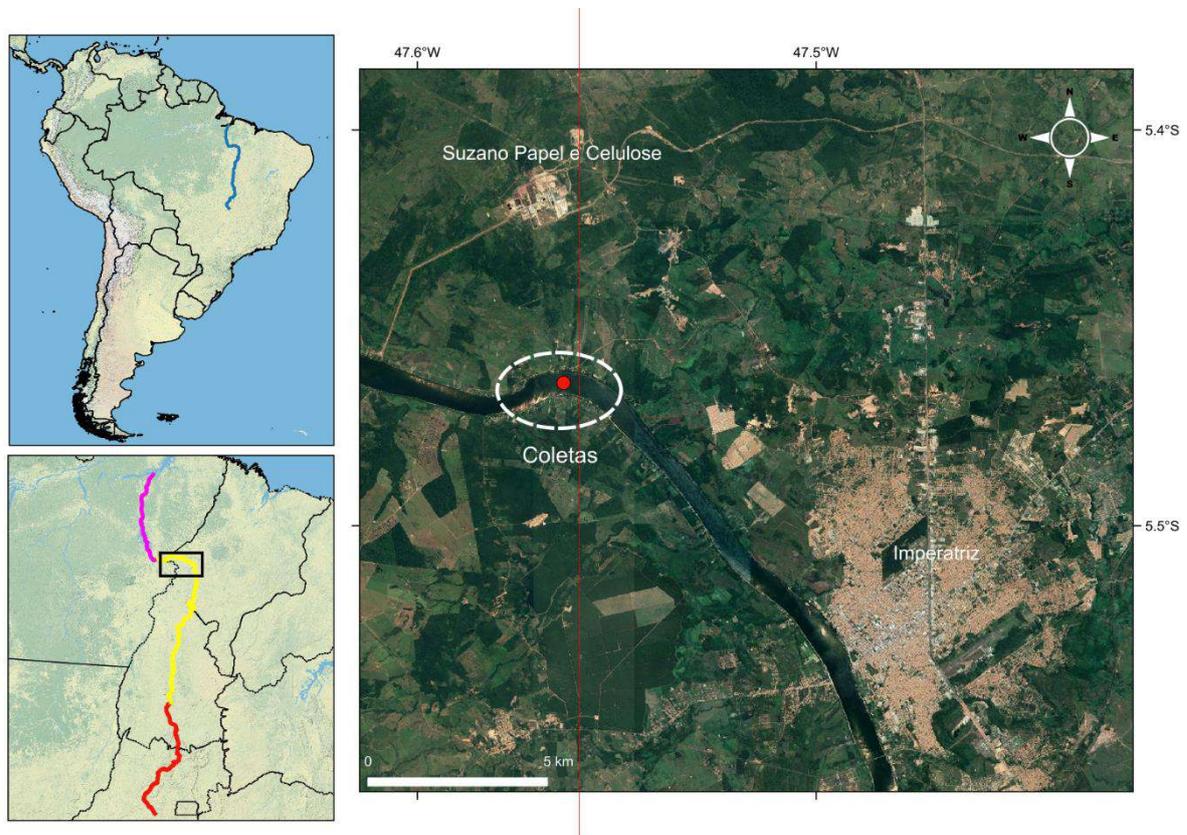
4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Médio Rio Tocantins na região do Embiral-MA (5° 27' 50" S, 47° 33' 48" W) (Fig. 3). O povoado de Embiral, faz parte da zona rural de Imperatriz, MA, localizado às margens do Rio Tocantins. A distância entre o povoado e o município do qual faz parte é de aproximadamente 30Km. A região é local de pesca comercial e para subsistência da população ribeirinha.

O estado do Maranhão apresenta diferenças climáticas e pluviométricas devido ao fato de estar localizado em uma zona de transição dos climas semiárido, do interior do Nordeste, para o úmido equatorial, da Amazônia. Na região oeste, na qual Imperatriz está inserida, predomina o clima tropical quente e úmido, típico da região amazônica. Nas demais regiões, o estado tem características de clima tropical quente e semiúmido. As temperaturas em todo o Maranhão é elevada, com médias anuais acima de 24°C, chegando a atingir 26°C ao norte. Esse estado se caracteriza pela ocorrência de um regime pluviométrico com duas estações bem definidas. O período chuvoso, que abrange os meses de dezembro a maio, apresentando registros estaduais da ordem de 290,4 mm, alcançando os maiores picos de chuva no mês de março. O período seco, que se concentra no semestre de junho a novembro, com menor incidência de chuva por volta do mês de agosto, registrando médias estaduais da ordem de 17,1mm (Brasil, 2011).

Figura 3 - Rio Tocantins evidenciando o Alto, Médio e Baixo Tocantins juntamente com o mapa do município de Imperatriz mostrando o ponto de coleta (Embiral, MA).



Fonte: Google Earth, adaptado por Bezerra (2018).

4.2.2 Desenho experimental

O ano de 2017 foi anômalo quanto ao comportamento do volume de água do Médio Rio Tocantins devido o funcionamento recente de atividade para captação de energia. Em vista disso, as capturas de peixes ocorreram no ano 2018 com auxílio de rede de pesca e logo após devidamente acondicionados em caixas isotérmicas contendo gelo e transportados para o Laboratório de Anatomia da Universidade Estadual da Região Tocantina (UEMASUL) para o processamento do material (Tab. 1).

O protocolo para coleta de amostras de peixes e os procedimentos laboratoriais foram aprovados pelo comitê de ética da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) sob número de protocolo 21/2017 e a licença ambiental de coleta foi obtida através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), protocolo 61650-1.

Tabela 1. Espécimes de peixes coletados no rio Tocantins, povoado Embiral, Imperatriz, Maranhão, 2018.

Amostra/Espécie	Período (2018)	Quantidade (N)	Coordenada geográfica	Órgão investigado
<i>Pimelodus blochii</i>	Janeiro	3	5° 27' 50" S, 47° 33' 48" W	Brânquia
<i>Pimelodina flavipinnis</i>	Janeiro	3		
<i>Psectrogaster amazonica</i>	Janeiro	3		
	Julho	3		
	Setembro	3		

Fonte: Bezerra, 2018.

4.2.3 Morfologia branquial

4.2.3.1 Procedimentos Histológicos

As brânquias foram fixadas por 24 horas em formol a 10% e em seguida, lavadas e mantidas em álcool 70% até o processamento histológico. O segundo arco branquial direito foi selecionado afim de padronização comparativa. Para cada espécime foi desidratado em série crescente de alcoóis, diafanizado em xilol, impregnado e incluído em parafina. Foram realizados cortes transversais, de aproximadamente 5µm de espessura, e corados com hematoxilina e eosina (HE). Foram analisados secção de tecido para cada órgão de cada animal. A leitura das lâminas foi feita em microscópio óptico (ZEISS) e as lesões fotografadas através do fotomicroscopio Leica DM500.

4.2.3.2 Avaliação morfológica branquial segundo Bernet et al. (1999)

A avaliação da patologia das brânquias para distúrbios circulatórios, mudanças regressivas e mudanças progressivas. Os distúrbios circulatórios estão relacionados com o processo de inflamação (Hemorragia, Hiperemia, Aneurisma, edema intercelular). Por sua vez, as mudanças regressivas são processos que levam à redução ou perda funcional de um órgão (Alterações estruturais, Atrofia, Necrose). Enquanto que as mudanças progressivas são processos que levam a um aumento da atividade das células ou tecidos (Hipertrofia, Hiperplasia).

Cada alteração possui um fator de importância (w) que varia de 1 a 3. O fator 1 representa alterações facilmente reversíveis; 2 alterações de importância moderada, sendo

reversível na maioria dos casos se o agente estressor for neutralizado; e 3 representam lesões geralmente irreversíveis, que levam a perda parcial ou total do órgão (Tab. 2).

Além disso, cada indivíduo também é classificado com uma pontuação que varia de 0 a 6 dependendo do grau de extensão da alteração em que: (0) sem mudança; (2) leve ocorrência; (4) ocorrência moderada; e (6) ocorrência grave (lesão difusa). A partir destes dados é calculado o índice do órgão com base na seguinte fórmula: $I_{org} = \sum alt (a \cdot w)$ em que I_{org} – índice do órgão avaliado; rp – padrão de reação ($rp1$: distúrbios circulatório, $rp2$: mudanças regressivas, $rp3$, mudanças progressivas); alt – alterações encontradas; w – fator de importância. Neste sentido, quanto maior o valor do índice do órgão consequentemente os indivíduos apresentam mais alterações influenciando na qualidade deste órgão.

Tabela 2. Tipos de alterações branquiais com seus respectivos fatores de importância, segundo Bernet et al. (1999), para cálculo de índice do órgão.

Distúrbios Branquiais	Alterações	Fator de importância (w)
Distúrbios circulatórios	Hemorragia	1
	Hiperemia	1
	Aneurisma	1
	Edema intercelular	1
Mudanças regressivas	Alterações estruturais	1
	Atrofia	2
	Necrose	3
Mudanças progressivas	Hiperplasia	2
	Hipertrofia	1

Fonte: Adaptado de Bernet et al. (1999).

4.2.3.3 Avaliação morfológica branquial de Poleksic e Mitrovic-Tutundzic (1994)

As alterações histológicas segundo Poleksic e Mitrovic-Tutundzic (1994) e adaptadas por Cantanhêde, et al., 2014, são organizadas em estágios, que variam de I, II e III. O estágio I inclui as alterações que não alteram significativamente o funcionamento do órgão; estágio II são as alterações que são mais severas e prejudicam o funcionamento normal do órgão; e o estágio III relacionados às alterações que são muito severas e causa dano irreparável.

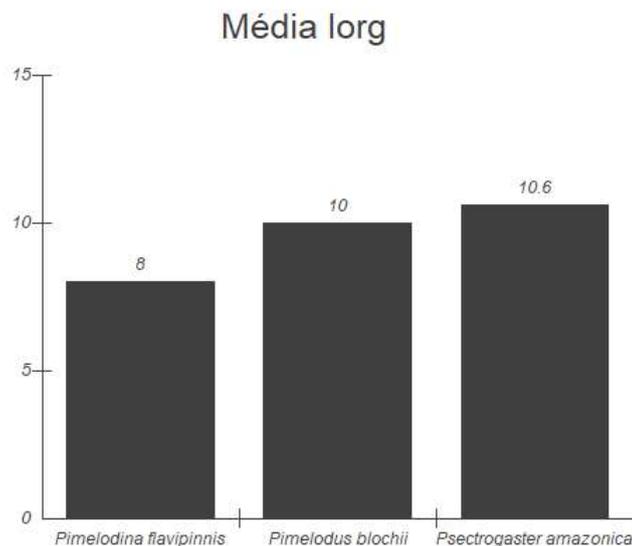
O índice de alteração histológica (IAH) é calculado para cada organismo através da fórmula: $IAH = (1 \cdot \Sigma SI) + (10 \cdot \Sigma SII) + (100 \cdot \Sigma SIII)$, em que I, II e III correspondem ao número de alterações de estágio I, II e III, respectivamente. Assim, o resultado da média dos valores do IAH é dividido em cinco categorias: valores entre 0 e 10 indicam funcionamento

normal do órgão; valores entre 11 e 20 indicam dano ligeiro para o órgão; valores entre 21 e 50 indicam mudanças moderadas no órgão; valores entre 50 e 100 indicam lesões graves; valores acima de 100 indicam danos irreversíveis para o órgão.

4.3 RESULTADOS

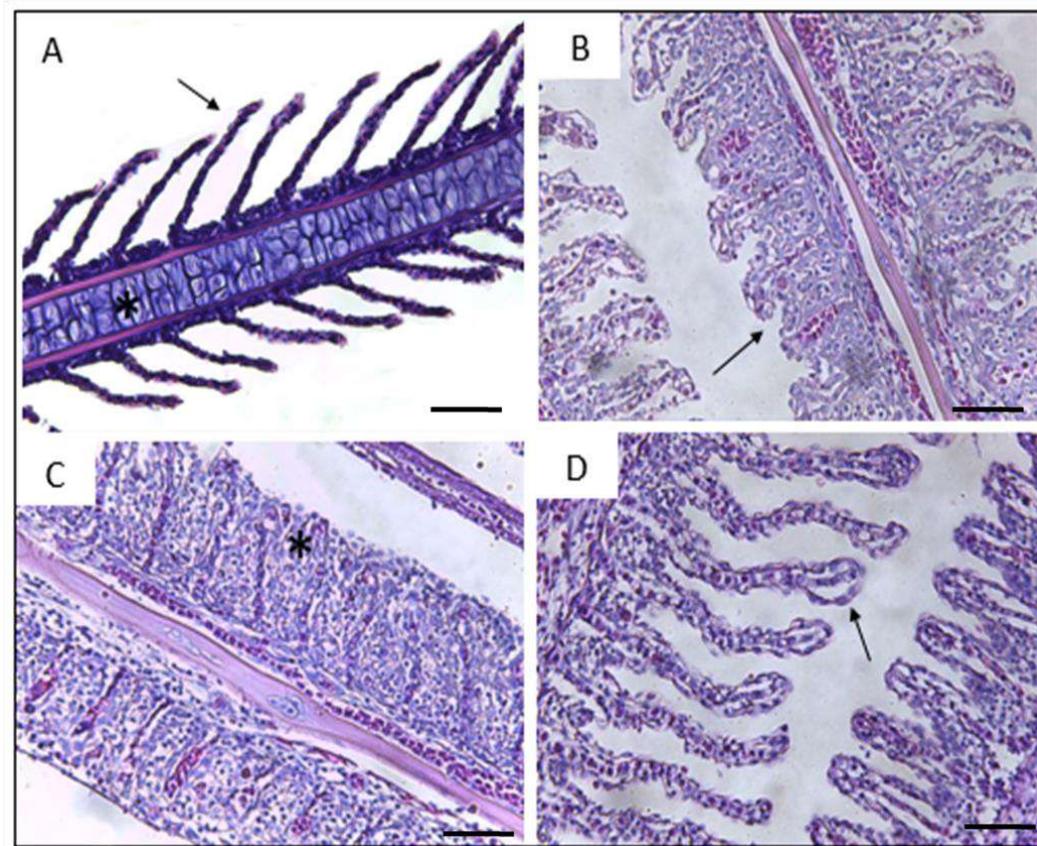
No mês de janeiro que representou o período chuvoso, foram capturadas exemplares das espécies *Pimelodina flavipinnis*; *Pimelodus blochii* e *Psectrogaster amazonica*. O maior índice de órgão foi encontrado na espécie *P. amazonica* (10,6) (Fig. 4). Todas elas apresentaram um padrão na morfologia branquial compatível com outras espécies de teleósteos.

