

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**  
**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**Morfologia e Histoquímica do Tubo Digestivo  
de Mapará *Hypophthalmus marginatus***

**Roger Franzoni Pozzer**

Jaboticabal, SP  
2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**  
**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**Morfologia e Histoquímica do Tubo Digestivo  
de Mapará *Hypophthalmus marginatus***

**Roger Franzoni Pozzer**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Vicentini**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal, SP  
2015

Pozzer, Roger Franzoni  
P893f Fenologia, morfologia e histoquímica do tubo digestivo de Mapará  
*Hypophthalmus marginatus* / Roger Franzoni Pozzer. – – Jaboticabal,  
2015  
iii, 51 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro  
de Aquicultura, 2015  
Orientador: Carlos Alberto Vicentini  
Banca examinadora: João Paulo Mardegan Issa, Silvana Martinez  
Baraldi Artoni  
Bibliografia

1. Epitélio de Revestimento. 2. Mucossustâncias. 3. Peixes  
Neotropicais. 4. Peixes Planctófagos. 5. Trato Digestório. I. Título. II.  
Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.04

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço  
Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

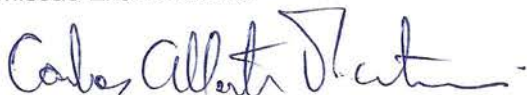
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** "Morfologia e Histoquímica do Tubo Digestivo de Mapará *Hypophthalmus marginatus*"

**AUTOR:** ROGER FRANZONI POZZER

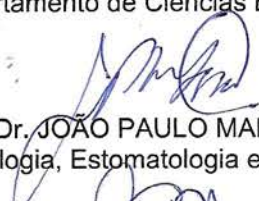
**ORIENTADOR:** Prof. Dr. CARLOS ALBERTO VICENTINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Aquicultura , pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CARLOS ALBERTO VICENTINI

Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauru



Prof. Dr. JOÃO PAULO MARDEGAN ISSA

Morfologia, Estomatologia e Fisiologia / Universidade de São Paulo



Profa. Dra. SILVANA MARTINEZ BARALDI ARTONI

Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 20 de fevereiro de 2015.

## SUMÁRIO

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Sumário .....</b>                                             | <b>i</b>   |
| <b>Lista de Abreviações .....</b>                                | <b>iii</b> |
| <b>Agradecimentos.....</b>                                       | <b>1</b>   |
| <b>Resumo .....</b>                                              | <b>3</b>   |
| <b>Abstract .....</b>                                            | <b>4</b>   |
| <b>1. Introdução .....</b>                                       | <b>5</b>   |
| <b>1.1. Características do tubo digestivo de peixes .....</b>    | <b>6</b>   |
| 1.1.1. Esôfago .....                                             | 7          |
| 1.1.2. Estômago .....                                            | 8          |
| 1.1.3. Intestino .....                                           | 10         |
| <b>1.2. Características do Gênero <i>Hypophthalmus</i> .....</b> | <b>11</b>  |
| 1.2.1. Aspectos biológicos.....                                  | 11         |
| 1.2.2. Aspectos Econômicos.....                                  | 12         |
| 1.2.3. Potencial para Atividade Produtiva .....                  | 14         |
| <b>2. Objetivos.....</b>                                         | <b>15</b>  |
| <b>3. Material e Métodos .....</b>                               | <b>16</b>  |
| <b>3.1. Coleta de Exemplares .....</b>                           | <b>16</b>  |
| <b>3.2. Anatomia Macroscópica .....</b>                          | <b>16</b>  |
| <b>3.3. Microscopia Óptica.....</b>                              | <b>17</b>  |
| <b>3.4. Histoquímica de mucossustâncias .....</b>                | <b>17</b>  |
| <b>4. Resultados .....</b>                                       | <b>19</b>  |
| <b>4.1. Bucofaringe.....</b>                                     | <b>19</b>  |
| <b>4.2. Esôfago .....</b>                                        | <b>19</b>  |
| 4.2.1. Camada Mucosa .....                                       | 20         |
| 4.2.2. Camada Submucosa .....                                    | 20         |
| 4.2.3. Camada Muscular.....                                      | 21         |
| 4.2.4. Camada Serosa .....                                       | 21         |
| 4.2.5. Região de Transição Esôfago/Estômago .....                | 21         |
| <b>4.3. Estômago .....</b>                                       | <b>22</b>  |
| 4.3.1. Camada Mucosa .....                                       | 22         |
| 4.3.2. Camada Submucosa .....                                    | 23         |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 4.3.3. Camada Muscular .....  | 24        |
| 4.3.4. Serosa .....           | 24        |
| <b>4.4. Intestino.....</b>    | <b>24</b> |
| 4.4.1. Camada Mucosa .....    | 25        |
| 4.4.2. Camada Submucosa ..... | 27        |
| 4.4.3. Camada Muscular .....  | 27        |
| 4.4.4. Camada Serosa .....    | 28        |
| <b>5. Discussão.....</b>      | <b>36</b> |
| <b>6. Conclusão .....</b>     | <b>43</b> |
| <b>7. Referências .....</b>   | <b>44</b> |

## LISTA DE ABREVIACÕES

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ab  | – Arcos branquiais                           |
| AB  | – Alcian blue                                |
| AT  | – Azul de toluidina                          |
| ca  | – Região cárdica estômago                    |
| cc  | – Células caliciformes                       |
| ce  | – Células epiteliais                         |
| co  | – Células oxíntopépticas                     |
| cma | – Curvatura gástrica maior                   |
| cme | – Curvatura gástrica menor                   |
| db  | – Ducto Biliar                               |
| en  | – Enterócito                                 |
| ep  | – Epitélio                                   |
| es  | – Esôfago                                    |
| et  | – Estômago                                   |
| fb  | – Filamentos branquiais                      |
| fi  | – Fígado                                     |
| fu  | – Região fúngica do estômago                 |
| gg  | – Glândulas gástricas                        |
| HE  | – Hematoxilina e Eosina                      |
| ia  | – Intestino Anterior                         |
| im  | – Intestino Médio                            |
| ip  | – Intestino Posterior                        |
| lu  | – Lúmen                                      |
| mce | – Camada muscular circular externa           |
| mci | – Camada muscular circular interna           |
| mle | – Camada muscular longitudinal externa       |
| mli | – Camada muscular longitudinal interna       |
| mm  | – muscular da mucosa                         |
| PAS | – Reação ácido periódico e reativo de Schiff |
| pg  | – Pregas longitudinais                       |
| pi  | – Região pilórica do estômago                |
| rb  | – Rastros branquiais                         |
| rt  | – Reto                                       |
| se  | – Camada serosa                              |
| sm  | – Camada submucosa                           |

## AGRADECIMENTOS

Ao **Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP)**, *Campus* de Jaboticabal, pela oportunidade de dar continuidade à minha formação profissional.

Ao **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES**, pela concessão da bolsa de Pós-Graduação em nível de Mestrado.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP**, pelo financiamento do projeto de pesquisa intitulado “Cultivo do Mapará e do Camarão da Amazônia em Sistemas Multiespaciais e Multitróficos” (Número de Processo: 2010/51271-6), a partir do qual foi desenvolvido o presente trabalho de Dissertação de Mestrado, considerando a carência de informações referentes à morfologia e histoquímica do tubo digestivo de *Hypophthalmus marginatus*.

Aos **Docentes** do CAUNESP, *Campus* de Jaboticabal, do Departamento de Ciências Biológicas, da Faculdade de Ciências, *Campus* de Bauru e demais *Campi* da UNESP que participaram de minha formação científica.

Ao **Laboratório de Morfologia de Organismos Aquáticos – LAMOA**, do Departamento de Ciências Biológicas, da Faculdade de Ciências da UNESP – *Campus* de Bauru, pela infraestrutura oferecida para o desenvolvimento do trabalho de Mestrado vinculado ao projeto de pesquisa patrocinado pela FAPESP.

Ao meu Orientador, **Prof. Dr. Carlos Alberto Vicentini**, pela confiança, orientação e grandes ensinamentos proporcionados durante o curso de Mestrado.

Aos **Companheiros e Amigos do LAMOA**, em especial os doutorandos **Claudemir Kuhn Faccioli, Renata Alari Chedid e Ricardo Hideo Mori**, pela paciência, ajuda, experiências e conhecimentos compartilhados, os quais foram essenciais à execução deste trabalho.

À **Edifrigo Comercial e Industrial Ltda.** e **funcionários**, por disponibilizar o barco de apoio e toda estrutura necessária para realização da coleta em Santarém/PA.

À toda minha **Família**, em especial a meu pai, **Edio Pozzer**, pelos ensinamentos, amizade, apoio e encorajamento, que foram fundamentais não apenas nesta jornada, mas durante toda a minha vida.

A todos que de alguma maneira estiveram presentes e contribuíram para realização deste projeto.

**Muito obrigado.**

## RESUMO

Este trabalho descreve a morfologia e histoquímica do tubo digestivo do mapará, *Hypophthalmus marginatus*, um bagre migrador e planctófago que habita rios e lagos Neotropicais. Este peixe é um dos principais recursos pesqueiros da região Amazônica e apresenta características desejáveis para aquicultura. Entretanto, existem poucos estudos sobre sua biologia e cultivo. A fim de auxiliar no desenvolvimento da aquicultura através de informações que permitam uma melhor compreensão da fisiologia da digestão, hábito alimentar, saúde e qualidade do ambiente, foram realizadas análises de anatomia macroscópica, microscopia óptica e histoquímica de mucossubstâncias do tubo digestivo de exemplares adultos de *H. marginatus* coletados em ambiente natural. O tubo digestivo deste peixe apresentou as seguintes características morfofuncionais: cavidade bucofaríngea, com rastros branquiais numerosos, longos e finos; esôfago curto e muscular; estômago sifonal em forma de U, dividido em regiões cárdica, fúndica e pilórica, esta última bastante desenvolvida; intestino enovelado, dividido nas regiões anterior, média, posterior e reto, sendo as regiões anterior e média os principais sítios de absorção de nutrientes e as regiões posterior e reto responsáveis pela formação e eliminação do bolo fecal. A análise histoquímica revelou presença de mucossubstâncias neutras e ácidas, relacionadas à lubrificação e proteção epitelial, digestão, trânsito do alimento e formação das fezes. As mucossubstâncias neutras estiveram presentes no esôfago, estômago e intestino, enquanto que as ácidas foram identificadas apenas no esôfago e intestino. As características apresentadas pelo *H. marginatus* elucidam a adaptação do tubo digestivo para o hábito alimentar planctófago.

## PALAVRAS-CHAVE

Epitélio de Revestimento, Mucossubstâncias, Peixes Neotropicais, Peixes Planctófagos, Trato Digestório.

## ABSTRACT

This study describes the morphology and histochemistry of the digestive tract of mapará, *Hypophthalmus marginatus*, a migratory and planktophagic catfish inhabiting Neotropical rivers and lakes. This fish is one of the main fishery stocks in the Amazon region and has desirable characteristics for aquaculture. However, there are few studies on its biology and rearing. In order to promote the development of aquaculture through information for a better understanding of the physiology of digestion, feeding habits, health and environmental quality, analyzes of gross anatomy, light microscopy and histochemistry of mucosubstances of the digestive tract were performed in adult *H. marginatus* collected from the wild. The digestive tract of this fish had the following morphological and functional characteristics: oropharyngeal cavity with numerous, long and slender gill rakers; short and muscular esophagus; U-shaped siphonal stomach, divided into cardiac, fundic and pyloric regions, the latter well-developed; a coiled intestine, divided into anterior, middle, posterior and rectum, with the anterior and middle regions being the main nutrient absorption sites, while the posterior and rectum regions are responsible for the formation and elimination of feces. The histochemistry analysis revealed the presence of neutral and acidic mucosubstances, related to lubrication and epithelial protection, digestion, food transit and feces formation. The neutral mucosubstances were present in the esophagus, stomach and intestine, while acidic mucosubstances were identified only in the esophagus and intestine. The characteristics presented by *H. marginatus* elucidate its digestive tract adaptation for planktophagic feeding habit.