Figura 4 – Média do índice do órgão dos exemplares capturados no mês de janeiro de 2018 no trecho do Médio Rio Tocantins, Embiral-Maranhão



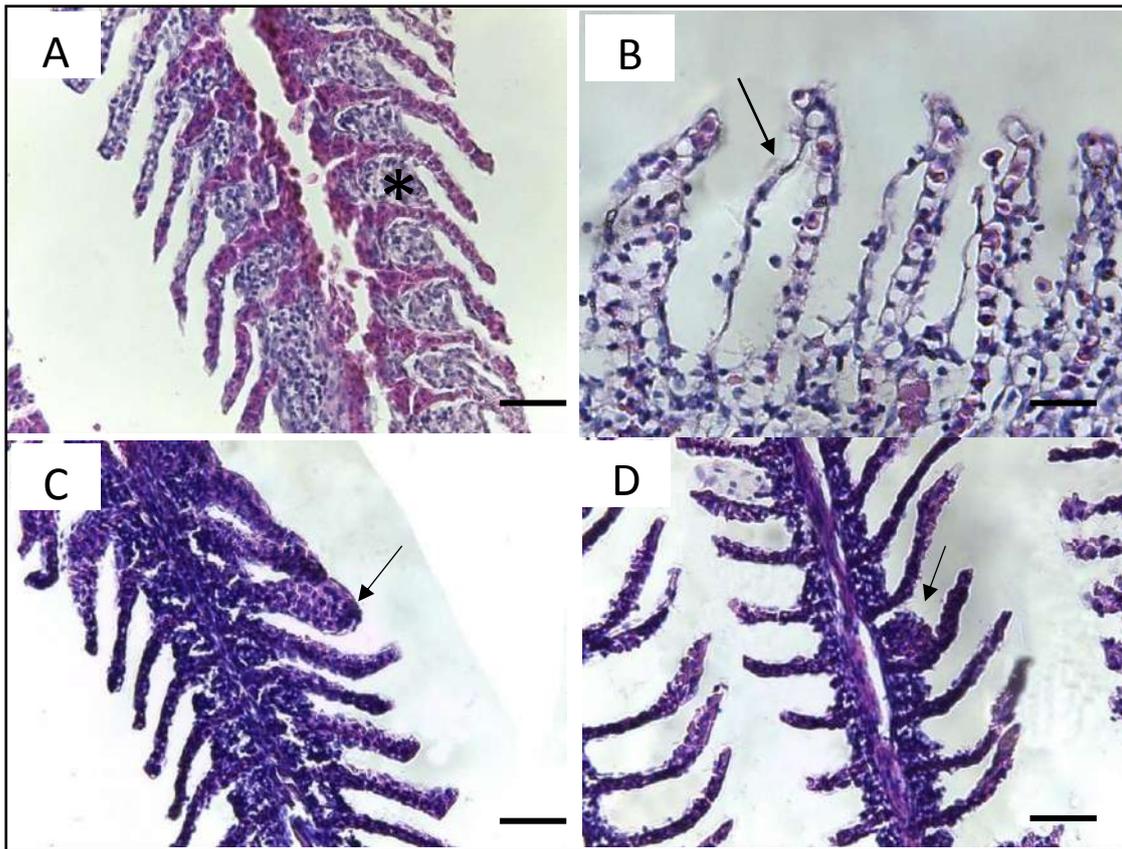
A espécie *P. flavipinnis* apresentou as seguintes alterações branquiais: Hiperplasia (variando em moderação entre leve a grave), com fusão parcial e total das lamelas e destacamento do epitélio filamentar (de leve a moderado) (Fig. 4 e 5).

Figura 5 - Fotomicrografias do segundo arco branquial direito de exemplares de *P. flavipinnis* coletados no Rio Tocantins, Embiral, Maranhão. A) Filamento branquial (asterisco) e lamelas respiratórias normais (seta) Barra: 20 μm ; B) Hiperplasia entre as lamelas secundárias com fusão parcial (seta) Barra: 20 μm ; C) Hiperplasia com fusão total das lamelas respiratórias (asterisco) Barra: 20 μm ; D) Descolamento do epitélio filamental (seta) Barra: 20 μm .



Em relação à espécie *P. blochii* as lesões encontradas foram: Hiperplasia (variando entre leve a grave), com fusão parcial e total das lamelas, destacamento do epitélio (leve), congestão (grau leve) e aneurisma (leve) (Fig. 4 e 6).

Figura 6 - Fotomicrografias do segundo arco branquial direito de exemplares de *P. blochii* coletados no Rio Tocantins, Embiral, MA. A) Hiperplasia (asterisco) Bar: 20 μ m; B) descolamento do epitélio filamentar (seta) Barra: 20 μ m; C) congestão lamelar (seta) Barra: 20 μ m; D) Aneurisma (seta) Barra: 20 μ m.



Na espécie *P. amazonica* foram encontradas as seguintes histopatologias branquiais: Hiperplasia (de leve a grave), com fusão parcial e total das lamelas, congestão no ápice da lamela (leve) e encurtamento das lamelas respiratórias (moderado), (Fig. 4 e 7).

Figura 7 - Fotomicrografias do segundo arco branquial direito de exemplares de *P. amazonica* coletados no Rio Tocantins, Embiral, Maranhão. A) Hiperplasia (asterisco) e congestão (seta) 20 μ m; B) encurtamento das lamelas respiratórias (asterisco) 20 μ m; C) Hiperplasia com fusão total das lamelas (seta); D) Hiperplasia com fusão parcial lamelar (asterisco).

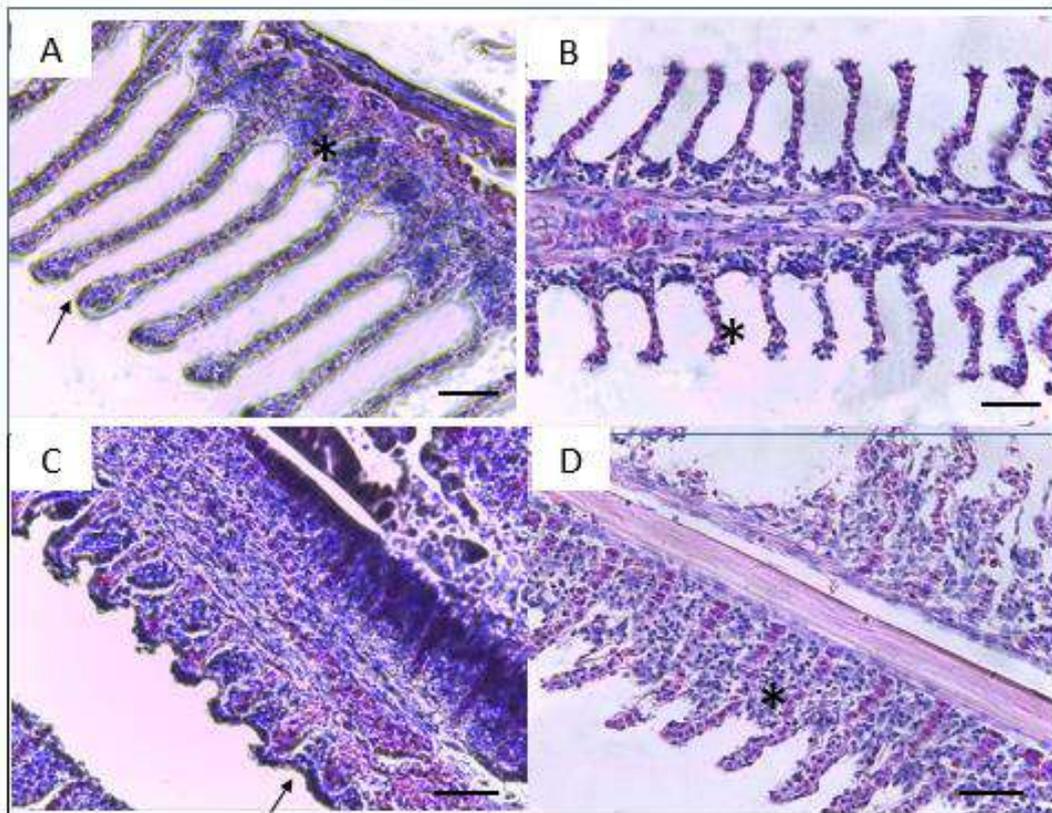


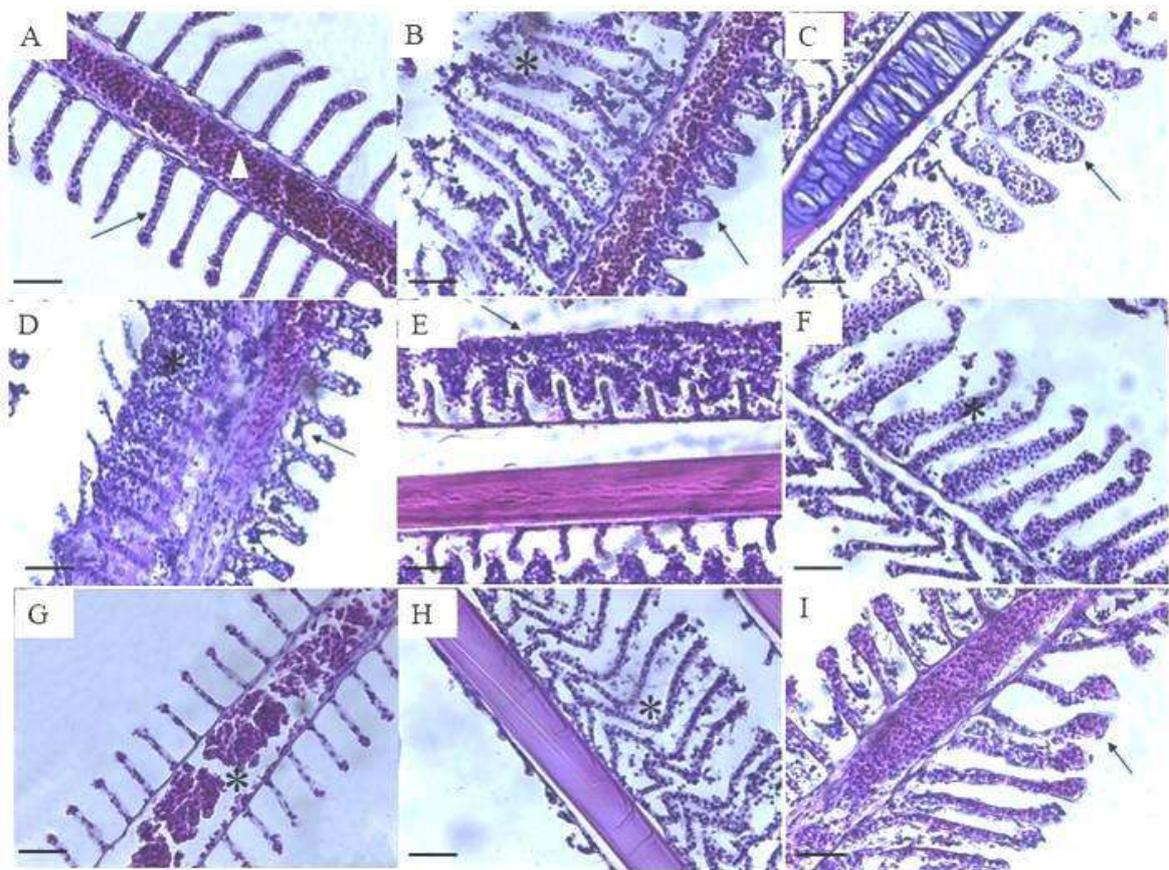
Tabela 3. Tipos de lesões branquiais registrados nas espécies coletadas no período chuvoso (mês de janeiro) do Médio Rio Tocantins, 2018.

Espécies		
<i>Pimelodina flavipinnis</i>	<i>Pimelodus blochii</i>	<i>Psectrogaster amazonica</i>
Fusão parcial	Fusão parcial	Fusão parcial
Fusão total	Fusão total	Fusão total
		Encurtamento das lamelas
Levantamento do epitélio	Levantamento do epitélio	
Hiperplasia	Hiperplasia	Hiperplasia
	Congestão	Congestão
	Aneurisma	

Fonte: Bezerra, 2018.

Nos meses característicos de clima seco (julho e setembro), *P. amazonica* apresentou índice de órgão equivalente a 12, com as seguintes lesões branquiais: Hiperplasia (moderado), com fusão parcial e total das lamelas, ruptura do epitélio lamelar com hemorragia (leve), aneurisma (moderado a grave), encurtamento lamelar (moderado), levantamento do epitélio (leve), vasodilatação da lamela principal (leve), espessamento da lamela secundária (leve a moderado), necrose (leve a grave) e desorganização dos filamentos branquiais (moderado a grave) (Fig. 8) (Tab. 4).

Figura 8 – Lesões branquiais registradas em *P. amazonica*. Exemplares coletados no Médio Rio Tocantins, 2018, correspondente ao período seco. A) Filamento primário (cabeça de seta branca) barra 20 μm ; B) Necrose (asterisco) e encurtamento lamelar (seta) barra 20 μm ; C) Aneurisma (seta) barra 20 μm ; D) Hiperplasia (asterisco) e levantamento do epitélio (seta) barra 20 μm ; E) Espessamento descontrolado do epitélio (seta) barra 20 μm ; F) Espessamento das lamelas secundárias com ruptura do epitélio e hemorragia (asterisco) barra 20 μm ; G) Vasodilatação da lamela primária (asterisco) barra 20 μm ; H) Desorganização dos filamentos (asterisco) barra 20 μm ; I) Congestão (seta) barra 20 μm .



O período chuvoso teve média de IAH correspondente a 5,3 e em relação ao período seco a média do IAH foi de 53.

Tabela 4. Lesões branquiais observadas nos exemplares da espécie *P. amazonica* coletados no período seco e chuvoso, no Médio Rio Tocantins, 2018.

Estágio	Alterações histológicas branquiais	
	Período chuvoso	Período seco
I	Hiperplasia do epitélio lamelar	Hiperplasia do epitélio lamelar
	Fusão lamelar incompleta	Levantamento do epitélio lamelar
	Fusão lamelar completa	Desorganização das lamelas
	Encurtamento das lamelas secundárias	Fusão lamelar incompleta
II	Congestão vascular	Fusão lamelar completa
		Encurtamento das lamelas secundárias
		Dilatação do seio sanguíneo
III		Congestão vascular
		Hemorragia com ruptura do epitélio lamelar
		Espessamento descontrolado do tecido proliferativo filamental e lamelar
		Aneurisma lamelar
		Necrose

Fonte: Bezerra, 2018.

4.4 DISCUSSÃO

A estrutura observada é semelhante à descrita para a maioria dos teleósteos, composta por quatro arcos branquiais que são sustentados por um esqueleto ósseo (Pough; Janis; Heiser, 2003). Dos arcos branquiais partem filamentos branquiais sustentados por cartilagem, das quais se ramificam em lamelas secundárias.

Os filamentos branquiais são compostos por epitélio estratificado, o qual inclui células pavimentosas, células secretoras de muco, de cloreto, células de suporte e gustativas (Machado, 1999). Por sua vez, as lamelas secundárias, estruturas responsáveis pelas trocas gasosas, são revestidas por um epitélio pavimentoso simples apoiado por células pilares, as quais formam canais por onde circula o sangue (Machado, 1999; Linset al., 2010).

Segundo Monteiro (2010), a região profunda do epitélio filamental da espécie *Oreochromis niloticus* é preenchida por células indiferenciadas, células neuroepiteliais e células do sistema imunológico, sugerindo que esta camada é envolvida na regeneração, controle e defesa. Células indiferenciadas foram mencionadas em outros estudos como células basais do epitélio filamental em tilápia (Cioni et al., 1991) e outros teleósteos (Laurente Dunel,

1980; Laurent, 1984) e neste estudo as células basais parecem demonstrar importância na arquitetura branquial, pelo fato delas serem abundantes e está em contato íntimo com a lamela primária.

Quando os peixes se deparam com mudanças em sua necessidade por obtenção de oxigênio, podem ocorrer alguns ajustes: mudar o fluxo de água nas brânquias, mudar o fluxo de sangue no interior das brânquias ou remodelar a morfologia das brânquias (Nilsson, 2007; Filho et al., 2014). Este último processo foi constatado nos exemplares capturados. A mudança na forma primária das lamelas respiratórias demonstra um processo de adaptação à presença de possíveis contaminantes presentes na água, pois as modificações fluem na direção de diminuir o contato do poluente presente na água com o órgão responsável pela respiração, no caso as brânquias.

Das espécies capturadas, *P. amazonica* foi a que apresentou maior índice de órgão demonstrando, portanto, alterações branquiais mais severas. Diferentes espécies de peixes podem demonstrar diferentes sensibilidades a xenobióticos (Schmidt et al., 1999). *P. amazonica* evidenciou neste estudo qualidade para ser tornar um modelo em investigações com biomarcadores devido sua capacidade de sobreviver em um ambiente potencialmente contaminado.

Diferentemente de outros estudos (Cantanhêde et al, 2014; Cardoso et al., 2018), em que as lesões branquiais foram mais recorrentes em organismos coletados na estação chuvosa, o presente estudo registrou maior IAH no período seco, com valor médio de 53, demonstrando que as brânquias dos indivíduos amostrados nesta estação apresentaram alterações graves no tecido. Sugere-se, portanto, que estas alterações podem ser decorrentes do baixo nível da água do rio neste período, conseqüentemente elevando a concentração dos prováveis poluentes presentes na água.

A espécie *P. amazonica* coletada no período seco, apresentou todos os tipos de lesões considerados para este estudo conforme descritos por Bernet et al. (1999) ou Poleksic e Mitrovic-Tutundzic. Em geral, as alterações estão relacionadas à presença de substâncias tóxicas no meio ambiente. Por exemplo, levantamento do epitélio respiratório, também constatado em nosso estudo, nas duas estações, seca e chuvosa, é uma das respostas mais comuns à poluição da água em peixes de água doce (Haaparanta et al., 1997). Segundo Thophon et al. (2003), este tipo de lesão é considerado o primeiro sinal de patologia branquial, levando a um aumento da distância entre o meio externo e o sangue comprometendo, portanto, a função respiratória do órgão. Em uma espécie de peixe do Lago Açu, na Baixada Maranhense, Cardoso et al. (2018) observou este tipo de lesão como um dos mais frequentes na estação chuvosa.

No atual estudo, o levantamento do epitélio lamelar foi observado no ápice da lamela secundária e, em outro exemplar, na base do filamento associado ao encurtamento lamelar. Em um estudo no Parque Ecológico Laguna da Jansen, localizado em uma área metropolitana em São Luís do Maranhão, foi demonstrada essa lesão como o tipo mais frequente, ocorrendo na lateral da lamela respiratória na espécie *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1972) (Cantanhêde, et al., 2014). Cardoso et al. (2018), registra essa lesão na base do epitélio lamelar. Estas observações indicam que este tipo de lesão pode ocorrer em partes ou ao longo de toda a lamela secundária, podendo ou não estar associada a outro tipo de lesão.

A lesão do tipo hiperplasia, presente em todas as espécies deste estudo, é caracterizada pela multiplicação das células epiteliais, referentes aos filamentos branquiais e às lamelas secundárias, incluindo células mucosas. A intensidade desta lesão determina o nível de fusão, sendo parcial quando a hiperplasia se restringir à base do filamento ou somente a uma porção das lamelas. Entretanto, se a hiperplasia estiver presente ao longo de todo o filamento secundário, a fusão será total (Meletti et al., 2003). No presente estudo, todas as espécies, nos períodos seco e chuvoso, demonstraram fusão parcial e total. Tais alterações prejudicam a passagem da água entre as lamelas, o que dificulta a função respiratória do órgão. Estas alterações se manifestam como uma adaptação a situações de estresse, no entanto, provocam um deslocamento na sua estrutura afetando diretamente os mecanismos de respiração e osmorregulação (Nogueira et al., 2011). Outros estudos também confirmam hiperplasia indicando uma baixa qualidade no ambiente aquático de água doce (Camargo; Martinez, 2007; Garcia-Santos et al., 2007; Cantanhêde et al., 2014; Filho et al., 2014).

Como a hiperplasia pode também afetar as células mucosas, presentes no epitélio respiratório, a multiplicação exacerbada desse tipo de célula afeta, portanto, a produção de muco. Uma importante função fisiológica do muco secretado pelas células mucosas é a proteção do tecido magro e sensível epitélio branquial dos impactos ambientais, como por exemplo, xenobióticos. Hipersecreção de muco, no entanto, resulta em uma cobertura completa de muco do epitélio branquial podendo dificultar ou impedir as trocas gasosas (Pawert et al, 1998).

No presente estudo, ocorreu espessamento do epitélio filamentar e lamelar. Este tipo de alteração ocorre devido à proliferação de células de cloro e de células indiferenciadas (Dang et al., 1999). As células de cloro desempenham funções essenciais na regulação do equilíbrio ácido-base e na osmorregulação dos peixes teleósteos (Evans et al., 1999). O acréscimo de células de cloreto poderia melhorar a capacidade de regulação iônica do órgão, contudo, com este aumento da troca iônica, a entrada de substâncias tóxicas no animal também pode ser

aumentada (Laurent e Perry, 1991). Provavelmente, essa lesão é uma resposta adaptativa no sentido de aperfeiçoar as funções branquiais, que, em partes, estão comprometidas. Embora as células não afetadas possam substituir funcionalmente aquelas já destruídas, ainda assim podem ser extintas devido à sobrecarga (Pawert et al., 1998).

A vasodilatação observada em *P. amazonica* no período seco atingiu apenas o seio venoso central da lamela branquial sem afetar seu epitélio de revestimento. Condição semelhante também ocorreu em peixes à montante e à jusante de uma estação de tratamento de águas residuais no Rio Paiva em Portugal (Fonseca et al., 2016), no qual sugere-se que as lesões são características de exposição a diferentes tipos de poluentes, incluindo lixiviados da agricultura e efluentes domésticos, atuando em diferentes setores dentro do bacia hidrográfica.

A maioria das lesões branquiais são efeitos subletais causados por exposições crônicas. No caso dos vasos sanguíneos, o dano às células pilares pode levar a um aumento do fluxo sanguíneo no interior das lamelas, provocando assim a dilatação do canal marginal, congestão de sangue ou eventualmente um aneurisma (Camargo e Martinez, 2007).

O aneurisma, presente em *P. amazonica* no período seco e chuvoso, geralmente é resultante do colapso do sistema de células pilares prejudicando a integridade vascular com a consequente liberação de grande quantidade de sangue, empurrando o epitélio lamelar para fora o que pode causar a ruptura do epitélio levando a uma hemorragia (Hinton e Laurén, 1990). Essas respostas objetivam dificultar o acesso do poluente ao sangue prejudicando, contudo, a realização de trocas gasosas (McDonald e Wood, 1993). Por sua vez, as dificuldades respiratórias podem ser responsáveis por induzir a vasodilatação que consequentemente conduz à ruptura das células pilares com perda da sua capacidade de suporte, levando ao aparecimento dos aneurismas lamelares (Garcia-Santos, 2007). Na classificação utilizada por Poleksic e Mitrovic-Tutundzic (1994) e adaptada por Cantanhêde et al. (2014), a lesão do tipo aneurisma pertence ao estágio III, sendo considerada irreparável mesmo que ocorra a melhora na qualidade da água.

O presente estudo também registrou o encurtamento das lamelas respiratórias em *P. amazonica* no período seco. Este tipo de lesão gerou uma desestruturação do sistema de células pilares, sendo visualizada mais de uma coluna de células pilares que sustentam as lamelas respiratórias. Este tipo de lesão pode ser decorrente da contração das lamelas secundárias com o objetivo de reduzir o contato do sangue com o poluente. Segundo Newstead (1967), se a contração de fato ocorrer, pode ser uma resposta local à presença de substâncias irritantes no meio aquático.

Poleksic e Mitrovic-Tutundzic (1994) explicam que a diminuição das lamelas secundárias pode ocasionar a fusão total, podendo influenciar no processo de trocas gasosas nas brânquias provocando uma deficiência na difusão dos gases entre as lamelas. Outros estudos envolvendo a exposição de compostos químicos, demonstram o encurtamento dos filamentos respiratórios (Hued et al., 2012; Barja-Fernández et al., 2013). Estas respostas biológicas aos possíveis contaminantes presentes na água, mesmo que se apresentem de forma temporária, pode desencadear mudanças na morfologia branquial na tentativa de diminuir o contato com o poluente, como estão sendo demonstradas no presente estudo, ainda que se mostrem em um grau leve. Apesar de algumas alterações se apresentarem de leve ocorrência, se persistirem por longos períodos devido ao poluente não ser neutralizado, podem aumentar em quantidade e severidade progredindo para estágios ainda mais avançados.

A necrose epitelial e a ruptura do epitélio branquial observadas no presente estudo, são condições irreversíveis que, geralmente, mas não especificamente, são atribuídas à contaminação por metais (Mallatt, 1985) e sedimentos (Winkaler et al., 2008). A degeneração por necrose e apoptose das células do epitélio branquial, essencialmente, células de cloro e pavimentosas, também foi mencionada em estudos realizados com teleosteos submetidos a diferentes poluentes (Pratap e Wendelaar Bonga, 1993; Mazon et al., 2002).