## KEY-WORDS

Digestive Tract, Lining epithelium, Mucosubstances, Neotropical fish, Planktophagic fish,

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar do grande potencial hídrico e climático para a criação de diversas espécies de peixes do Brasil, a piscicultura nacional ainda apresenta resultados modestos de desenvolvimento devido aos processos de produção adotados e à falta de informações sobre as espécies nativas com potencial zootécnico (BEERLI et al., 2004).

O conhecimento da preferência alimentar de uma determinada espécie é útil para o desenvolvimento de estudos nutricionais e alimentares, preparo de rações e manejo da alimentação (KUBITZA, 1999). Os hábitos alimentares estão estritamente relacionados com as características morfofisiológicas do sistema digestório (GONÇALVES et al., 2013). Diversas características morfológicas, como posição e tamanho da boca, formato e tamanho dos órgãos do tubo digestivo, tendem a estabelecer diferentes comportamentos alimentares, tornando possível correlacionar adaptações morfológicas do sistema digestório a condições ecológicas (NORTON, 1991), tais como habitat, hábito alimentar e composição da dieta.

A morfologia do trato gastrintestinal tem sido descrita em diversas espécies de peixes (KAPOOR et al., 1975; TIBBETS, 1997; FISHELSON et al., 2011; LØKKA et al., 2013; GONÇALVES et al., 2013; FACCIOLI et al., 2014), e tem apresentado amplas variações morfológicas e funcionais, retratando a elevada diversidade deste grupo zoológico e suas diferentes posições na cadeia trófica. Apesar das diferenças interespecíficas do sistema digestório, semelhanças estruturais básicas, como a divisão em bucofaringe, esôfago, estômago e intestino e também a composição da parede desses órgãos são observadas dentro do grupo (DÍAZ et al., 2003; GENTEN et al., 2009; MORAES e ALMEIDA, 2014). Entretanto, algumas espécies apresentam diferenças marcantes como a ausência de estômago, variações do intestino e composição de células, principalmente as secretoras, essas diferenças estão geralmente relacionadas com o hábito alimentar e tamanho do corpo do animal (SMITH, 1989; MORAES e ALMEIDA, 2014).

O processo de criação em cativeiro impõe condições diferentes das encontradas em ambiente natural, tais como espaço limitado, altas densidades de estocagem, alimentação artificial, taxa de crescimento acelerada e pouco se sabe sobre o efeito destas condições artificiais no tubo digestivo dos animais cultivados (LØKKA et al, 2013). Outros fatores também podem interferir nas características do tubo digestivo, como agentes poluidores e microrganismos patogênicos, provocando alterações principalmente na superfície dos epitélios (FANTA, 2003). Neste sentido, as descrições da anatomia, histologia e histoquímica do trato digestório são de especial interesse para fornecer informações sobre a fisiologia da digestão, hábito alimentar, saúde das espécies, e qualidade do ambiente, de modo a auxiliar no desenvolvimento de uma dieta adequada. As informações provenientes de animais selvagens, em especial, servem de base para estabelecer um padrão comparativo para estudos posteriores com animais em cativeiro, visto que um grupo controle proveniente de cultivo, não necessariamente representa indivíduos coletados na natureza.

### **1.1. Características do tubo digestivo de peixes**

Os peixes apresentam variações na estrutura básica do tubo digestivo, as quais estão geralmente correlacionadas ao hábito alimentar, tipo de alimento ingerido, idade, comprimento, peso do corpo e ao ambiente, que podem influenciar na presença, posição, formato e tamanho de um órgão em particular. Entretanto, diferenças morfológicas ocorrem mesmo em espécies com hábitos alimentares semelhantes (MURRAY et al., 1994; BALDISSEROTTO, 2009; NRC, 2011; MORAES e ALMEIDA, 2014). De um modo geral, considera-se que espécies carnívoras possuem estômago com capacidade para grandes volumes (presas inteiras) e intestino mais curto, espécies herbívoras possuem estômago pouco desenvolvido e intestino longo, enquanto espécies onívoras apresentam características intermediárias (NIKOLSKI, 1963; BALDISSEROTTO, 2009; MORAES e ALMEIDA, 2014). Peixes que se alimentam de algas, corais, moluscos, detritos e/ou plâncton representam casos especiais e muitas vezes não

se enquadram na descrição anatômica geral de carnívoros, onívoros e herbívoros (RUST, 2002).

Embora existam grandes diferenças entre as espécies, a parede do tubo digestivo de peixes, assim como de outros de vertebrados é composta basicamente por quatro camadas: 1 – *Mucosa*, composta por um revestimento epitelial, uma lâmina própria e uma camada muscular da mucosa; 2 – *Submucosa*, constituída por um tecido conjuntivo frouxo contendo vasos sanguíneos e linfáticos; 3 – *Muscular*, que apresenta as células musculares e estas são divididas em subcamadas de acordo com a orientação das fibras; 4 – *Serosa*, formada por uma camada fina de tecido conjuntivo, rica em vasos sanguíneos e revestida por um epitélio pavimentoso simples denominado mesotélio (DÍAZ et al., 2006; GENTEN et al., 2009; JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013; MORAES e ALMEIDA, 2014).

As principais divisões do trato digestório em peixes são cavidade bucal, esôfago, estômago e intestino (FACCIOLI et al., 2014). Ainda, o fígado e pâncreas representam os órgãos anexos do sistema digestório. De acordo com MORAES e ALMEIDA (2014), estômago, intestino, pâncreas e fígado atuam na secreção de enzimas digestivas, bile (saís biliares) e hormônios que controlam o processo bioquímico digestivo. Estruturas acessórias, como os cecos pilóricos podem ser observados em várias espécies e têm função secretora e absorptiva.

### **1.1.1. Esôfago**

O esôfago conecta a cavidade bucal com o restante do tubo digestivo e em peixes é descrito como um tubo curto e musculoso (GENTEN et al., 2009; HERNÁNDEZ et al., 2009; GONÇALVES et al., 2013). Este órgão apresenta musculatura estriada, a qual permite contração voluntária, possibilitando o regurgitamento do alimento quando necessário (MORAES e ALMEIDA, 2014). A presença de pregas esofágicas longitudinais é descrita em várias espécies e permite uma boa distensão do órgão, auxiliando no trânsito do alimento (CAL,

2006; HERNÁNDEZ et al., 2009; GONÇALVES et al., 2013; FACCIOLI et al., 2014).

A camada mucosa esofágica apresenta epitélio de revestimento variável de acordo com a espécie estudada, podendo ser colunar simples, como em *Chelmon rostratus* (TAN e TEH, 1974), pseudoestratificado, como em *Leporinus taeniofasciatus* (ALBRECHT et al., 2001), e estratificado pavimentoso, conforme observado em *Pseudoplatystoma coruscans* (CAL, 2006) e *Hemisorubim platyrhynchos* (FACCIOLI et al, 2014).

Juntamente com as células epiteliais esofágicas, estão espalhadas pelo epitélio células caliciformes secretoras de mucossubstâncias (GONÇALVES et al., 2013). Em algumas espécies também foi relatada a presença de células “club” (AL-BANAW et al., 2010; FACCIOLI et al. 2014), relacionadas à proteção epitelial. (NAKAMURA et al., 2001).

As mucossubstâncias observadas nas células caliciformes esofágicas podem ser de caráter ácido ou neutro e recobrem o epitélio. Essas mucossubstâncias lubrificam a superfície epitelial, formando uma barreira protetora que evita lesões durante a passagem do alimento e atua na defesa física e imunológica contra microrganismos (HUMBERT et al., 1984; GALVÃO et al., 1997; GENTEN et al., 2009; LEKNES, 2011; FACCIOLI et al. 2014). Estudos de microscopia eletrônica de transmissão e/ou de varredura revelaram que o epitélio esofágico apresenta micropregas digitiformes (FACCIOLI et al., 2014), que possivelmente aumentam a adesão e dispersão desse muco, potencializando sua função protetora (WILSON e CASTRO, 2011).

### **1.1.2. Estômago**

O estômago de teleósteos pode ser classificado em três categorias anatômicas gerais: sifonal, cecal e retilíneo (BERTIN, 1958); e seu tamanho é influenciado principalmente pelo intervalo entre as refeições e natureza da dieta. (KAPOOR et al., 1975). O estômago sifóide ou sifonal é o tipo mais comum entre

os peixes, assemelha-se a um sifão, conta com um lúmen grande e pode ser em forma de U ou J. O estômago retilíneo apresenta formato de saco e lúmen grande, em muitos casos é um indicativo da ausência de estômago. Já o estômago cecal, também similar a um saco, apresenta forma de Y e é característico de espécies que ingerem grandes itens alimentares, porém não se restringe apenas a espécies carnívoras (RUST, 2002; WILSON e CASTRO, 2011; GONÇALVES et al., 2013).

Independente da categoria anatômica, o estômago dos peixes ainda pode ser diferenciado histológica e funcionalmente nas regiões: cárdica (anterior) e pilórica (posterior), separadas por uma região de transição denominada fúndica (MORAES et al., 1997; ALBRECHT et al. 2001; RUST 2002; GENTEN et al. 2009; HERNÁNDEZ et al, 2009; FACCIOLI et al., 2014). Nas regiões cárdica e fúndica ocorre a presença de glândulas gástricas, que a partir das células oxintopépticas secretam ácido clorídrico e pepsinogênio (WILSON e CASTRO, 2011; FACCIOLI et al., 2014). O esfíncter pilórico, quando presente separa o estômago do intestino (OLSSON, 2011).

Dependendo da espécie o estômago poderá apresentar camada muscular mais ou menos desenvolvida (MORAES et al. 1997; HERNÁNDEZ et al., 2009). As subcamadas são compostas por fibras musculares lisas orientadas em duas direções principais: uma subcamada circular interna e outra longitudinal externa (CARASSÓN, 2006; FACCIOLI et al., 2014). Entretanto, uma subcamada interna oblíqua também pode estar presente (GENTEN et al., 2009; HERNÁNDEZ et al., 2009). Na porção pilórica, a subcamada circular encontra-se muito mais espessa e forma o esfíncter pilórico.

A mucosa do estômago geralmente apresenta epitélio simples colunar (GENTEN et al. 2009; FACCIOLI et al., 2014). As células epiteliais produzem mucossustâncias apicais, geralmente neutras, com função de proteger o epitélio de revestimento do suco gástrico (DOMENEGHINI et al., 2005; CAL, 2006; DÍAZ et al., 2008; HERNÁNDEZ et al., 2009).

### 1.1.3. Intestino

O seguimento após o estômago é denominado intestino e, em contraste com mamíferos, não há diferenciação de intestino delgado e grosso (GENTEN et al., 2009).

O comprimento intestinal está geralmente relacionado com o hábito alimentar, sendo que peixes carnívoros tendem a apresentar comprimento intestinal menor que peixes herbívoros (NIKOLSKI, 1963; BALDISSEROTTO, 2009; MORAES e ALMEIDA, 2014). Os peixes apresentam anatomia interna do intestino bastante variável, podendo apresentar superfícies relativamente lisas, ou com pregas que podem ser longitudinais, circulares e/ou reticulares (KAPOOR et al., 1975; GENTEN et al., 2009; WILSON e CASTRO, 2011). A presença de cecos pilóricos, os quais aumentam a área de digestão e absorção de nutrientes também foram relatadas em algumas espécies (RUST, 2002; BALDISSEROTTO, 2009; GONÇALVES et al., 2013).