O comportamento bentopelágico da espécie *P. amazonica*, ou seja, em contato mais próximo com o sedimento, pode ser um indicativo de que os sedimentos estão contaminados. Em um estudo realizado em córregos no Sudeste da Alemanha, análises químicas comparando água e sedimento, peixe e água e peixe e sedimentos, a maior relação foi encontrada em peixe e sedimento em que foram observados dez compostos idênticos entre eles (Honnen et al., 2001). Portanto, se faz necessário, estudos posteriores abrangendo análise dos sedimentos do Rio Tocantins. Por outro lado, as lesões encontradas podem estar relacionadas à alta sensibilidade das brânquias ao estresse ambiental e sua capacidade de reagir mesmo a baixas concentrações e em curtos períodos de tempo, levando em consideração que as águas do rio demonstrem picos de maiores concentrações de poluentes e posterior dispersão e ou diluição dos mesmos.

4.5 CONCLUSÕES

As espécies *P. flavipinnis* e *P. blochii* demonstraram lesões com menor severidade. A espécie *P. amazonica* demonstrou diversos tipos de histopatologias branquiais, incluindo severidade grave, dentre elas necrose e aneurisma sendo lesões importantes por terem condições irreversíveis. As lesões branquiais registradas na espécie *P. amazonica*, foram mais comumente observadas em exemplares capturados na estação que corresponde ao período seco. As lesões observadas são provavelmente provenientes de poluentes acumulados nas águas do Rio Tocantins.

REFERÊNCIAS

- Albinati, A.C.L., Moreira, E.L.T., Albinati, R.C.B., Carvalho, J.V., De Lira, A.D., Santos, G.B., Vidal, L.V.O., 2009. Histological biomarkers: chronic toxicity for roundup in piaçu (*Leporinus macrocephalus*). Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. [online]. 61, 621-627.
- Barja-Fernández, S., Míguez, J.M., Álvarez-Otero, R., 2013. Histopathological effects of 2,2',4,4'-tetrabromodiphenyl ether (BDE-47) in the gills, intestine and liver of turbot (*Psetta maxima*). Ecotoxicol. Environ. Saf. 95, 60–68.
- Bernet, D., Schmidt, H., Meier, W., Burkhardt-Holm, P., Wahli, T., 1999. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess. J. Fish Dis. 22, 25-34.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. Relatório diagnóstico do município de imperatriz. 2011. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/15501/rel-imperatriz.pdf?sequence=1>> Acesso em 06 de Novembro de 2018.
- Brasil Hidrografia. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/brasil_hidrografia.htm> Acesso em 14 de julho de 2018.
- Camargo, M.M., Martinez, C.B., 2007. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. Neotrop. Ichthyol. 5, 327-336.
- Cantanhêde, S.M., Medeiros, A.M., Ferreira, F.S., Ferreira, J.R.C., Alves, L.M.C., Cutrim, M.V.J., Santos, D.M.S., 2014. Uso de biomarcador histopatológico em brânquias de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1972) na avaliação da qualidade da água do Parque Ecológico Laguna da Jansen, São Luís – MA. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 66, 593-601.
- Cardoso, R.L., Carvalho-Neta, R.N.F., Castro, A.C.L., Ferreira, C.F.C., Silva, M.H.L., Azevedo, J.W.J., Sobrinho, J.R.S.C., Santos, D.M.S., 2018. Histological and Genotoxic Biomarkers in *Prochilodus lacustris* (Pisces, Prochilodontidae) for Environmental Assessment in a Protected Area in the Northeast of Brazil. Bull Environ. Contam. Toxicol. 101, 570-579.
- Castro, J.S., Silva, J.S., Freitas, L.C., Carvalho-Neta, R.N.F., 2014. Biomarcadores histopatológicos na espécie *Hoplias malabaricus* (Pisces, Osteichthyes),

- Erythrinidae) em uma Unidade de Conservação de São Luís (MA). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 66, 1687-1694.
- Cioni, C., Merich D., Cataldi, E., Cataudella S., 1991. Finestructure of chloride cells in freshwater- and seawateradapted *O. niloticus* (Linnaeus) and *Oreochromis mossambicus* (Peters). *J Fish Biol.* 39, 197–209.
- Dang, Z., Lock, R., Flik, G., 1999. Metallothionein response in gills of *Oreochromis mossambicus* exposed to copper in fresh water. *Am. J. Physiol.* 277, 320-331.
- Evans, D.H., Piermarini, P.M., Potts, W.T.W., 1999. Ionic transport in the fish gill epithelium. *J. Experimental Zool.* 238, 641-652.
- Filho, F.M.S., Rezende, K.F.O., Emerenciano, A.K., Moreira, L.M., Vila, V.B., Borges, R.M., Pressinotti, L.N., 2014. Avaliação de biomarcadores histológicos em peixes coletados a montante e a jusante da mancha urbana. *Atas de Saúde Amb.* 2, 9-22.
- Fonseca A.R., Sanches Fernandes, L.F., Fontainhas-Fernandes A., Monteiro, S.M., Pacheco, F.A.L., 2016. From catchment to fish: Impact of anthropogenic pressures on gill histopathology. A.R. Fonseca et al. / *Sci. Total Envir.* 550, 972–986.
- Garcia-Santos, S., Monteiro, S.M., Carrola, J., Fontainhas-Fernandes, A., 2007. Alterações histológicas em brânquias de tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* causadas pelo cádmio. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 59, 376-381.
- Haaparanta, A., Valtonen, E., Hoffmann, R., 1997. Gill anomalies of perch and roach from four lakes differing in water quality. *J. Fish Biol.* 50, 575–591.
- Hinton, D.E., Laurén, D.J., 1990. Liver structural alterations accompanying chronic toxicity in fishes: potential biomarkers of exposure. Pp. 51-65. In: McCarthy, J.F. & L.R. Shugart (Eds.). *Biomarkers of Environmental Contamination*. Boca Raton, Lewis Publishers.
- Honnen, W., Rath, K., Schlegel, T., Schwinger, A., Frahne, D., 2001. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 8, 195–213.
- Hued, A.C., Oberhofer, S., Bistoni, M.A., 2012. Exposure to a Commercial Glyphosate Formulation (Roundup_) Alters Normal Gill and Liver Histology and Affects Male Sexual Activity of *Jenynsia multidentata* (Anablepidae, Cyprinodontiformes). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 62, 107-117.
- Laurent, P., Dunel, S., 1980. Morphology of gill epithelia in fish. *Am J Physiol.* 238, 147–159.
- Laurent, P., 1984. Gill internal morphology. In: Hoar WS, Randall DJ, editors. *Fish Physiology*, New York: Academic Press. 10, 73–183.
- Laurent, P., Perry, S.F., 1991. Environmental effects on fish gill morphology. *Physiol. Zool.* 64, 4–25.

Lupi, C., Nhacarini, N.I., Mazon, A.F., Sá, O.R., 2007. Avaliação da poluição ambiental através de alterações morfológicas das brânquias de *Oreochromis niloticus* (tilápia) nos córregos Retiro, Consulta e Bebedouro, município de Bebedouro-SP. Rev. Fafibe on line, 3.

Mallatt, J., 1985. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review. Can J Fish Aquat Sci. 42, 630–648.

Mazon, A.F.; Cerqueira, C.C.; Fernandes, M.N., 2002. Gill cellular changes induced by copper exposure in the South American tropical freshwater fish *Prochilodus scrofa*. Environ. Res. 88, 52-63.

Mcdonald, D.G., Wood, C.M., 1993. Branchial mechanisms of acclimation to metals in freshwater fish. In: Fish Ecophysiology. London, Chapman & Hall.

Meletti, P.C., Rocha, O., Martinez, C.B.R., 2003. Avaliação da degradação ambiental na bacia do rio Mogi-Guaçu por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes. In: Brigante, J., Espíndola, E.L.G. (Ed.), Limnologia Fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu. São Paulo, São Carlos.

Monteiro, S.M., Oliveira, E. Fontaínhas-Fernandes, A., Sousa, M., 2010. Fine Structure of the Branchial Epithelium in the Teleost *Oreochromis niloticus*. Journal of Morphology. 271, 621–633.

Newstead, J.D., 1967. Fine structure of the respiratory lamellae of teleostean gills. Zeitschrift für Zellforschung. 79, 396-428.

Nogueira, D.J., Castro, S.C., Vieira, R.C.A., Rigolin-Sá, O., 2011. Utilização das brânquias de *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803) (Siluriformes; Pimelodidae) como biomarcador de poluição no reservatório da UHE Marechal Mascarenhas de Moraes, Minas Gerais, Brasil. Rev. Biotemas 24, 51-58.

Pawert, M., Müller, E., Tribskorn, R., 1998. Ultrastructural changes in fish gills as biomarker to assess small stream pollution. Tissue and Cell, 30, 617–626.

Pratap, H.B., Wendelaar Bonga, S.E., 1993. Effect of ambient and dietary cadmium on pavement cells, chloride cells, and sodium, potassium-ATPase activity in the gills of the freshwater teleost *Oreochromis mossambicus* at normal and high calcium levels in the ambiente water. Aquatic Toxicol. 26, 133-150.

Poleksic, V., Mitrovic-Tutundzic, V., 1994. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In: Müller, R., Lloyd, R. (Eds) Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish. FAO, Fishing News Books, Oxford.

Pough, F.H, Janis, C.M.; Heiser, J.B., 2003. A vida dos vertebrados. 2. ed. São Paulo, Atheneu.

Relatório parcial: Projeto Gestão Integrada e Sustentável dos Recursos Hídricos Transfronteiriços na Bacia do Rio Amazonas, Considerando a Variabilidade e Mudança Climática. OTCA/GEF/PNUMA. Porto Alegre, Brasil, 2013. Disponível em: <<http://otca.info/gef/uploads/documento/b977a->

ATIVID.II.1.1_III.1.1_ROBERTO.E.REIS_RELATORIO_2.pdf> Acesso em 23 Agosto de 2018.

Sakuragui, M.M., Sanches, J R., Fernandes, M.N., 2003. Gill chloride cell proliferation and respiratory responses to hypoxia of the neotropical erythrinid fish *Hoplias malabaricus*. *J. Comp. Physiol.* 173, 309-317.

Schmidt, H., Bernet, D., Wahli, T., Meier, W., Burkhardt-Holm, P., 1999. Active biomonitoring with brown trout and rainbow trout in diluted sewage plant effluents. *J. Fish Biol.* 54, 585–596.

Silva, A.G. Alterações histopatológicas de peixes como biomarcadores da contaminação aquática. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, PR.

Thophon, S., Kruatrachue, M., Upatham, E.S., Pokethitiyook, P., Sahaphong, S., Jaritkhuan, S., 2003. Histopathological alterations of white seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure. *Environ. Pollut.* 121, 307 – 320.

Winkaler, E.U., das Graças Silva, A., Galindo, H.C., dos Reis Martinez, C.B., 2008. Biomarcadores histológicos e fisiológicos para o monitoramento da saúde de peixes de ribeirões de Londrina, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Biol. Sci.* 23, 507–514.

5 CAPITULO II

DIVERSIDADE PARASITÁRIA DE MONOGENOIDEA PARASITOS DE *Psectrogaster amazonica* (CHARACIFOMES: CURIMATIDAE) DO TRECHO MÉDIO DA BACIA DO RIO TOCANTINS, BRASIL

CARINE ALMEIDA MIRANDA BEZERRA¹, DIEGO CARVALHO VIANA², SIMONE CHINICZ COHEN^{3*}, MARCIA CRISTINA NASCIMENTO JUSTO⁴

¹ Departamento de Medicina Veterinária, Mestrado em Ciência Animal, Curso de Pós-graduação, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: caribio.uema@gmail.com

² Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: diego_carvalho_@hotmail.com

³ Laboratório de Helmintos Parasitos de Peixes, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: cohen.simone@gmail.com

⁴ Laboratório de Helmintos Parasitos de Peixes, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: marcianjusto@gmail.com

* Autor de correspondência

Resumo

O presente estudo investigou a diversidade de Monogenoidea parasitos das brânquias de *Psectrogaster amazonica* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Curimatidae) espécie amplamente distribuída nas principais bacias hidrográficas da região Neotropical, incluindo a bacia do rio Tocantins. Os peixes foram capturados no trecho médio do Rio Tocantins, no povoado de Embiral, Imperatriz, Maranhão, Brasil. As coletas foram realizadas no período que compreende a seca do rio (meses de julho e setembro). Foram coletados 53 exemplares de *P. amazonica* apresentando em média 13,1 cm de comprimento padrão e peso total de 60 g. Do total de hospedeiros analisados, 21 estavam parasitados por pelo menos uma espécie de Monogenoidea, sendo coletados 79 espécimes de parasitos distribuídos entre seis diferentes espécies: *Curvianchoratus singularis* e *Urocleidoides triangulus* que são pela primeira vez referidas parasitando *P. amazonica* e a bacia hidrográfica do Araguaia-Tocantins representa um novo registro de distribuição geográfica para esses helmintos; *Cacatuocotyle* sp., *Urocleidoides* sp.1 e *Urocleidoides* sp. 2 que apresentam caracteres morfológicos similares com as características genéricas de ambos os gêneros, sendo necessários mais estudos para confirmação a nível específico e uma espécie de Dactylogyridae gen. sp. que apresenta características morfológicas similares ao gênero *Annulotrematoides* e os exemplares estão sendo estudados para confirmação genérica e definição específica. A comunidade parasitária

apresentou uma prevalência de 42,3%, acompanhados de baixos índices de intensidade média de 3,18 e abundância média de 1,35. A espécie que apresentou maior prevalência para os hospedeiros examinados foi *C. singulares* (20,8%), seguida de Dactylogyridae (20%), *U. triangulum* (15,1%), *Urocleidoides* sp.1 (11,3%) e *Urocleidoides* sp.2 (3,8%). Este trabalho é o primeiro estudo sobre níveis de infestação de Monogenoidea em populações naturais de *P. amazonica* na região Neotropical e teve como objetivo ampliar o conhecimento da diversidade parasitária de peixes Characiformes da região da bacia hidrográfica do Araguaia-Tocantins.

Palavras-chave: Ectoparasitos, Helmintos, Peixes de água doce, Região Neotropical

Abstract

DIVERSITY OF MONOGENOIDEA PARASITES FROM *Psectrogaster amazonica* (CHARACIFORMES: CURIMATIDAE) ON THE MIDDLE TOCANTINS RIVER BASIN, BRAZIL

The present study investigated the presence of Monogenoidea in the gill of *Psectrogaster amazonica*, Eigenmann & Eigenmann, 1889, species belonging to the family Curimatidae, families supported in the main hydrographic basins of the Neotropical region, including a basin of the Tocantins river. The fish were captured in the middle stretch of the Tocantins River, in the city of Embiral, state of Maranhão, Brazil. The capture of the fishes was taken in the period comprising the dry of the river (months July September). Fifty-two specimens of *P. amazonica* measuring on average 13 cm of standard length and weighing 60 g were collected. From the total of analyzed hosts, 21 were parasitized by at least one species of Monogenoidea, and 79 parasites were collected distributed between six different species: *Curvianchoratus singularis* and *Urocleidoides triangulus*, which are the first time reported parasitizing *P. amazonica* and the Araguaia-Tocantins basin represents a new records of the geographical distribution for these helminths; *Cacatuocotyle* sp., *Urocleidoides* sp.1 and *Urocleidoides* sp. 2 that present similar morphological characters with the generic characteristics of both the genus, being necessary more studies for confirmation at specific level and one species of Dactylogyridae gen. sp. which presents morphological characteristics similar to the genus *Annulotrematoides* and the specimens are being studied for generic confirmation and specific definition. Was observed a prevalence of 42.3%, accompanied by low indices of mean intensity of 3.18 and mean abundance of 1.35. The species that presented the highest prevalence for the examined hosts were *C. singulares* (20.8%), followed by Dactylogyridae (20%), *U. triangulum* (15.1%), *Urocleidoides* sp.1 (11.3%) and *Urocleidoides* sp.2 (3.8%).

This work is the first study on levels of Monogenoidea infestation in natural populations of *P. amazonica* in the Neotropical region and aimed to increase knowledge of the parasitic diversity of Characiform fish in the region of the Araguaia-Tocantins basin.

Keywords: Ectoparasites, Helminths, Freshwater fishes, Neotropical region

5.1 INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins-Araguaia é a maior bacia localizada inteiramente em território brasileiro, com 813.674,1 km² e 2.640 km de extensão (Brasil, 2011). A fauna de peixes da bacia do Rio Tocantins pode ser considerada hoje, relativamente bem conhecida quando comparada à ictiofauna dos outros subsistemas amazônicos com cerca de 520 espécies de peixes ocorrendo nesta localidade, sendo das quais, 30% são endêmicas (Lima & Caires 2011).

A família Curimatidae presente na bacia do rio Tocantins e amplamente distribuída nas principais bacias hidrográficas da região Neotropical, compreende 103 espécies de peixes Characiformes organizadas em oito gêneros: *Curimata* Boch, 1817, *Curimatella* Eigenmann & Eigenmann, 1889, *Curimatopsis* Steindachner, 1876, *Cyphocharax* Fowler, 1906, *Potamorhina* Cope, 1878, *Psectrogaster* Eigenmann & Eigenmann, 1889, *Pseudocurimata* Fernández-Yépez, 1948 e *Steindachnerina* Fowler, 1906.

Psectrogaster amazonica (Eigenmann & Eigenmann, 1889), conhecida popularmente no Brasil como branquinha é uma das maiores espécies do gênero, podendo atingir 170 mm. É um peixe de água doce tropical com comportamento bentopelágico e amplamente distribuído na bacia do rio Amazonas. Formam grandes cardumes sendo eventualmente explorados pela pesca comercial e de subsistência (Vari, 1989).

Até o momento a diversidade de Monogenoidea em peixes da família Curimatidae na região Neotropical é composta por: *Annulotrematoides amazonicus* Kritsky & Boeger, 1995 parasitando *Psectrogaster rutiloides* no Brasil; *Annulotrematoides bonaerensis* Rossim & Timi, 2016 parasitando *Cyphocharax voga* na Argentina; *Characithecium chascomusensis* (Suriano, 1981) Rossin & Timi, 2014 parasitando *Cyphocharax gilbert* e *C. voga* na Argentina; *Curvianchoratus singularis* (Suriano, 1980) Suriano, 1986 parasitando *C. gilbert* e *C. voga* na Argentina e *Cyphocharax nagelli* no Brasil; *Diaphorocleidus kabatai* Mendoza-Franco, Reina & Torchin, 2009 parasitando *Steindachnerina insculpta* no Brasil; *Paranaella luquei* Kohn, Baptista-Farias & Cohen, 2000 parasitando *Steindachnerina brevipinna* e

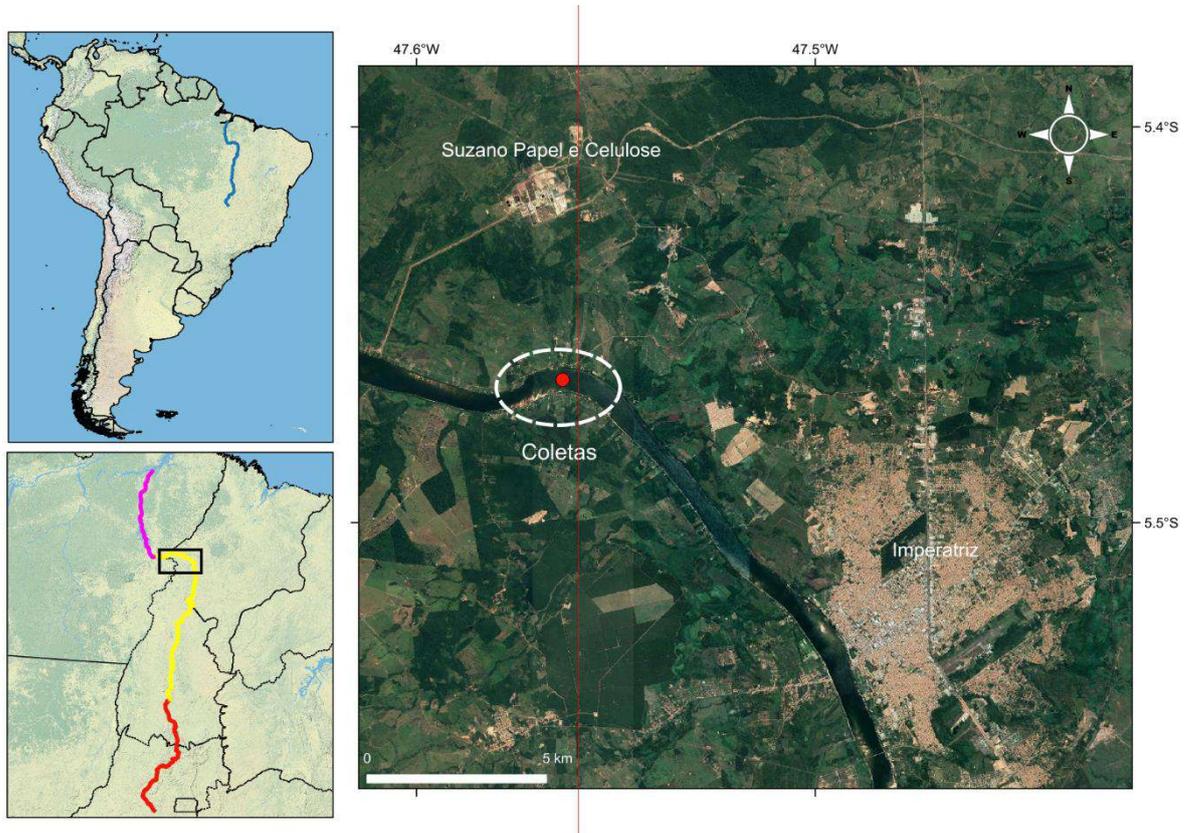
Rhinoxenus guianensis Domingues & Boequer, 2005, parasitando *Curimata cyprinoides* na Guiana Francesa; *Urocleidoides triangulus* (Suriano, 1981) Rossim & Timi, 2016 parasitando *C. nagelii* e *Cyphocharax modestus* no Brasil e *C. gilbert* na Argentina (Suriano 1980, 1981, 1987; Kritsky & Boeger 1995; Domingues & Boeger 2005; Ceschini *et al.* 2010; Acosta *et al.* 2013; Vieira *et al.* 2013; Rossin & Timi 2014; Rossim & Timi 2016).

Apesar dos esforços de taxonomistas para estudar a grande riqueza de espécies parasitos de peixes na região da Bacia Araguaia-Tocantins, até o momento não há registros na literatura de estudos que investiguem a diversidade de Monogenoidea parasitos de *P. amazonica*. O presente estudo teve como objetivo identificar os monogenoideos parasitos de *P. amazonica*, aumentando o conhecimento sobre a rica biodiversidade ictiológica e helmintológica deste grande ecossistema aquático, que é a bacia do Rio Araguaia-Tocantins.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os peixes foram capturados no trecho médio do Rio Tocantins no povoado de Embiral, Imperatriz, Maranhão, Brasil (5° 27' 50" S, 47° 33' 48" W) (Fig. 1) com auxílio de rede de pesca e logo após a captura foram devidamente acondicionados em caixas isotérmicas e transportados para o Laboratório de Anatomia da Universidade Estadual da Região Tocantina (UEMASUL).

Figura 3 -Rio Tocantins evidenciando o Alto, Médio e Baixo Tocantins juntamente com o mapa do município de Imperatriz mostrando o ponto de coleta (Embiral, MA).



Fonte: Google Earth, adaptado por Bezerra, 2018.

O protocolo para coleta de amostras de peixes e os procedimentos laboratoriais foram aprovados pelo comitê de ética da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) sob número de protocolo 21/2017 e a licença ambiental de coleta foi obtida através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), protocolo 61650-1.

Todos os peixes foram pesados e medidos e as brânquias foram removidas e acondicionadas em frascos contendo álcool 70% aquecido (em temperatura aproximada de 70°C), para o relaxamento e consequente liberação do parasito dos filamentos branquiais. Os frascos contendo as brânquias foram enviados para o Laboratório de Helmintos Parasitos de Peixes (LHPP) do Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ no Rio de Janeiro, Brasil.

No LHPP as brânquias foram transferidas para placa de Petri, onde os arcos branquiais foram separados e levemente raspados com auxílio de pincel e/ou estilete e observados no microscópio estereoscópico para coleta dos helmintos. A coleta e fixação dos parasitos foi realizada utilizando-se metodologia específica para o grupo de acordo com Boeger & Vianna

(2006). Os monogenoideos foram corados pelo tricrômico de Gomori, desidratados em serie alcoólica, diafanizados pelo creosoto de Faia ou óleo de cravo e montados entre lâmina e lamínula em bálsamo do Canadá. Para o estudo das partes esclerotizadas (ganchos, âncoras, barras do haptor e complexo copulatório), foram montados em meio de Hoyer entre lâmina e lamínula (Cohen *et al.*, 2012).

Os espécimes foram estudados através do microscópio de luz Axioscop-Zeiss. A organização taxonômica dos helmintos foi realizada segundo Yamaguti (1963, 1968) e Boeger & Vianna (2006). Para identificação específica dos parasitos usa-se chaves taxonômicas e trabalhos originais específicos para cada espécie. Espécimes representativos das espécies de Monogenoidea quando devidamente identificados serão depositados na Coleção Helmintológica do Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil - CHIOC.