O intestino em peixes é comumente dividido em duas porções: uma proximal, muitas vezes subdividida em mais de um segmento e outra distal, também denominada reto (GONÇALVES et al., 2013). Desse modo, para *Pseudoplatystoma coruscans*, CAL (2006) dividiu o intestino em 3 regiões: proximal, médio e distal ou reto. Enquanto que para *Hemisorubim platyrhynchos*, FACCIOLI et al. (2014) dividiram o intestino em quatro regiões: anterior, médio, posterior e reto.

No intestino de peixes, a mucosa é revestida por epitélio simples colunar com dois tipos celulares: de absorção ou enterócitos, que são células colunares com núcleo oval e microvilosidades na região apical; e células caliciformes, que estão arranjadas entre os enterócitos (HERNÁNDEZ et al., 2009; FACCIOLI et al., 2014).

As células caliciformes intestinais geralmente são descritas pela característica histoquímica de suas secreções, as quais variam consideravelmente de acordo com a espécie estudada e com cada região do tubo digestivo (GRAU et al., 1992). As mucossubstâncias ácidas protegem o epitélio intestinal contra degradação pela ação das glicosidases, aumentam a resistência

do muco contra degradação bacteriana (CARRASSÓN et al., 2006) e podem regular a transferência de proteínas ou de fragmentos, bem como de íons e fluidos (PETRINEC et al., 2005). As mucossubstâncias neutras podem fornecer cofatores requeridos para a quebra enzimática do alimento (ANDERSON, 1986) e também são responsáveis pela digestão e emulsificação do alimento em quimo, quando combinadas com fosfatase alcalina (CLARKE e WITCOMB, 1980).

## **1.2. Características do Gênero *Hypophthalmus***

### **1.2.1. Aspectos biológicos**

Mapará é o nome comum dado a três espécies de siluriformes: *Hypophthalmus marginatus*, *H. edentatus*, *H. fimbriatus* (LÓPEZ-FERNÁNDES e WINEMILLER, 2000; ARAÚJO-LIMA e RUFFINO, 2003). A distribuição destas espécies é bem ampla na América do Sul, sendo encontradas nas bacias Amazônica, do Prata, do Orinoco e águas costeiras do Pará (foz do Amazonas) até o Suriname (ALCÂNTARA-NETO, 1994).

São peixes que podem atingir até 50 cm de comprimento e são caracterizados principalmente pela posição baixa dos olhos, corpo lateralmente comprimido, longos e numerosos rastros branquiais, abertura branquial ampla e distante do istmo, nadadeira anal muito longa e ausência de espinhos nas nadadeiras (LÓPEZ-FERNÁNDES e WINEMILLER, 2000; CUTRIM E BATISTA, 2005; SANTOS et al., 2006).

A diferenciação entre as espécies é simples. Quando comparado ao *H. edentatus*, o *H. marginatus* possui corpo mais fino, cabeça mais alongada e nadadeira caudal furcada. O *H. fimbriatus* se distingue dos demais pelo corpo mais alongado e coloração mais escura, além disso, apresenta os barbilhões

mandibulares longos e compridos que lembram o formato de uma pena (LÓPEZ-FERNÁNDES e WINEMILLER, 2000; SANTOS et al., 2006)

Os maparás são siluriformes peculiares, pois sua dieta e localização na coluna d'água são diferentes dos siluriformes em geral, os quais tendem a ser carnívoros e demersais (CUTRIM e BATISTA, 2005).

A dieta dos maparás é considerada restrita e está baseada em organismos planctônicos, tais como cladóceros, copépodos, algas e tecamebas, sendo o zooplâncton responsável pela maior parcela da alimentação, e mais especificamente, os cladóceros com aproximadamente 63% do volume ingerido (ABUJANRA e AGOSTINHO, 2002).

Seu habitat compreende rios e lagos da região amazônica, ambientes lóticos ou lênticos. São encontrados tanto em pequenas profundidades (entre 1,75 metros e 4,70 metros) quanto em canais mais profundos com cerca de 8,30 metros e mais raramente canais com mais de 15 metros (ALCÂNTARA-NETO, 1994), de modo que são mais abundantes nas lagoas marginais onde a produção planctônica é privilegiada (ARAÚJO-LIMA e RUFFINO, 2003).

Quanto ao comportamento reprodutivo, os maparás atingem a primeira maturação gonadal entre 30 e 37 cm que são atingidos entre o segundo e terceiro ano de idade (CARVALHO, 1978; AMBRÓSIO et al, 2003), proporção entre fêmeas e machos de 1,5:1 com desova parcelada durante período de cheia, sendo relatadas atividades reprodutivas desde outubro até maio em diferentes regiões (SANTOS et al., 2006; CINTRA et al, 2008; MACIEL, 2010).

### **1.2.2. Aspectos Econômicos**

A pesca de siluriformes de médio e grande porte na Amazônia, dentre eles o mapará, se enquadra na modalidade de pesca comercial monoespecífica, apresenta características industriais na foz do rio Amazonas e artesanais no interior da bacia (FREITAS e RIVAS, 2006). Nos anos de 2008, 2009 e 2010 a

produção pesqueira de mapará oscilou entre 9 e 10 mil toneladas e tem se mostrado estagnada (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA, 2012).

A arte de pesca empregada é a rede de emalhar à deriva e/ou fixa, também conhecida como malhadeira e geralmente são utilizadas redes com comprimento médio aproximado de 59 metros (ALCÂNTARA-NETO, 1994; CAMARGO e PETRERE JR, 2004; CINTRA et al. 2008) com malha recomendada de 80 mm entre nós opostos (MARTINS et al, 2011).

Existem diversos frigoríficos na região Norte que beneficiam o mapará e o comercializam nas formas eviscerada, em postas, e, principalmente, em filés. Seu rendimento de carcaça, que chega a praticamente 60%, sendo 53% de filé e 6,6% de ventrechas (musculatura da região ventral) é considerado elevado (COSTA et al, 2010). Além disso, o filé não apresenta espinhos e o beneficiamento é bastante rápido, o que contribui para a aceitação do mercado e elevada produtividade.

O mapará possui grande importância comercial na região Amazônica. Apesar de sua carne não ser muito valorizada regionalmente, a maior parte de sua produção pesqueira é enviada para outras regiões brasileiras (FREITAS e RIVAS, 2006; COSTA et al, 2010). Deste modo, por apresentar um valor mais acessível, quando comparado a outros peixes da região amazônica, tais como Tambaqui (*Colossoma macropomum*), Matrinxã (*Brycon amazonicus*), Pirarucu (*Arapaima gigas*) e Tucunaré (*Cichla sp.*), o filé de mapará é um concorrente direto do filé de espécies importadas como pangassius (*Pangassius hypophthalmus*) e merluza (Merlucciidae).

Quanto à qualidade nutricional, sua carne apresenta bom teor de proteína, cerca de 12%, e grande quantidade de gordura, aproximadamente 20% (COSTA et al, 2010). Entretanto, 15% desta gordura é de ômega 3 e 7% de ômega 6, ácidos graxos essenciais comprovadamente ligados a diversos benefícios à saúde (OLIVEIRA et al, 2003). As recomendações de ingestão diária destes ácidos graxos variam entre os órgãos de saúde mundiais, entretanto, a maior parte das recomendações ficam por volta de um mínimo de 500 mg/dia de EPA+DHA (ácido eicosapentaenóico,  $\omega$ 3 + ácido docosahexaenoico,  $\omega$ 6) (KRIS-ETHERTON, 2009). Um filé de apenas 100g de mapará proporciona até mais do que esta recomendação.

### **1.2.3. Potencial para Atividade Produtiva**

O mapará apresenta características bastante desejadas para a piscicultura, indústria e comércio, o que o torna uma espécie muito promissora. Para a piscicultura sua principal vantagem em relação as demais espécies é seu hábito alimentar planctófago, que permite que o gasto com arraçoamento (principal custo da produção) seja reduzido. Além disso, o fato de não ter nadadeiras com espinhos ou esporões facilita o manejo dos animais. Em relação à industrialização, a rapidez e facilidade da filetagem em razão do formato do corpo, juntamente com o alto rendimento de carcaça, tornam a espécie bastante atrativa. Do ponto de vista comercial, além do fato do filé não ter espinhos, é um peixe que já tem um mercado consolidado, com preço acessível e que possui um apelo para o consumo de ômega 3 e 6.

## 2. OBJETIVOS

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi descrever as características anatômicas, histológicas e histoquímicas do tubo digestivo de *H. marginatus*. Os dados produzidos contribuirão para uma melhor compreensão da morfofisiologia do tubo digestivo de peixes Neotropicais, de hábito alimentar planctófago, além de fornecer bases para estudos posteriores que envolvam alimentação e/ou sanidade de modo a estimular o desenvolvimento da piscicultura desta espécie no país.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Coleta de Exemplares

Foram coletados 20 exemplares adultos de *H. marginatus* no médio rio Amazonas, mais especificamente na região de Santarém, Estado do Pará (Figuras 1 e 2A), e cinco exemplares adultos no rio Tocantins, na região de Tucuruí, Estado do Pará de acordo com autorizações do Ministério do Meio Ambiente para atividades com finalidade científica (Documentos Número: 43636-1 e 27884-2, respectivamente).

Os animais foram eutanasiados em solução saturada de benzocaína, isto é, 1g de benzocaína diluído em 10L de água, de acordo com as diretrizes da prática de eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Os procedimentos foram analisados e aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal (Protocolo 026984/11).

Em seguida, foram feitas incisões longitudinais na região ventral dos animais para análise e retirada dos órgãos do tubo digestivo (esôfago, estômago e intestino). Os fragmentos do tubo digestivo foram fixados em soluções apropriadas, de acordo com os tipos de análises realizadas:

#### 3.2. Anatomia Macroscópica

Para os estudos anatômicos foram utilizados cinco exemplares com comprimento padrão de  $37,9 \pm 3,0$ cm. Inicialmente foi determinado o comprimento total de cada indivíduo e em seguida os animais foram dissecados para análise e documentação do sistema digestório *in situ*. Foram realizadas medidas de comprimentos intestinais para determinação do quociente intestinal

(comprimento intestinal/comprimento total do peixe), conforme preconizado por BALDISSEROTTO (2009).

Para análise e documentação do material, os fragmentos de tecidos do tubo digestivo foram fixados em solução de Bouin e, posteriormente, destinados para análise estereomicroscópica (Leica®, Germany), no Laboratório de Morfologia de Organismos Aquáticos da Faculdade de Ciências da UNESP, *Campus* de Bauru.