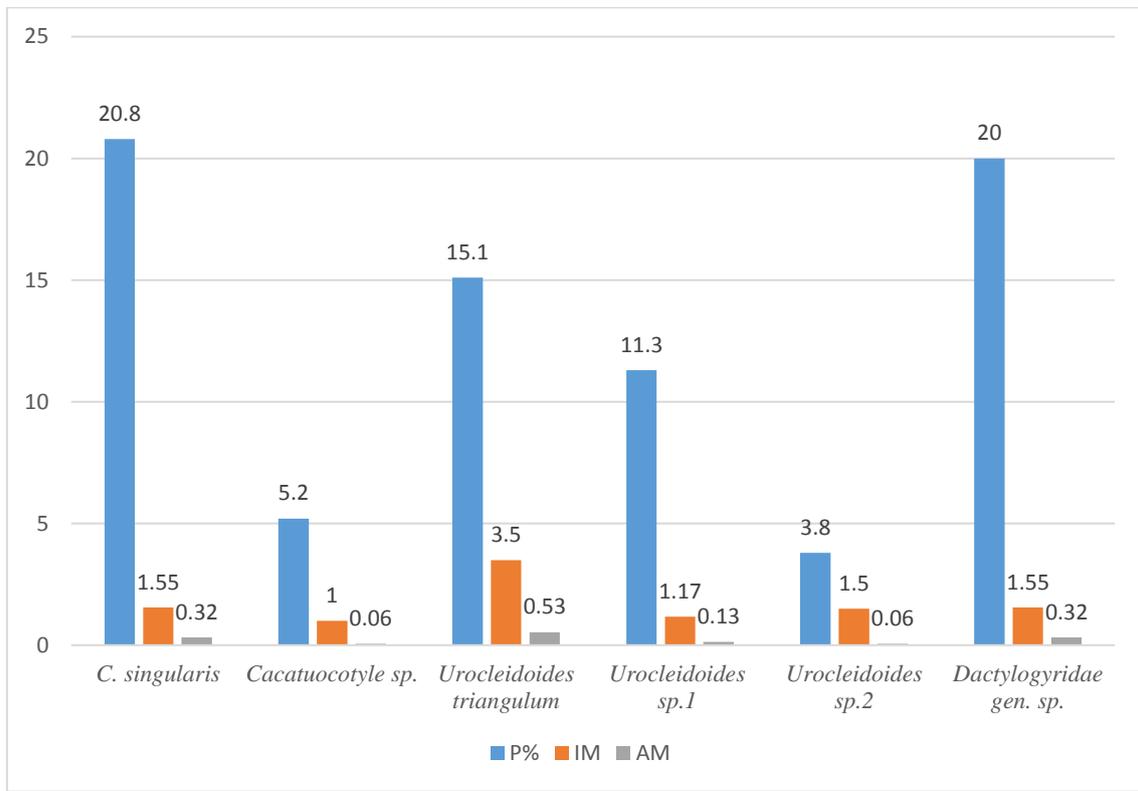
Foi realizada análise dos descritores parasitários como prevalência (P%), intensidade média (IM), abundância média (AM) e amplitude da intensidade (AI). Todos os descritores parasitários são acompanhados de seus respectivos intervalos de confiança (entre parênteses) de 95% e a terminologia relacionada foi baseada em Bush *et al.* (1997).

5.3 RESULTADOS

Foram coletados 53 exemplares de *P. amazonica* medindo 13,1 cm \pm 1,02 (11,5-15,5) de comprimento padrão e pesando 60 g \pm 10 (47-83). Do total de peixes analisados, 21 estavam parasitados por pelo menos uma espécie de Monogenoidea, sendo encontrados um total de 79 parasitos. A comunidade de Monogenoidea de *P. amazonica* apresentou baixos valores de descritores parasitários: P (42,3%); IM: 3,18 (2,14-4,64); AM: 1,35 (0,79-2,21) e AI: 1-11.

Foram identificadas 6 espécies de Monogenoidea, sendo: 17 espécimes de *Curvianchoratus singularis* (Fig. 10); 03 de *Cacatuocotyle* sp., (Fig. 11); 28 de *Urocleidoides triangulum* (Fig. 12), 07 *Urocleidoides* sp. 1 (Fig. 13); 03 *Urocleidoides* sp2. (Fig.14) e 21 de Dactylogyridae gen. sp. (Fig. 15). Todas as espécies apresentaram baixos índices de descritores parasitários (Figura 9).

Figura 9 - Descritores parasitológicos das espécies de Monogenoidea parasitos de *P. amazonica*, provenientes do trecho médio do Rio Tocantins.



Classe Monogenoidea Bychowsky, 1937

Subclasse Polyonchoinea Bychowsky, 1937

Family Dactylogyridae Bychowsky, 1933

Curvianchoratus Hanek, Molnar & Fernando 1974

Curvianchoratus singularis (Suriano, 1980) Suriano, 1986 (Fig. 10)

Sítio de infecção: Brânquias

Número total de parasitos: 17

Prevalência: 20,8%

Amplitude da intensidade: 1 - 3

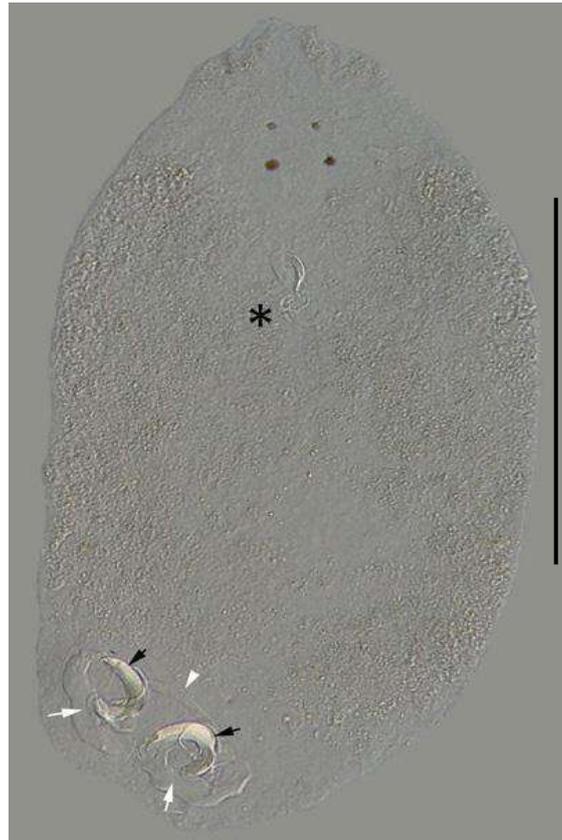
Intensidade média: 1,55 (1,09-2,00)

Abundância Média: 0,32 (0,15-0,53)

Espécimes depositados: CHIOC n° XXX

Descrição baseada em 10 exemplares. Corpo alongado, achatado dorso-ventralmente, apresentando região anterior com três pares de lobos cefálicos bem desenvolvidos, um terminal e dois laterais. Olhos presentes, em número de quatro, arrançados em dois pares, sendo o posterior maior que o anterior. Faringe oval, muscular, bem desenvolvida. Haptor dividido em dois lobos; apresenta um par de âncoras ventrais conectadas pela barra ventral e um par de âncoras dorsais conectados pela barra dorsal; barra ventral em forma de M ou U, âncoras ventrais características de Dactylogyridae, raiz superficial bem desenvolvida, raiz profunda moderadamente desenvolvida, haste longa e ponta reta; âncoras dorsais complexas, modificadas e compostas por 2 subunidades: subunidade dorso-mediana e subunidade dorsal. A subunidade dorso-mediana apresenta raízes bem diferenciadas, a subunidade dorsal é alongada, com raiz profunda bem desenvolvida; sete pares de ganchos marginais. Complexo copulatório formado pelo órgão copulatório masculino (OCM) tubular, com uma volta e meia no sentido horário e peça acessória articulada, em forma de pinça, com 2 subunidades.

Figura 10 - *Curvianchoratus singularis* (Suriano, 1980) Suriano, 1986. Total. Mostrando Complexo copulatório formado pelo órgão copulatório masculino (OCM) tubular, com uma volta e meia no sentido horário e peça acessória articulada, em forma de pinça, com 2 subunidades (asterisco); região do haptor mostrando âncoras dorsais complexas, modificadas e compostas por 2 subunidades: subunidade dorso-mediana (seta preta) e subunidade dorsal (seta branca); Barra ventral (cabeça de seta branca). Barra: 100µm.



Comentários: *Curvianchoratus singularis* foi descrita originalmente no gênero *Notodiplocerus* parasitando as brânquias de *Cyphocharax gilbert* (= *Pseudocurimata gilberti*) por Suriano (1980) na Lagoa Chascomus, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Posteriormente, a espécie foi transferida para o gênero *Curvianchoratus* por Suriano (1986). A espécie foi redescrita na Argentina, na localidade tipo em um hospedeiro congenero, *C. voga* por Rossin & Timi (2016). Vieira *et al.* (2013) referiram a espécie no Brasil, no rio Peixe, estado de São Paulo. Nessa oportunidade, a espécie está sendo referida pela primeira vez em *Psectogaster amazonica* e a bacia do Tocantins Araguaia representa uma nova localidade.

***Cacatuocotyle* Boeger, Domingues e Kritsky, 1997**

***Cacatuocotyle* sp. (Fig. 11)**

Sítio de infecção: Brânquias

Número total de parasitos: 03

Prevalência: 5,2%

Amplitude da intensidade: 1

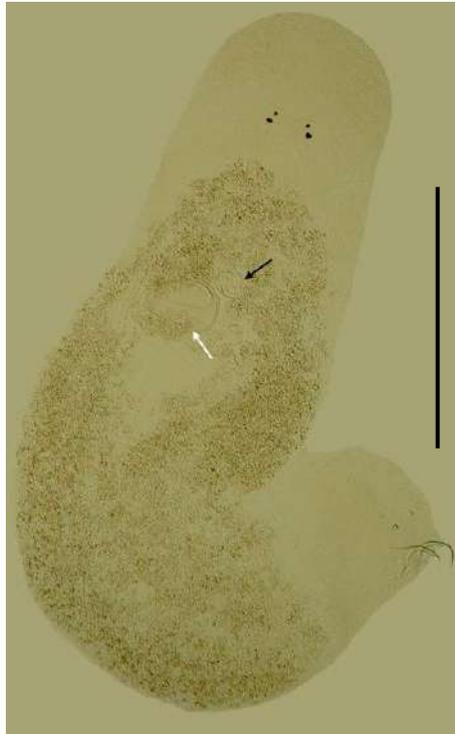
Intensidade média: 0,06

Abundância Média: 1

Espécimes depositados: CHIOC nº XXX

Corpo alongado, robusto. Região cefálica ampla, lobo cefálico bem definido; Três pares de glândulas cefálicas. Olhos em número de quatro, arranjados em dois pares, sendo o par posterior maior que o anterior. Haptor sub-hexagonal, com um par de âncoras ventrais, cada uma com raiz superficial alongada e raiz profunda ampla; Barra vetral reta; Ganchos similares, arranjados na margem do haptor. Complexo copulatório composto por OCM tubular, com 5 voltas e meia, no sentido anti-horário e peça acessória curta. Germário oval. Vagina alongada, fina, esclerotizada, abrindo-se na superfície dorsal, próximo a margem.

Figura 11 - *Cacatuocotyle* sp. Total. Complexo copulatório composto por OCM tubular, com 5 voltas e meia, no sentido anti-horário e peça acessória curta (seta preta); Ovo (seta branca); Região do haptor mostrando um par de âncoras (asterisco). Barra: 100µm.



Comentários: *Cacatuocotyle* Boeger, Domingues & Kritsky, 1997, foi proposto para *C. paranaensis* Boeger, Domingues & Kritsky, 1997, parasitando *Characidium lanei* Travassos, 1967 e *Characidium pterostictum* Gomes, 1947 nos rios Cacatu e 2 de fevereiro, no estado do Paraná; que incluía as seguintes características diagnósticas: vagina com abertura sinistral, haptor com margem anterior muscular. Um par de âncoras ventrais, sete pares de ganchos marginais e redução no número e complexidade de órgãos cefálicos (Boeger et al., 1997). Até o presente são conhecidas quatro espécies de *Cacatuocotyle*: *Cacatuocotyle guaibensis* Gallas, Callegaro-Marques & Amato, 2014, descrita de espécimes de *Astyanax* aff. *fasciatus* e *Astyanax jacuhiensis* (Cope, 1894) do Lago Guaíba, no estado do Rio Grande do Sul (Gallas et al., 2014). Posteriormente, duas espécies foram descritas no México: *Cacatuocotyle chajuli* Mendoza-Franco, Caspeta-Mandujano e Salgado-Maldonado, 2013 e *Cacatuocotyle exiguum* Mendoza-Franco, Caspeta-Mandujano e Salgado-Maldonado, 2013, parasitando *Astyanax aeneus* (Gunther, 1860) da Bacia de La cantun na reserva de Montes Azules, no estado de Chiapas (Mendoza-Franco et al., 2013). Recentemente, Zago et al. (2018) descreveram *Cacatuocotyle papilionis* de *Astyanax lacustris* (Lutken, 1875) (= *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski,

2000) e *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819) do rio Sapucaí-Mirim, estado de São Paulo. Os caracteres morfológicos dos espécimes encontrados em *P. amazonica* no presente estudo estão de acordo com as características genéricas para *Cacatuocotyle* e estudos adicionais serão realizados para identificação específica.

Urocleidoides Mizelle e Price, 1964

Urocleidoides triangulus (Suriano, 1981) Rossin e Timi, 2016 (Fig. 12)

Sítio de infecção: Brânquias

Número total de parasitos: 28

Prevalência: 15,1%

Amplitude da intensidade: 1-8

Intensidade média: 3,5 (1,75-5,25)

Abundância Média: 0,53 (0,21-1,13)

Espécimes depositados: CHIOC n° XXX

Descrição baseada em 10 espécimes: Corpo pequeno, delicado. Região anterior apresentando um par de lobos cefálicos. Olhos presentes. Faringe arredondada, muscular. Haptor hexagonal. Âncoras ventrais com raízes diferenciadas: raiz superficial alongada e raiz profunda curta; haste mais larga na região próxima à base, estreitando-se em direção à ponta; ponta curta e recurvada. Âncoras dorsais com raiz superficial bem desenvolvida e raiz profunda pouco desenvolvida; haste com base mais larga, estreitando-se em direção a ponta; ponta recurvada. Barra ventral reta, com extremidades direcionadas anteriormente. Barra dorsal robusta, em forma de Y, com uma projeção póstero-mediana proeminente. Ganchos diferentes na forma e tamanho; pares 1, 5 e 7 reduzidos no tamanho. Complexo copulatório composto de OCM enrolado com $\frac{1}{2}$ volta e a peça acessória não é conectada ao OCM, localizando-se na porção distal do mesmo; peça acessória complexa, composta de 2 subunidades. Esclerito vaginal presente, composto de uma haste curvada. Vitelinos espalhados por todo o tronco, ausente nas regiões dos órgãos reprodutores.