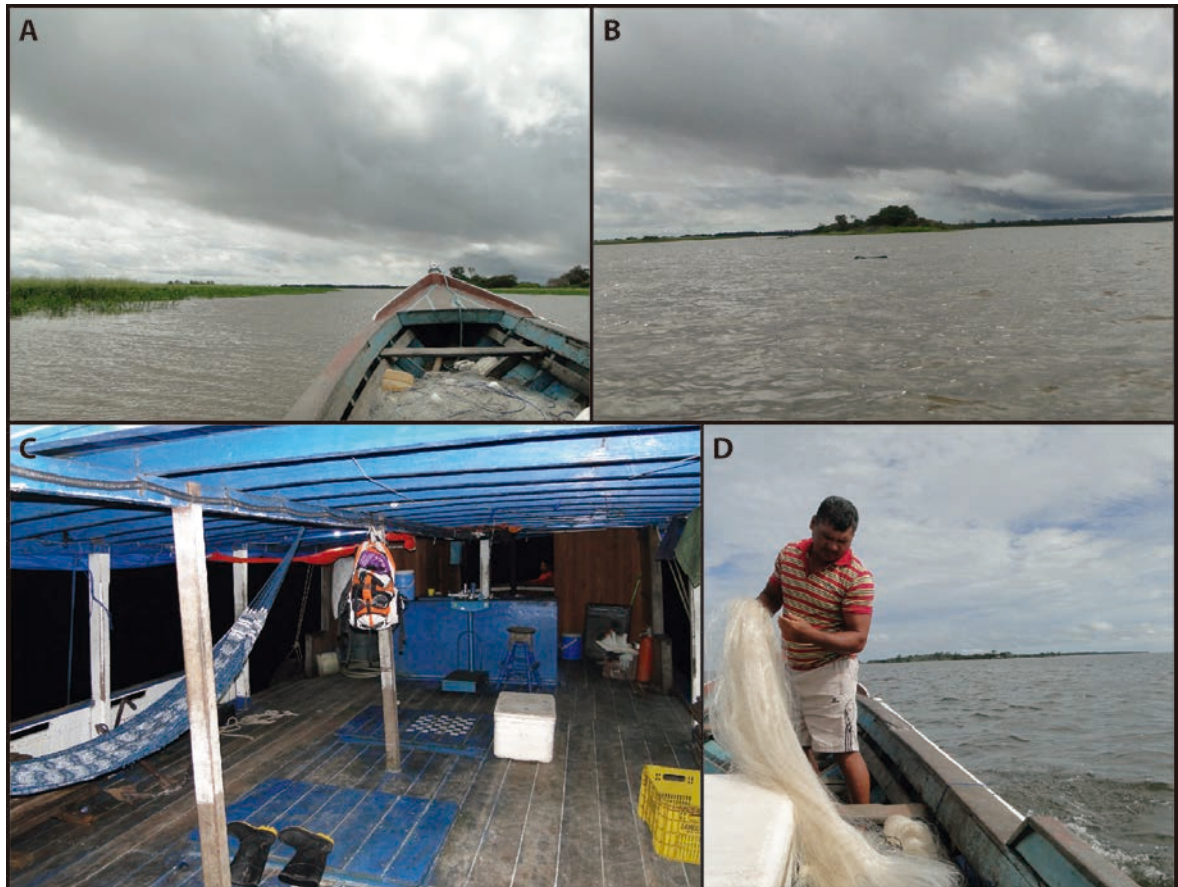
### **3.3. Microscopia Óptica**

Para os estudos histológicos, os fragmentos de tecidos do tubo digestivo retirados de dez exemplares foram fixados em solução de Karnovsky modificado (glutaraldeído a 2,5% e paraformaldeído a 4% em tampão fosfato pH 7,2 e 0,2M). O material foi destinado à rotina de inclusão em historesina (Leica®, Germany). Secções histológicas de 2-4 µm de espessura foram realizadas com navalhas de vidro e submetidas à rotina de coloração com hematoxilina e eosina, azul de toluidina a 1% e tricrômico de Masson, para análise morfológica geral. A documentação material foi realizada com auxílio de fotomicroscópio Olympus® BX50 (Japan).

### **3.4. Histoquímica de mucossubstâncias**

Os fragmentos de tecidos de dez animais foram fixados em solução de Bouin e destinados à rotina de inclusão em paraplast (Oxford®, USA). Secções histológicas de 5-7 µm de espessura foram submetidas à rotina histoquímica por meio de reações de ácido periódico de Schiff (PAS), para detecção de mucinas neutras; Alcian Blue (AB pH 1,0 e pH 2,5), para mucinas ácidas; e AB (pH 2,5) + PAS, para análise de associação entre mucinas neutras e ácidas, conforme

preconizado por CAO e WANG (2009), SUVARNA et al. (2012) e FACCIOLI et al. (2014).



**Figura 1. Procedimentos de Coleta.** A e B – Pontos de coleta (médio Rio Amazonas, próximo à região de Santarém/PA) onde foram armadas as redes de pesca; C – Barco de apoio no qual foram realizados os procedimentos *in situ*; D – Pescador preparando a rede de emalhar utilizada na captura dos exemplares de *Hypophthalmus marginatus*.

## 4. RESULTADOS

O sistema digestório de *H. marginatus* é constituído pela cavidade bucofaríngea, esôfago, estômago, intestino e glândulas anexas (fígado e pâncreas) (Figuras 2B - 2D). Uma característica que se destacou na espécie em questão foi a cavidade corpórea ou visceral, a qual se apresentou pequena em relação à estrutura corpórea (Figuras 2A e 2B).

Para fins descritivos, o tubo digestivo de *H. marginatus* foi dividido nas seguintes regiões: bucofaringe, esôfago, estômago (regiões cárdica, fúndica e pilórica) e intestino (anterior, médio, posterior e reto) (Figuras 2D, 2F, 3A e 3D).

### 4.1. Bucofaringe

Na cavidade bucofaríngea foram observados rastros branquiais longos, numerosos e finos (Figura 2E), característicos do gênero *Hypophthalmus*.

### 4.2. Esôfago

O esôfago de *H. marginatus* se apresentou macroscopicamente como um tubo curto de conexão entre a cavidade bucofaríngea e o estômago (Figuras 2F e 3B). Internamente possui lúmen amplo e exibe pregas longitudinais que aumentam em espessura conforme se aproximam do estômago, sendo que a transição esôfago/estômago não é distinguível macroscopicamente (Figura 3C).

#### 4.2.1. Camada Mucosa

A camada mucosa do esôfago apresentou epitélio de revestimento estratificado pavimentoso, composto por células epiteliais e grande quantidade de células caliciformes (Figuras 4E e 4F).

As **células epiteliais** foram observadas em diversos estratos do epitélio de revestimento (Figuras 4E e 4F), sendo colunares e/ou cúbicas na região basal do epitélio, intermediárias e delgadas entre as células caliciformes e delgadas ou cúbicas na região apical do epitélio.

As **células caliciformes esofágicas** apresentam formas ovaladas, alongadas ou em cálice, com o citoplasma ocupado quase em sua totalidade por mucossustâncias, as quais foram coradas pela hematoxilina/eosina e apresentaram metacromasia ao azul de toluidina (Figuras 4E e 4F). Nas reações histoquímicas, as células caliciformes apresentaram mucossustâncias neutras e ácidas, evidenciadas pelas reatividades fortemente positivas para PAS; AB pH 2,5; AB pH 2,5 + PAS e com fraca reatividade para AB pH 1,0 (Tabela 1; Figuras 8A, 8B e 8C).

A camada mucosa não apresentou camada muscular da mucosa, portanto, não foi possível diferenciar a lâmina própria da submucosa.

#### 4.2.2. Camada Submucosa

Abaixo da região epitelial foi observada uma camada de tecido conjuntivo denso, com grande concentração de fibras conjuntivas (Figura 4D). Essa região apresentou reatividade positiva ao PAS (Figuras 8B e 8C).

#### 4.2.3. Camada Muscular

A camada muscular do esôfago se apresentou bastante espessa e com duas subcamadas distintas, de acordo com orientação suas fibras (Figuras 4A e 4B).

**Camada muscular longitudinal interna:** caracterizada pela presença de feixes de fibras musculares estriadas, orientadas longitudinalmente, agrupados em conjuntos e entremeados por tecido conjuntivo, destacados pela coloração de tricrômico de Masson (Figura 4B).

**Camada muscular circular externa:** caracterizada por uma camada compacta de fibras musculares estriadas, orientadas circularmente, entremeadas por tecido conjuntivo (Figura 4B).

#### 4.2.4. Camada Serosa

Externamente à camada muscular, foi observada a presença da camada serosa, constituída por uma região delgada de tecido conjuntivo denso, revestida por um epitélio simples pavimentoso, denominado mesotélio (Figuras 4A e 4B).

#### 4.2.5. Região de Transição Esôfago/Estômago

A região de transição do esôfago para o estômago, conforme destacado anteriormente, não foi perceptível macroscopicamente (Figura 3B). Entretanto, nos preparados histológicos, foi observada substituição abrupta do epitélio esofágico estratificado, com grande número de células caliciformes, por um epitélio gástrico colunar simples (Figura 4C). Também foram observadas

alterações na constituição da camada muscular, com as fibras musculares estriadas do esôfago passando para fibras musculares lisas na região estômago.

### 4.3. Estômago

O estômago de *H. marginatus* foi classificado como sifonal ou sífoide em forma de U, apresentando uma curvatura gástrica menor acentuada e uma curvatura gástrica maior.

Internamente, foram observadas três regiões distintas: cárdica, fúndica e pilórica. (Figuras 3B e 3D)

**Região cárdica:** região inicial do estômago, com parede intermediária em relação à espessura, exibindo pregas longitudinais contíguas às esofágicas (Figuras 3C e 3D).

**Região fúndica:** região intermediária, de parede mais fina, distensível e com pregas em diferentes orientações (Figura 3D).

**Região pilórica:** região final do estômago, com parede espessa e pregas longitudinais, separada do intestino pelo esfíncter pilórico (Figuras 3D e 3E).

#### 4.3.1. Camada Mucosa

A camada mucosa do estômago é constituída por um epitélio de revestimento simples colunar, lâmina própria com região glandular (região cárdica

e fúndica) e camada muscular da mucosa bem definida, conforme evidenciada pela coloração de tricrômico de Masson (Figuras 5A, 5C e 5D).

O epitélio de revestimento do estômago é composto por células epiteliais colunares que apresentam secreção de mucossustâncias apicais (Figuras 5D e 8D). A análise histoquímica, revelou apenas uma secreção PAS positiva intensa, indicativo de mucossustâncias neutras. As demais reações histoquímicas foram negativas, tanto para detecção de mucossustâncias ácidas, quanto para análise de associação de mucossustâncias (Tabela 1 e Figuras 8C e 8D).

Nas regiões cárdica e fúndica, o epitélio de revestimento apresentou invaginações formando criptas ou fossetas gástricas, nas quais desembocam as glândulas gástricas (Figura 5).

A lâmina própria é composta por tecido conjuntivo frouxo, com glândulas gástricas tubulares presentes nas regiões cárdica e fúndica (Figuras 5A e 5B). Nas preparações histológicas, foi observado uma menor concentração de glândulas gástricas na curvatura menor em comparação com a curvatura maior (Figura 5B). As glândulas gástricas são compostas por células oxintopépticas, as quais possuem citoplasma acidófilo, fortemente corado pela eosina, núcleo basal e com nucléolo evidente (Figuras 5E e 5F).

Separando a mucosa da submucosa adjacente existe uma camada de músculo liso com orientação longitudinal denominada muscular da mucosa (Figura 5C).

#### **4.3.2. Camada Submucosa**

A camada submucosa apresentou-se composta por tecido conjuntivo denso, rico em fibras e vasos sanguíneos (Figuras 5A – 5C). Sendo mais espessa na região fúndica (5A e 5B).

#### 4.3.3. Camada Muscular

A camada muscular propriamente dita do estômago é composta por duas subcamadas de tecido muscular liso com fibras em diferentes orientações:

**Camada muscular circular interna:** constituída por fibras musculares lisas com orientação circular, sendo mais espessa que a camada muscular longitudinal externa. Os feixes de fibras musculares foram envolvidos por tecido conjuntivo frouxo. Na região pilórica esta subcamada, apresenta-se mais desenvolvida para formar o esfíncter pilórico (Figuras 3E e 5C).

**Camada muscular longitudinal externa:** constituída por fibras musculares lisas com orientação longitudinal (Figura 5C). A espessura desta subcamada se manteve constante ao longo do órgão.

#### 4.3.4. Serosa

A camada serosa apresentou-se constituída por epitélio de revestimento pavimentoso, denominado mesotélio e por uma fina camada de tecido conjuntivo.

#### 4.4. Intestino

O intestino de *H. marginatus* se mostrou longo e enovelado, com quociente intestinal de  $2,14 \pm 0,5$ , ou seja, o comprimento do intestino é, em média, 2,14 vezes o comprimento total do indivíduo. Anatomicamente, foi dividido em quatro regiões: intestino anterior, intestino médio, intestino posterior e reto (Figuras 2C, 2D e 3A).

**Intestino anterior:** região subsequente ao esfíncter pilórico, na qual desemboca o ducto biliar (Figura 3B). Internamente, apresenta lúmen amplo e pregas longitudinais espessas com alturas variáveis (Figuras 3F, 3G e 6A).

**Intestino médio:** representa a região intermediária do intestino, com coloração clara nos preparados a fresco, lúmen delgado e pregas longitudinais características (Figuras 2C e 3H).

**Intestino posterior:** região mais extensa do intestino, de coloração escura esverdeada nos preparados a fresco, bastante enovelada, com lúmen delgado e pregas longitudinais delicadas (Figuras 2C, 2D, 3A e 3I).

**Reto:** região terminal do intestino, retilínea, com lúmen estreito e pregas longitudinais com altura e espessura bastante reduzidas em comparação com segmentos anteriores (Figuras 2D e 3J).

Internamente, o intestino possui pregas longitudinais por toda sua extensão. Essas pregas são maiores na região anterior e conforme avançam nos segmentos posteriores têm sua altura e espessura gradualmente reduzidas (Figuras 3G – 3J). A análise histológica demonstrou que as pregas são constituídas por dobras das camadas mucosa e submucosa (Figuras 6A, 6B e 7A).

As diferentes regiões intestinais apresentaram características histológicas similares e não foram observadas regiões de transição (Figuras 6E – 6H). Entretanto, a região do reto apresentou características peculiares ao restante do intestino (Figura 7).

#### **4.4.1. Camada Mucosa**

A camada mucosa do intestino é constituída por epitélio de revestimento simples colunar, com dois tipos celulares predominantes nos três primeiros segmentos: células absortivas ou enterócitos e células caliciformes (Figura 6A). Na região retal foram observadas células epiteliais e células caliciformes (Figuras 7B, 7C e 7D).

As **células absortivas** ou **enterócitos** são células colunares, com núcleo alongado localizado na região basal da célula e borda em escova na região apical (Figuras 6C e 6D). A borda em escova reagiu ao PAS, devido à presença de mucossustâncias neutras (Figura 8F).

As **células caliciformes** do intestino e do reto apresentaram formas ovaladas, alongadas ou de cálice, com núcleo basal e citoplasma repleto de mucossustâncias (Figuras 6B, 6C, 8F, 8I e 8J). Essas células aumentam gradualmente em número em direção à região posterior do intestino (Figuras 8G e 8H). A análise histoquímica (Tabela 1) detectou a presença de mucossustâncias fortemente reativas ao PAS, AB pH 2,5 e AB pH 2,5 + PAS, indicando a presença mucossustâncias neutras e ácidas, assim como associação entre elas (Figuras 8E – 8J). Entretanto, as células caliciformes do reto apresentaram reação negativa ao AB pH 1,0, enquanto as das demais regiões do intestino apresentaram reatividade fraca.

As **células epiteliais do reto** se caracterizam como células colunares, com núcleo alongado, localizado na região basal da célula e com secreção apical de mucossustâncias. Nos preparados histológicos essas mucossustâncias apresentaram afinidade ao azul de toluidina (Figuras 7B – D). A análise histoquímica (Tabela 1) revelou a presença de mucossustâncias neutras e ácidas com reatividade forte para PAS, AB pH 2,5 e AB pH 2,5 + PAS. Contudo, a reatividade para AB pH 1,0 foi negativa (Figuras 8I e 8J).

Entre as células epiteliais, foi observada a presença de linfócitos. Estas células apresentaram núcleos arredondados, bem corados à hematoxilina e ao azul de toluidina (Figura 7D).

Abaixo do epitélio, a lâmina própria se mostrou constituída por tecido conjuntivo frouxo. A camada muscular da mucosa não é bem definida, portanto a lâmina própria se apresenta adjacente à submucosa (Figuras 6A, 6B)

#### 4.4.2. Camada Submucosa

A camada submucosa é composta por tecido conjuntivo denso, caracterizado por grande quantidade de fibras conjuntivas (Figura 6A, 6B e 7A). Nesta região, ocorre a presença abundante de vasos sanguíneos (Figuras 6E, 6H e 7C).

#### 4.4.3. Camada Muscular

A camada muscular propriamente dita do intestino apresenta fibras musculares lisas agrupadas em duas subcamadas de acordo com sua orientação.

**Camada muscular circular interna:** constituída por fibras musculares lisas com orientação circular. Sua espessura se mantém aparentemente constante durante as regiões anterior, média e posterior (Figuras 6E – 6G), sendo que no reto ocorre um espessamento expressivo dessa camada (Figuras 6H e 7A).

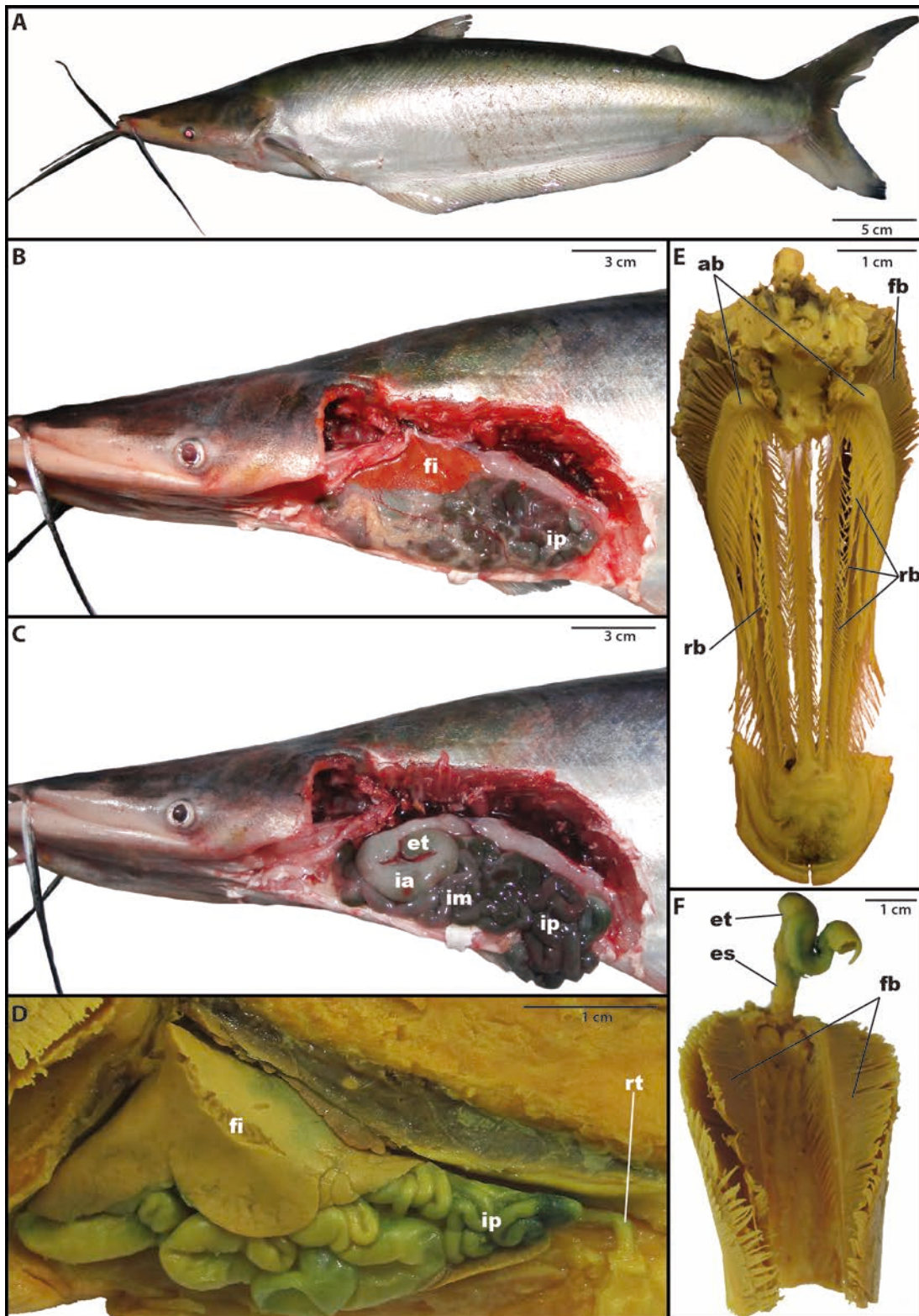
**Camada muscular longitudinal externa:** constituída por fibras musculares lisas dispostas longitudinalmente ao intestino. A espessura desta camada se mantém aparentemente constante em todas as regiões intestinais (Figuras 6E – 6H e 7A). Em ambas as camadas musculares há presença de vasos sanguíneos, porém estes foram mais abundantes na camada muscular longitudinal externa.

#### 4.4.4. Camada Serosa

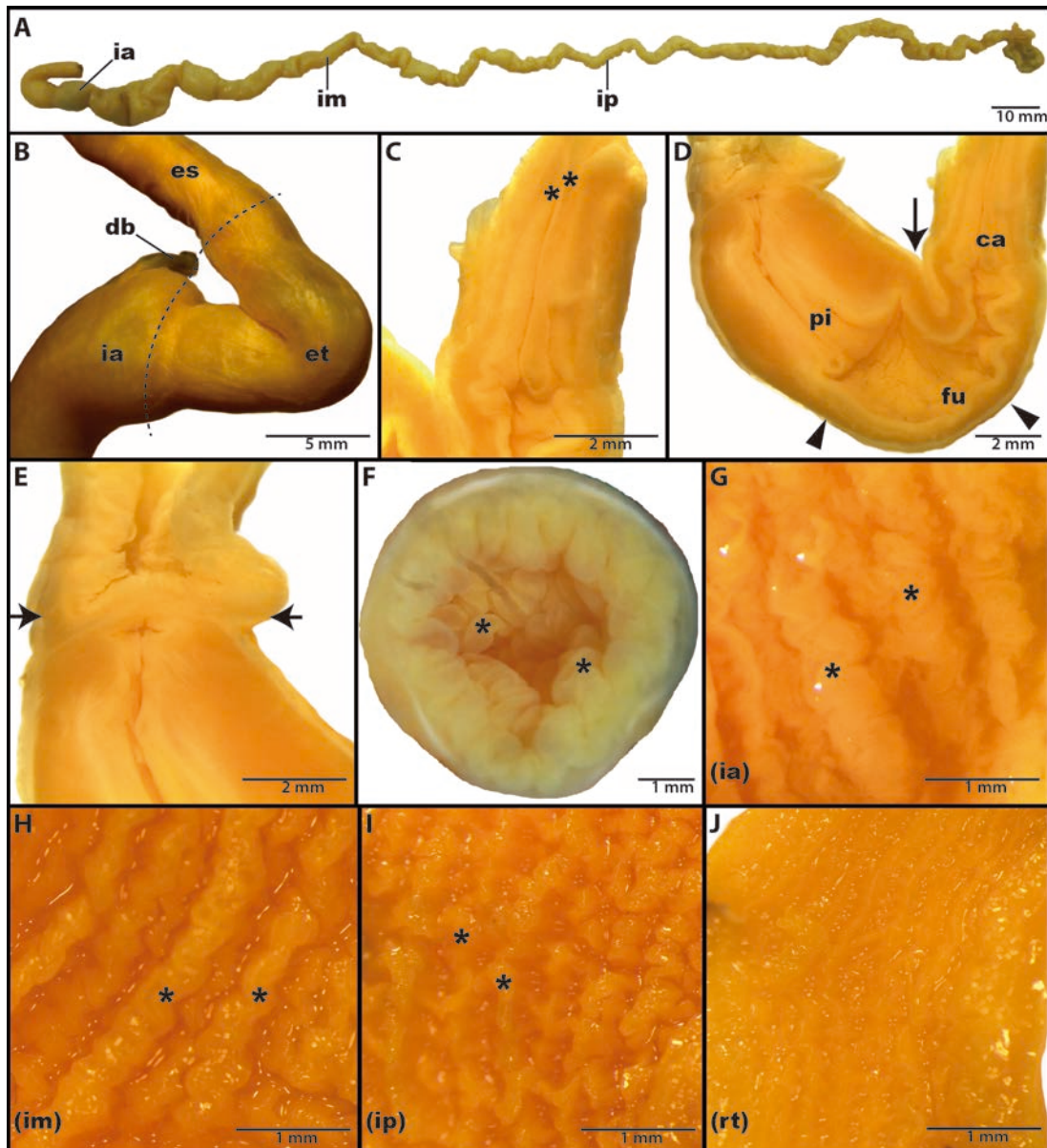
A camada serosa se apresentou estruturada por um epitélio de revestimento simples pavimentoso, além de uma camada de tecido conjuntivo, na qual há presença de alguns vasos sanguíneos (Figuras 6F e 6H).