Figura 12: *Urocleidoides triangulus* (Suriano, 1981) Rossin e Timi, 2016. Total. Mostrando complexo copulatório (asterisco); região do haptor com ancoras ventrais (seta preta); ancoras dorsais (seta branca); Barra ventral (cabeça de seta). Barra: 100 μ m



Comentários: *Urocleidoides triangulus* foi descrita por Suriano (1981) como *Androspira triangula* da Lagoa de Chascomus, Argentina e posteriormente referida como *Palombitrema triangulum* (Suriano, 1997). Rossin & Timi (2016) transferiram a espécie para *Urocleidoides* uma vez que a morfologia das estruturas do haptor e do complexo copulatório não estão de acordo com a diagnose genérica de *Palombitrema* Price & Bussing, 1968, referindo-a em *C. voga* da localidade tipo. O presente material apresenta o OCM articulado a peça acessória e possui um esclerito vaginal, que, de acordo com Kritsky *et al.* (1986), é um caracter diagnóstico de *Urocleidoides* Mizelle & Price 1964. Recentemente, Rosim *et al.* (2011), postularam que a presença de barra ventral com extremidades alargadas também é um caracter que poderia ser considerado como diagnostico para o gênero. Nessa oportunidade, a espécie está sendo referido

pela primeira vez em *Psectogaster amazonica* e a bacia do Tocantins Araguaia representa uma nova localidade.

***Urocleidoides* sp. 1 (Fig. 13)**

Sítio de infecção: Brânquias

Número total de parasitos: 7

Prevalência: 11,3%

Amplitude da intensidade: 1-2

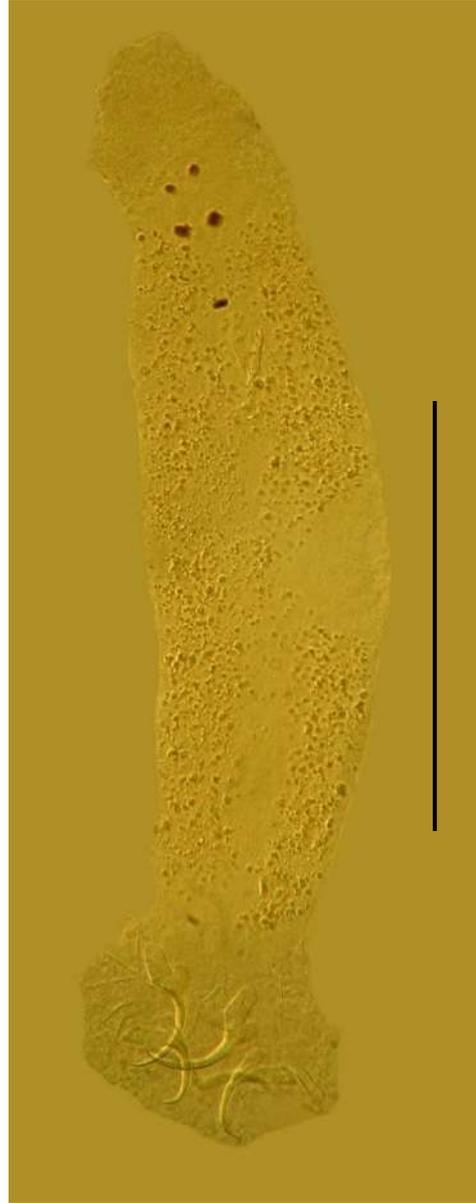
Intensidade média: 1,17 (1,00-1,33)

Abundância Média: 0,13 (0,04-0,25)

Espécimes depositados: CHIOC n° XXX

Descrição baseada em 07 espécimes: Corpo fusiforme, longo, robusto. Lobos cefálicos pouco desenvolvidos, dois pares de manchas ocelares, sendo o par posterior maior que o anterior. Faringe esférica. Haptor sub-hexagonal, apresenta um par de âncoras ventrais conectadas pela barra ventral e um par de âncoras dorsais conectados pela barra dorsal. As âncoras ventrais apresentam raiz superficial desenvolvida e raiz profunda inconspícua, haste longa e recurvada e ponta curta. As âncoras dorsais, menores que as ventrais, apresentam raiz superficial bem definida e longa, raiz profunda mais curta, haste recurvada e curta e ponta curta. Barra ventral reta com projeção posteromediana longa; barra dorsal ligeiramente arqueada, com as extremidades arredondadas. Sete pares de ganchos marginais presentes no haptor, sendo cinco pares ventrais e dois pares dorsais, de tamanho similar, cada um apresentando ponta curvada, haste dilatada. O complexo copulatório masculino é formado pelo órgão copulatório masculino (OCM), constituído de um tubo reto e uma peça acessória bifurcada, que serve de guia para o OCM. Gônadas sobrepostas. Vagina ventral, um tubo bem desenvolvido, fortemente esclerotizada, com uma membrana formando uma capa na extremidade distal. Vitelinos espalhados por todo o tronco, ausente nas regiões dos órgãos reprodutores.

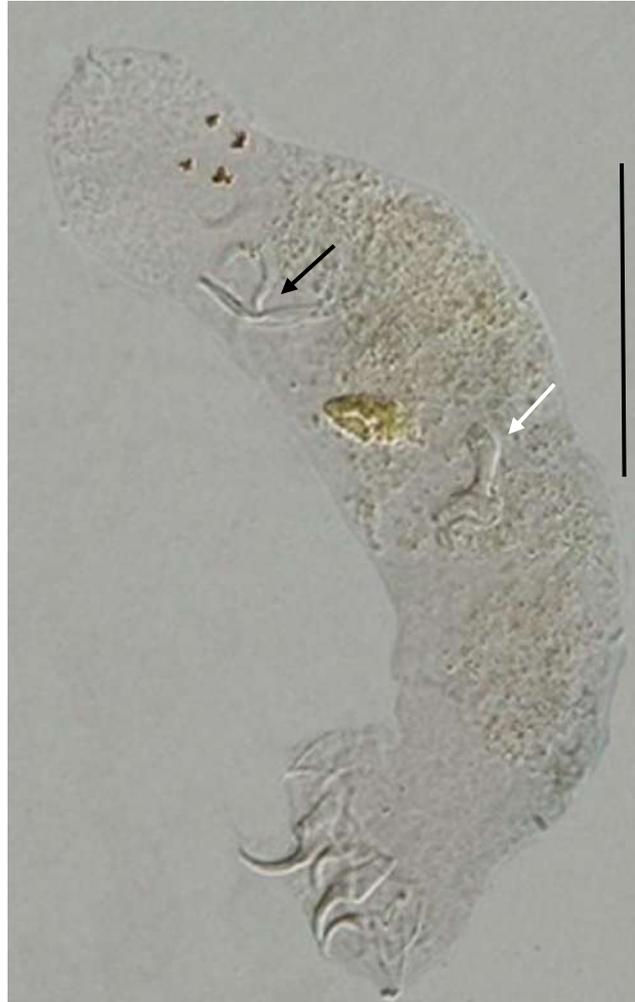
Figura 13: *Urocleidoides* sp.1 Total. Barra: 100µm



Urocleidoides* sp. 2 (Fig. 14)*Sítio de infecção:** Brânquias**Número total de parasitos:** 3**Prevalência:** 3,8%**Amplitude da intensidade:** 1-2**Intensidade média:** 1,50 (1,00-1,5)**Abundância Média:** 0,06 (0 - 0,19)**Espécimes depositados:** CHIOC n° XXX

Descrição baseada em 03 espécimes: Corpo fusiforme, longo, robusto. Lobos cefálicos pouco desenvolvidos, dois pares de manchas ocelares, sendo o par posterior maior que o anterior. Faringe esférica. Haptor sub-hexagonal, apresenta um par de âncoras ventrais conectadas pela barra ventral e um par de âncoras dorsais conectados pela barra dorsal. As âncoras ventrais apresentam raiz superficial desenvolvida e raiz profunda inconspicua, haste longa e recurvada e ponta curta. As âncoras dorsais, menores que as dorsais, apresentam raiz superficial bem definida e longa, raiz profunda mais curta, haste recurvada e curta e ponta curta. Sete pares de ganchos marginais presentes no haptor, sendo cinco pares ventrais e dois pares dorsais, de tamanho similar, cada um apresentando ponta curvada, haste dilatada. O complexo copulatório masculino é formado pelo órgão copulatório masculino (OCM), constituído de um tubo reto e uma peça acessória bifurcada, que serve de guia para o OCM. Gônadas sobrepostas. Vagina ventral, um tubo bem desenvolvido, fortemente esclerotizada, com uma membrana formando uma capa na extremidade distal. Vitelinos espalhados por todo o tronco, ausente nas regiões dos órgãos reprodutores.

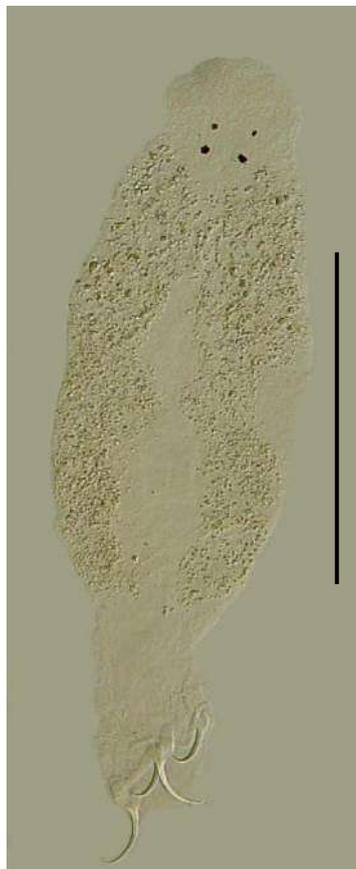
Figura 14: *Urocleidoides* sp.2 Total. Mostrando o órgão copulatório masculino (OCM), constituído de um tubo reto e uma peça acessória bifurcada, que serve de guia para o COM (seta preta). Vagina ventral, fortemente esclerotizada, com uma membrana formando uma capa na extremidade distal (seta branca). Barra: 100µm.



Comentários: Segundo Moreira *et al.* (2015), 18 espécies validas de *Urocleidoides* são reconhecidas, todas descritas de peixes de água doce da região neotropical das ordens Characiformes, Cyprinodontiformes e Gymnotiformes. Nesse trabalho, os autores descreveram duas novas espécies de *Urocleidoides*. Posteriormente, mais três espécies foram descritas da América do Sul, América Central e México (Mendoza-Franco *et al.* 2015; Rossin & Timi 2016). *Urocleidoides* sp. coletada de *P. amazonica* no presente trabalho é alocada no gênero por apresentar esclerito vaginal. Os exemplares estão sendo estudados para definição específica do material

Dactylogyridae gen. sp. (Fig. 15)**Sítio de infecção:** Brânquias**Número total de parasitos:** 21**Prevalência:** 20%**Amplitude da intensidade:** 1 - 3**Intensidade média:** 1,55 (1,09-2,00)**Abundância Média:** 0,32 (0,15-0,53)**Espécimes depositados:** CHIOC no XXX

Descrição baseada em 10 espécimes: Corpo delicado, região anterior com três pares de lobos cefálicos: dois laterais e 1 terminal. Olhos presentes, em número de quatro, par posterior maior. Haptor sub-hexagonal, âncoras dissimilares no tamanho e similares na forma, com raízes bem diferenciadas, haste pouco curvada e ponta curta. barra ventral reta; barra dorsal arqueada; sete pares de ganchos marginais, sendo 5 ventrais e 2 dorsais, similares na forma e dissimilares no tamanho. Complexo copulatório composto de OCM tubular e reto e peça acessória articulada.

Figura 15: Dactylogyridae gen. sp.1 Total. Barra: 100µm

Comentários: *Annulotrematoides amazonicus* foi descrita por Kritsky e Boeger (1995) parasitando *Psectrogaster rutiloides* na região Amazônica, constituindo a única espécie de Monogenea descrita em hospedeiros *Psectrogaster*. Dactylogyridae gen. sp. apresenta características morfológicas similares às das espécies de *Annulotrematoides*. Os exemplares estão sendo estudados para definição específica do material.

5.4 DISCUSSÃO

Até o momento, 15 espécies de monogenoideos foram registradas na Bacia do Araguaia-Tocantins. *Potamotrygonocotyle aramasae* Domingues, Pancera & Marques, 2007, *Potamotrygonocotyle chisholmae* Domingues & Marques, 2007, *Potamotrygonocotyle dromedarius* Domingues & Marques, 2007, *Potamotrygonocotyle rarum* Domingues Pancera & Marques, 2007, *Potamotrygonocotyle tocantinsense* Domingues e Marques 2010, *Potamotrygonocotyle septemcotyle* Domingues & Marques 2010, *Potamotrygonocotyle auriculocotyle* Domingues & Marques 2010 parasitos de arraias (Potamotrygonidae); *Scleroductus angularis* parasitos de *Pseudoplatystoma fasciatum*; *Euryhaliotrema dontykoleos* parasitos de *Pachyurus junki*; *Anoplectanum haptorodynatum* e *Diplectanum copiosum* parasitos de *Pachyurus junki* e *Petilipinnis grunniens*; *Phanerothecium harrisi* Kritsky & Boeger, 1991, *Phanerothecium spinatoides* Kritsky, Vianna & Boeger, 2007 e *Phanerothecioides agostinhoi* Kritsky, Vianna & Boeger, 2007 parasitos de *Hypostomus* sp. e *Demidospermus pinirampi* (Kritsky, Thatcher and Boeger, 1987) parasitando *Pimelodina flavipinnis* (Fehlauer & Boeger 2005; Boeger et al. 2006; Domingues & Marques 2007; Domingues & Marques 2011; Kritsky et al. 2007; Kritsky et al. 2013; Aguiar et al. 2017).