**Tabela 1.** Análise histoquímica de mucossubstâncias nas diferentes regiões do tubo digestivo de *Hypophthalmus marginatus*.

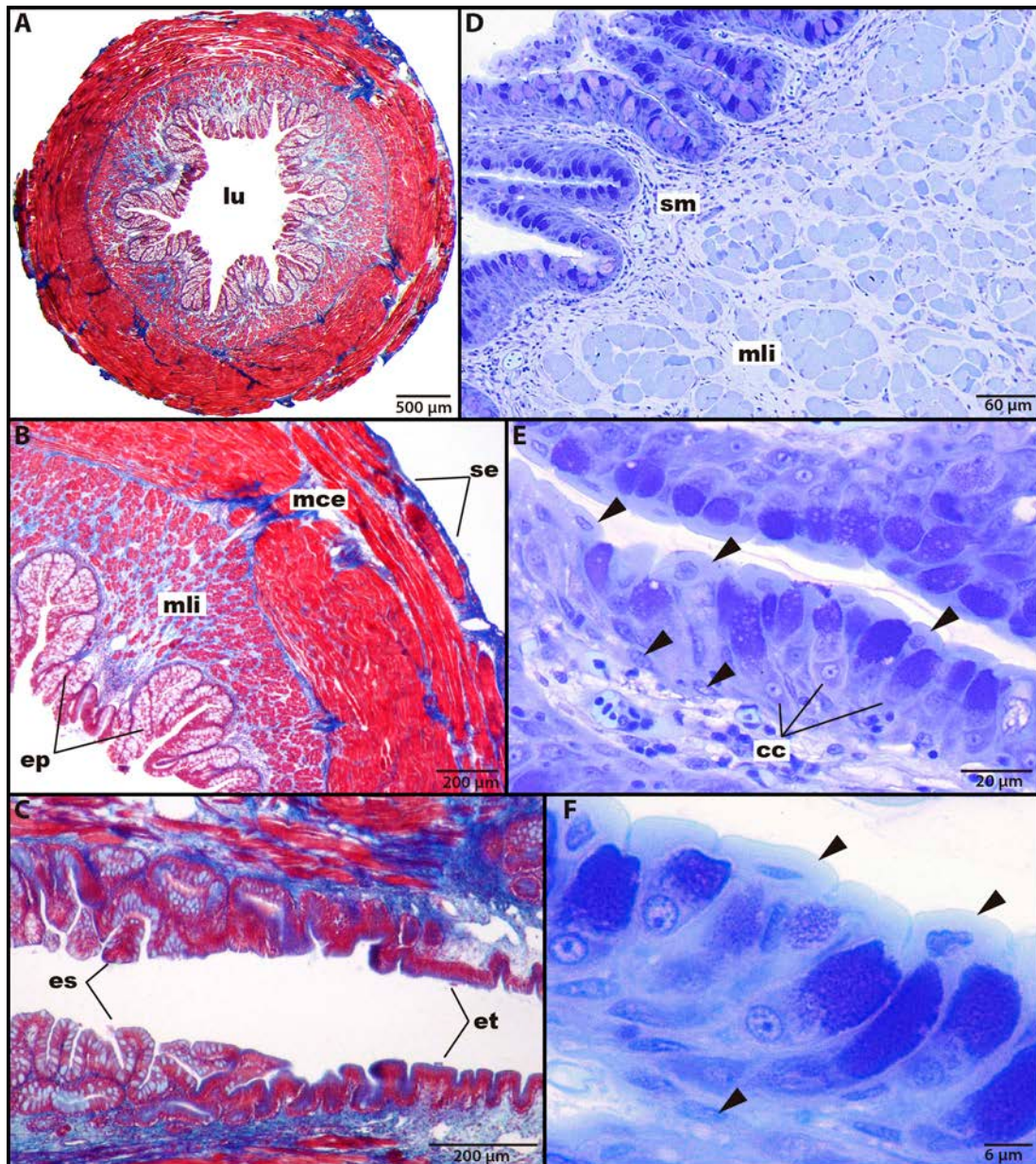
| Técnica                                                                    | Regiões              |                    |                      |                      |                      |                                          |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------------|
|                                                                            | Esôfago              | Estômago           | Intestino anterior   | Intestino médio      | Intestino Posterior  | Reto                                     |
| PAS                                                                        | +++                  | +++                | +++                  | +++                  | +++                  | +++                                      |
| AB pH 2,5                                                                  | +++                  | -                  | +++                  | +++                  | +++                  | +++                                      |
| AB pH 1,0                                                                  | +                    | -                  | +                    | +                    | +                    | -                                        |
| AB pH 2,5 + PAS                                                            | +++                  | -                  | +++                  | +++                  | +++                  | +++                                      |
|                                                                            | Células caliciformes | Células epiteliais | Células caliciformes | Células caliciformes | Células caliciformes | Células caliciformes/ células epiteliais |
| Intensidade da Reação: Forte (+++); Moderada (++); Fraca (+); Negativa (-) |                      |                    |                      |                      |                      |                                          |



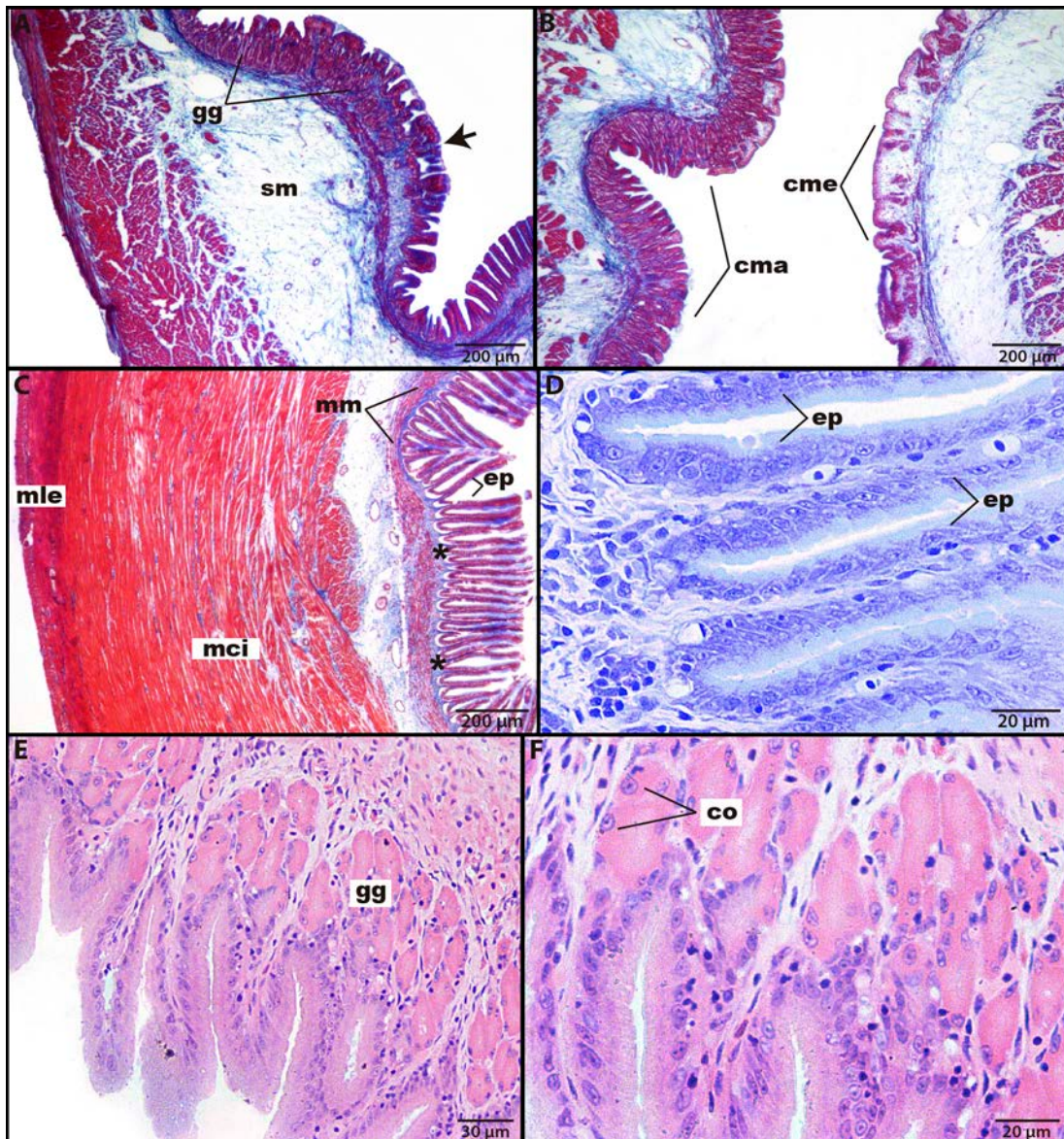
**Figura 2. Características Macroscópicas do Sistema Digestório de *H. marginatus*.** A - Exemplar adulto; B, C e D - Vista lateral do sistema digestório com destaque para fígado (fi), estômago (et), intestino anterior (ia), intestino médio (im), intestino posterior (ip) e reto (rt); E e F - Detalhe da estrutura branquial e início do tubo digestivo com destaque para filamentos branquiais (fb), arcos branquiais (ab), rastros branquiais (rb), esôfago (es) e estômago (et).



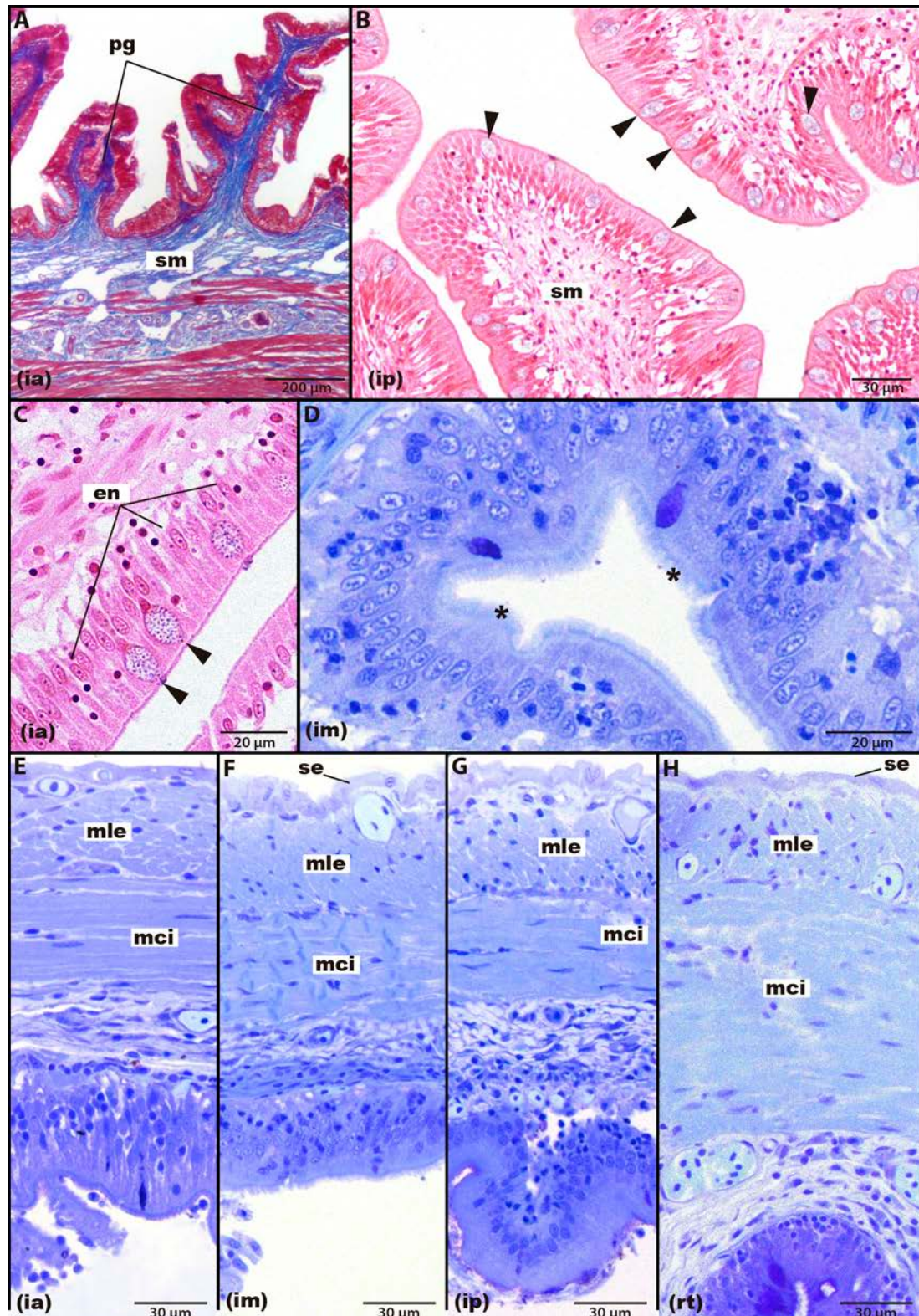
**Figura 3. Análise Macroscópica e Estereomicroscópica do Tubo Digestivo de *H. marginatus*.** **A** – Vista do tubo digestivo exibindo as seguintes regiões: intestino anterior (ia), intestino médio (im), intestino posterior (ip); **B** – Detalhe macroscópico do esôfago (es), estômago (et), ducto biliar (db) e intestino anterior (ia); **C, D e E** – Corte longitudinal do tubo digestivo com destaque para pregas longitudinais (asterisco) no esôfago, regiões cárdica (ca), fúndica (fu) e pilórica (pi) do estômago, curvatura gástrica menor (seta grande), curvatura gástrica maior (cabeças de seta) e esfíncter pilórico (setas). **F, G, H, I** – Cortes transversal e longitudinais do intestino anterior (ia), médio (im), posterior (ip) e reto (rt) exibindo pregas longitudinais (asterisco).



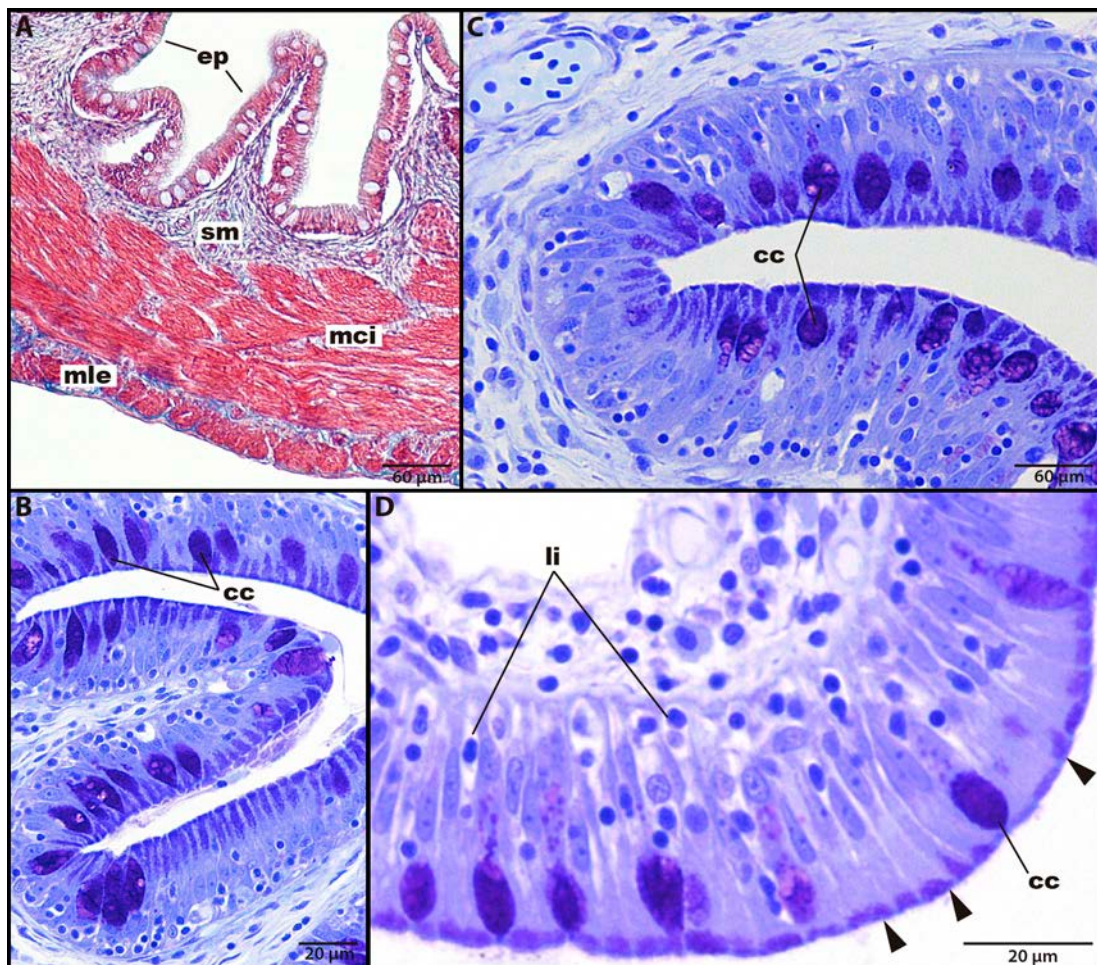
**Figura 4. Características Histológicas do Esôfago de *H. marginatus*.** A e B – Corte transversal do esôfago exibindo lúmen (lu), epitélio (ep), camadas muscular longitudinal interna (mli), muscular circular externa (mce) e serosa (se) (Tricrômico de Masson); C – Corte longitudinal da transição esôfago/estômago indicando a presença de células caliciformes no esôfago (es) e região epitelial do estômago (et) (Tricrômico de Masson); D – Detalhe das camadas submucosa (sm) e muscular longitudinal interna (mli) (AT); E e F – Epitélio estratificado pavimentoso do esôfago, com destaque para células caliciformes (cc) com núcleos basais e células epiteliais (cabeças de seta) (AT).



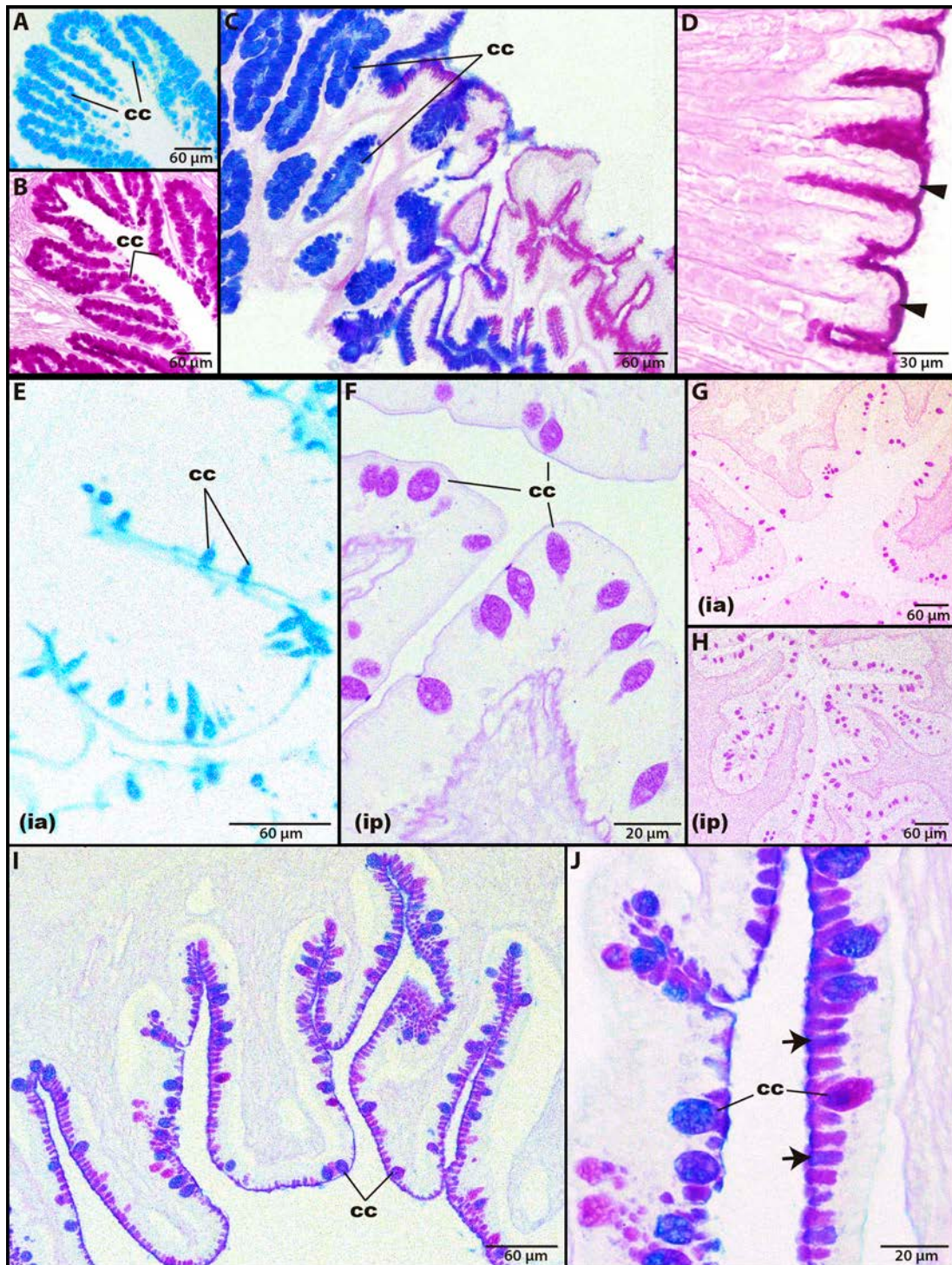
**Figura 5. Características Histológicas do Estômago de *H. marginatus*.** A – Corte longitudinal do estômago evidenciando a região fúndica com glândulas gástricas (gg) e camada submucosa (sm); B – Detalhe da curvatura gástrica maior (cma) e curvatura gástrica menor (cme); C – Corte transversal da região pilórica do estômago exibindo epitélio (ep), lâmina própria (asteriscos), camada muscular da mucosa (mm) e a camada muscular propriamente dita com subcamadas circular interna (mci) e longitudinal externa (mle), (Tricrômico de Masson); D – Corte transversal do estômago evidenciando epitélio de revestimento simples colunar (ep), (AT); E e F – Região fúndica com destaque para glândulas gástricas (gg) com células oxintopépticas (co), (HE).