Neste estudo seis espécies de Monogenoidea foram encontradas parasitando *P. amazonica*, destas, duas espécies já são conhecidas, *C. singularis* e *U. triangulus* que nessa oportunidade são referidas pela primeira vez parasitando *P. amazonica* e a bacia do Araguaia-Tocantins representa um novo registro de distribuição geográfica para essas espécies de parasitos. As demais espécies encontradas requerem maiores estudos para confirmação genérica e específicas, sendo provavelmente novas para ciência. Com isso conclui-se que apesar dos esforços dos taxonomistas em ampliar o conhecimento da diversidade de Monogenoidea parasitos de peixes em bacias hidrográficas da região Neotropical, muitos estudos ainda são necessários tendo em vista a grande diversidade hospedeira e conseqüentemente de parasitos.

5.5 CONCLUSÃO

Este é o primeiro estudo de diversidade de Monogenoidea em *P. amazonica* proveniente da bacia hidrográfica do Rio Tocantins. A comunidade parasitária componente de *P. amazonica* foi caracterizada por alta diversidade de espécies, porém apresentou baixos índices de intensidade e abundância. Fato este, que pode estar atribuído a época em que os hospedeiros foram adquiridos, sendo necessário novas coletas nos meses correspondentes a cheia do rio. Quatro espécies estão sendo estudadas para uma correta identificação taxonômica e provavelmente serão novas para ciência.

REFERÊNCIAS

- Acosta, A.A., Queiroz, J., Brandão, H., Carvalho, E.D., Silva, R.J. (2013) Helminths of *Steindachnerina insculpta* in two distinct stretches of the Taqueri River, state of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 22, 539–547.
- Boeger, W.A. & Vianna, R.T. (2006) Monogenoidea. In Thatcher, V.E. Amazon Fish Parasites. Pensoft Publishers, Sofia, pp. 42–116.
- Aguiar, J.C, Bueno, G.B.F., Santos, S.M.C., Adriano, E.A. (2017) Supplementary taxonomic description of *Demidospermus pinirampi* (Monogenoidea, Dactylogyridae), with a new host record and an expansion of its distribution range. *Acta Amaz.*, 47, 355-358.
- Boeger, W.A., Domingues, M.V. & Kritsky, D.C. (1997) Neotropical Monogenoidea. 32. *Cacatuocotyle paranaensis* n. g., n. sp. (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae) from *Characidium* spp. (Teleostei, Characidae) from the State of Parana, Brazil. *Systematic Parasitology*, 36, 75–78.
- Boeger, W.A.; Vianna, R.T. Monogenoidea. (2006) In THATCHER, V.E. Amazon Fish Parasites. Pensoft Publishers, Sofia, 42-116.
- Boeger, W.A.; Fehlaue, K.H.; Marques, E.E. (2006) Neotropical Monogenoidea. 49. Four new species of the Diplectanidae (Dactylogyrynea) from the gills of some pachyurines (Teleostei: Sciaenidae) from the Rio Tocantins and Rio Doce Basins, with proposal of *Anoplectanum* n.g. and *Spinomatrix* n.g. *Syst. Parasitol.*, 64, 57-68.

Brasil. Ministério de Minas e Energia. Relatório diagnóstico do município de imperatriz. 2011. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/15501/rel-imperatriz.pdf?sequence=1>> Acesso em 06 de novembro de 2018.

Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M. & Shostak, A.W. (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4), 575–583.

Ceschini, T.L., Takemoto, R.M., Yamada, F.H., Moreira, L.H.A. & Pavanelli, G.C. (2010) *Paranaella luquei* (Monogenea: Microcotylidae), an ectoparasite from the gills of *Steindachnerina brevipinna*, in the tributaries Corvo and Guairaca, Paranapanema River, Parana, Brazil. *Helminthology*, 47, 29–32.

Cohen, S.C., Kohn, A. & Boeger, W. A. (2012) Neotropical Monogenoidea. 57. Nine new species of Dactylogyridae (Monogenoidea) from the gill of *Salminus brasiliensis* (Characidae, Characiformes) from the Parana River, State of Parana, Brazil. *Zootaxa*, 3049, 57–68.

Domingues, M.V. & Boeger, W.A. (2005) Neotropical Monogenoidea. 46. Phylogeny and coevolution of species of *Rhinoxenus* (Monogenoidea, Ancyrocephalinae) and their Characiformes hosts (Teleostei, Ostariophysi) with description of four new species. *Zoosystema*, 27, 441–467.

Domingues M.V. & Marques F.P.L. (2007) Revision of *Potamotrygonocotyle* Mayes, Brooks & Thorson, 1981 (Platyhelminthes: Monogenoidea: Monocotylidae) with descriptions of four new species from the gills of freshwater stingrays, *Potamotrygon* spp. (Rajiformes: Potamotrygonidae) from the La Plata river basin. *Syst. Parasitol.*, 67, 157-174

Domingues, M.V.; Marques, F.P.L. (2011) Phylogeny and taxonomy of *Potamotrygonocotyle* Mayes, Brooks & Thorson, 1981 (Monogenoidea: Monocotylidae) with a description of four new species. *J. Helminthol.*, 85, 353-380.

Fehlauer, K.F.; Boeger, W.A. (2005) Neotropical Monogenoidea: *Euryhaliotrema dontykoleos* n.sp. (Dactylogyridae) from the gills of the freshwater sciaenid *Pachyurus junki* (Perciformes). *J. Parasitol.*, 91, 1025-1027.

Gallas, M., Calegario-Marques, C. & Amato, S.B. (2014) A new species of *Cacatuocotyle* (Monogenea, Dactylogyridae) parasitizing two species of *Astyanax* (Ostariophysi, Characidae) in Southern Brazil. *Acta Parasitologica*, 59, 638–642.

Kritsky, D.C. & Boeger, W.A. (1995) Neotropical Monogenoidea. 26. *Annulotrematoides amazonicus*, new genus and species (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae), from the gills of *Psectrogaster rutiloides* (Kner) (Teleostei: Characiformes: Curimatidae) from the Brazilian Amazon. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 108, 528-532.

Kritsky, D.C., Thatcher, V.E. & Boeger, W.A. (1986) Neotropical Monogenea. 8. Revision of *Urocleidoides* (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 53, 1–37.

Kritsky, D.C., Vianna, R.T. & Boeger, W.A. (2007) Neotropical Monogenoidea. 50. Oviparous gyrodactylids from loricariid and pimelodid catfishes in Brazil, with the proposal of *Phanerothecioides* n. g., *Onychogyrodactylus* n. g. and *Aglaiogyrodactylus* n. g. (Polyonchoinea: Gyrodactylidea). *Sys. Parasitol.*, 66, 1-34.

Kritsky, D.C., Boeger, W.A., Mendoza-Franco, E.F. & Vianna, R. (2013) Neotropical Monogenoidea. 57. Revision and phylogenetic position of *Scleroductus* Jara & Cone, 1989 (Gyrodactylidae), with descriptions of new species from the Guatemalan chulin *Rhamdia guatemalensis* (Gunther) (Siluriformes: Heptapteridae) in Mexico and the barred sorubim *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus) (Siluriformes: Pimelodidae) in Brazil. *Sys. Parasitol.*, 84, 1-15.

Lima, F.C.T & Caires, R.A. (2011) Peixes da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, bacias dos Rios Tocantins e São Francisco, com observações sobre as implicações biogeográficas das “águas emendadas” dos Rios Sapão e Galheiros. *Biota Neotropical*, 11(1), 231-250.

Mendoza-Franco, E.F., Caspeta-Mandujano, J.M., Salgado-Maldonado, G. & Matamoros, W.A. (2015) Two new species of *Urocleidoides* Mizelle et Price, 1964 (Monogenoidea) from

the gill lamellae of profundulids and poeciliids from Central America and southern Mexico. *Folia Parasitologica*, 62, 059. [https://doi: 10.14411/fp.2015.059](https://doi.org/10.14411/fp.2015.059).

Mendoza-Franco, E.F., Caspeta-Mandujano, J.M. & Salgado-Maldonado, G. (2013) New species of *Cacatuocotyle* (Monogenoidea, Dactylogyridae) parasitizing the anus and the gill lamellae of *Astyanax aeneus* (Pisces, Ostariophysi: Characidae) from the Rio Lacantun basin in the Biosphere Reserve of Montes Azules, Chiapas, Mexico. *Parasitology Research*, 12, 199–205.

Moreira, J, Scholz, T. & Luque, J.L. (2015) First data on the parasites of *Hoplias aimara* (Characiformes): description of two new species of gill monogeneans (Dactylogyridae). *Acta Parasitologica*, 60(2), 254–260.

Rosim, D.F., Mendoza-Franco, E.F. & Luque, J.L. (2011) New and previously described species of *Urocleidoides* (Monogenoidea: Dactylogyridae) infecting the gills and nasal cavities of *Hoplias malabaricus* (Characiformes: Erythrinidae) from Brazil. *The Journal of Parasitology*, 97, 406–417.

Rosin, M.A.; Timi, J.T. (2014). Characithecium (Monogenoidea: Dactylogyridae) parasitic on the Neotropical fish *Oligosarcus jenynsii* (Teleostei: Characidae) from the Pampasic region, Argentina, with the emendation of the genus. *Zootaxa*, 3893(3), 382.

Rosin, M.A. & Timi, J.T. (2016) Dactylogyrid monogeneans parasitising *Cyphocharax voga* (Hensel) (Teleostei: Curimatidae) from the Pampas region, Argentina: new and previously described species. *Systematic Parasitology*, 93(7), 701–714.

Suriano, D.M. (1980) *Notodiplocerus singularis* gen. et sp. Nov (Monogenea, Ancyrocephalinae) parasita de las branquias de *Pseudocurimata gilberti* (Pisces: Tetragonopteridae) de La Laguna de Chascomus, Republica Argentina. *Neotropica*, 26, 131-143.

Suriano, D.M. (1981) *Androspira* gen.nov. (Monogenea, Ancyrocephalinae) parasita branquial de *Pseucurimata gilberti* (Quoy and Gaimard, 1824) Fernandez-Yepe, 1948 (Pisces: Tetragonopteridae) de la Laguna de Chascomus Republica Argentina. *Neotropica*, 27, 67–78.

Suriano, D.M. (1986) *Philocorydoras platensis* gen. et sp. n. (Monogenea: Ancyrocephalidae) from *Corydoras paleatus* (Jenyns) (Pisces: Callichthyidae) in Laguna Chascomus, República Argentina. *Helminthologia*, 23, 249–256.

Suriano, D.M. (1997) *Palombitrema heteroancistrum* Price & Bussing, 1968 (Monogenea: Ancyrocephalidae) from *Astyanax (A.) fasciatus fasciatus* (Cuvier, 1819) (Pisces: Characidae) in Chascomus Lake, Argentina: Anatomy and systematic position. *Physis – Sección B – las aguas continentales y sus organismos*, 53, 7–10.

Vari, R.P. (1989) Systematics of the neotropical characiform genus *Psectrogaster* Eigenmann and Eigenmann (Pisces: Characiformes). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 481, 43 pp.

Vieira, D.H., Caramello, L.E., Abdallah, V.D., Silva, R.J., Azevedo, R.K. (2013) Community ecology of metazoan parasites of the sairú *Cyphocharax nagelii* from the Peixe River. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 22: 611-615.

Yamaguti, S. (1963) *Systema helminthum*. Volume IV. New York: Interscience Publishers, 699 pp.

Yamaguti, S. (1968) *Monogenetic tremadotes of Hawaiian fishes*. Honolulu: University of Hawaii Press, 288pp.

Zago, A. C., Franceschini, L., Müller, M. I. & Silva, R. J. (2018) A new species of *Cacatuocotyle* (Monogenea, Dactylogyridae) parasitizing *Astyanax* spp. (Characiformes, Characidae) from Brazil, including molecular data and a key to species identification. *Acta Parasitologica*, 63(2), 261–269.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies capturadas no Rio Tocantins demonstram diferentes tipos de lesões brânquias sendo as mais comuns hiperplasia, fusão lamelar e destacamento do epitélio. As lesões apesar de ter um Índice de Órgão relativamente baixo, indicam que os peixes coletados desenvolveram mecanismos de defesa contra a ação de estressores presentes na água do Rio Tocantins-MA e um provável desequilíbrio entre organismo e ambiente. A espécie *P. amazonica* demonstrou estar parasitada por pelo menos cinco espécies de Monogenea, sendo registrada o ineditismo como um novo hospedeiro para *C. singularis* e *U. triangulum*, espécies estas observados pela primeira vez na bacia do Tocantins Araguaia.