**Figura 6. Características Histológicas do Intestino de *H. marginatus*.** A – Pregas (pg) do intestino anterior (tricroômico de Masson); B – Células caliciformes (cabeças de seta) e submucosa (sm) do intestino posterior (ip), (HE); C – Intestino anterior (ia) evidenciando células caliciformes (cabeças de seta) e enterócitos (en) (HE); D – Intestino médio (im) evidenciando a borda em escova dos enterócitos (asteriscos); E, F, G, H – Cortes transversais do intestino anterior (ia), médio (im), posterior (ip) e reto (rt) mostrando as camadas muscular circular interna (mci), muscular longitudinal externa (mle) e serosa (se) (AT).



**Figura 7. Características Histológicas do Reto de *H. marginatus*.** A – Corte transversal do reto evidenciando o epitélio de revestimento (ep), camadas submucosa (sm), muscular circular interna (mci) e muscular longitudinal externa (mle) (Tricrômico de Masson); B, C e D – Detalhes do epitélio de revestimento com destaque para células epiteliais com mucossustâncias apicais (cabeças de seta), linfócitos intraepiteliais (li) e células caliciformes (cc), (AT).



**Figura 8. Características Histoquímicas do Tubo Digestivo de *H. marginatus*.** A (reação AB pH 2,5) e B (reação PAS) nas células caliciformes (cc) do esôfago; C (AB pH 2,5 + PAS) – Região de transição esôfago/estômago mostrando associação de mucossustâncias neutras e ácidas nas células caliciformes (cc) do esôfago; D (PAS) – Destaque para reatividade positiva de mucossustâncias apicais no epitélio gástrico (cabeças de seta); E (AB pH 2,5) – Região do intestino anterior (ia) indicando mucossustâncias ácidas nas células caliciformes (cc); F (PAS) – Região do intestino posterior (ip) com destaque para células caliciformes (cc) PAS positivas; G e H (PAS) – Diferença de concentração de células caliciformes no intestino anterior (ia) e intestino posterior (ip); I e J (AB pH 2,5 + PAS) – Região retal com evidência de associação de mucossustâncias neutras e ácidas nas células caliciformes (cc) e presença de mucossustâncias apicais nas células epiteliais (setas).

## 5. DISCUSSÃO

Neste trabalho foram descritas as características morfológicas e histoquímicas do tubo digestivo de *H. marginatus*, o qual apresenta-se dividido em cavidade bucofaríngea, esôfago, estômago e intestino. A análise histológica demonstrou que a parede do tubo está constituída pelas camadas mucosa, submucosa, muscular e serosa. Estando, portanto, de acordo com padrão geral básico descrito nos demais peixes teleósteos (GENTEN et al., 2009; MORAES e ALMEIDA, 2014).

A pequena cavidade visceral em relação à estrutura corpórea do animal, aliada ao fato do corpo apresentar-se lateralmente comprimido facilitam o processo de filetagem de *H. marginatus*, tornando o processamento de carcaça rápido. O beneficiamento eficiente e o alto rendimento de filé (53%) dão ao mapará características desejadas pela indústria pesqueira (COSTA et al., 2010).

No presente estudo, durante a análise macroscópica da cavidade bucofaríngea de *H. marginatus*, foram observados rastros branquiais numerosos, longos e finos, característicos do gênero *Hypophthalmus*, conforme descrição feita por CARVALHO (1980) para *Hypophthalmus edentatus*. Esta característica é relatada também para outras espécies com hábito alimentar planctófago, nas quais os rastros branquiais formam uma rede para capturar o plâncton (HAHN et al., 1998; RUST 2002; BALDISSEROTTO, 2009). Ainda, segundo BALDISSEROTTO (2009) o espaço entre os rastros branquiais pode aumentar em certas espécies à medida que o peixe cresce. Entretanto, em *Hypophthalmus edentatus*, CARVALHO (1980) observou que estes espaços permanecem praticamente iguais durante toda a vida do animal, mostrando adaptação e especificidade para este tipo de alimento.

O esôfago de *H. marginatus* se apresentou como um tubo curto e muscular. Em contraste com o restante do tubo digestivo, a camada muscular propriamente dita é constituída por fibras estriadas, enquanto nos demais segmentos do tubo digestivo esta camada apresenta-se composta por músculo liso. Quanto ao direcionamento das fibras musculares esofágicas, foi observado

que a subcamada interna apresentou fibras com disposição longitudinal, enquanto que a subcamada externa apresentou disposição circular.

A musculatura circular do esôfago constribe o tubo, enquanto que a longitudinal aumenta o lúmen, de modo que ação conjunta dessas camadas musculares geram os movimentos peristálticos responsáveis pelo trânsito do alimento no tubo. O fato da musculatura esofágica estar composta por fibras estriadas permite o regurgitamento voluntário do conteúdo ingerido (MORAES e ALMEIDA, 2014). Além da função de deglutição, o esôfago pode apresentar função osmorregulatória em algumas espécies, de modo que esôfagos mais musculares são atribuídos a espécies de água doce, pois auxiliam na eliminação de água do alimento (SMITH, 1980). Levando em consideração que o hábito planctófago de *H. marginatus* permite a ingestão de grande quantidade de água junto com o alimento, um esôfago estruturado com uma espessa camada muscular contribui para remoção do excesso de água.

As pregas mucosas longitudinais do esôfago estão relacionadas com a distensão do órgão e diversos autores relatam a presença de pregas esofágicas bem desenvolvidas, principalmente em espécies que ingerem itens alimentares volumosos (CAL, 2006; RAJI e NOROUZI, 2010; FACCIONI et al., 2014). A camada submucosa do esôfago auxilia na distensão do órgão, pois as fibras colágenas presentes conferem elasticidade à parede do tubo digestivo (CAO e WANG, 2009). Entretanto, nem as pregas longitudinais tampouco a camada submucosa do esôfago de *H. marginatus* se apresentaram muito desenvolvidas, indicando uma capacidade de distensão relativamente limitada, que pode ser justificada pelo tamanho reduzido do alimento ingerido, constituído principalmente por cladóceros (CARVALHO, 1980; HAHN et al., 1998; ABUJANRA e AGOSTINHO, 2002).

O hábito alimentar expõe o epitélio estratificado pavimentoso presente no esôfago de *H. marginatus* à uma abrasão, causada principalmente pelo exoesqueleto e apêndices dos microcrustáceos ingeridos. Na superfície epitelial, as mucossustâncias secretadas pelas células caliciformes têm a função de proteger o epitélio contra injúrias mecânicas e químicas, além de proporcionar defesa imunológica contra microrganismos (GENTEN et al., 2009; LEKNES, 2011; FACCIONI et al. 2014). Esta característica, aliada ao fato dos peixes não

apresentarem glândulas salivares (SCOCCO et al., 1998), justificam a grande quantidade de células caliciformes presente no epitélio de *H. marginatus*.

A análise histoquímica revelou a presença de mucossustâncias neutras e ácidas no epitélio de revestimento esofágico. As mucossustâncias neutras estão ligadas à lubrificação epitelial, enquanto que as ácidas estão relacionadas à proteção imunológica e aumento da viscosidade das secreções (HUMBERT et al., 1984, TIBBETTS, 1997; DOMENEGHINI et al., 2005; DÍAZ et al., 2008). As reações com AB pH 1,0 identificam mucossustâncias sulfatadas, enquanto AB pH 2,5 as carboxiladas (JUNQUEIRA e JUNQUEIRA, 1983; SUVARNA et al. 2012). Os resultados histoquímicos, demonstraram que as células caliciformes do esôfago de *H. marginatus* apresentam alta atividade secretora, principalmente com função de lubrificação e proteção epitelial. Também foi constatada a predominância das mucossustâncias ácidas de natureza carboxilada sobre as sulfatadas.

Ainda, relacionado com a proteção epitelial, diversos autores relataram a presença de células club ou claviformes, principalmente em espécies piscívoras (AL-BANAW et al., 2010; FACCIONI et al. 2014), nas quais essas células liberam suas secreções quando ocorrem lesões no epitélio (NAKAMURA et al., 2001). Entretanto, este tipo de celular esteve ausente em *H. marginatus*. O mesmo foi observado por DÍAZ et al. (2006) em *Odontesthes bonariensis*, espécie também de hábito planctófago. É possível que, por estas espécies possuírem uma alimentação menos agressiva ao epitélio de revestimento, apenas a secreção de mucossustâncias seja suficiente para proteção contra lesões decorrentes da ingestão de zooplâncton no epitélio esofágico.

A análise macroscópica não evidenciou um esfíncter na transição entre esôfago e estômago de *H. marginatus*. Segundo OLSSON (2011), o retorno do alimento para esôfago é evitado pela musculatura da região cárdica do estômago, que ao se contrair, impede o refluxo.

O estômago sifonal é o formato mais comum encontrado em peixes e foi descrito em diversos pimelodídeos, como *Hemisorubim platyrhynchos* (FACCIONI et al. 2014), *Rhamdia quelen* (HERNÁNDEZ et al. 2009) e *Pseudoplatystoma coruscans* (CAL, 2006). Esses peixes são de hábito carnívoro ou onívoro e

apresentaram o estômago sifonal em forma de J. Na espécie estudada, *H. marginatus*, também pertencente à família Pimelodidae, o estômago se apresentou sifonal em forma de U, com região pilórica muscular bem desenvolvida. Entretanto, esta característica difere do encontrado em *Prochilodus lineatus*, caracídeo de hábito alimentar iliófago. Nessa espécie a região pilórica é semelhante à uma moela (MORAES et al., 1997; MAKINO, 2010). Em peixes com hábitos planctófagos, a porção pilórica apresenta funções de trituração e mistura do alimento, quebrando o exoesqueleto do zooplâncton e a parede celular do fitoplâncton (DOMITROVIC, 1983; RUST, 2002; BALDISSEROTTO, 2009; CAO e WANG, 2009). A trituração do alimento em partículas menores pela porção pilórica do estômago disponibiliza maior área de superfície para ação enzimática (RUST, 2002).

A camada muscular propriamente dita do estômago de *H. marginatus*, a qual é composta por fibras musculares lisas dispostas nas subcamadas circular interna e longitudinal externa, está de acordo com o padrão histológico encontrado em peixes (CARRASÓN et al. 2006). A análise histológica evidenciou que a espessura da camada muscular longitudinal externa se manteve praticamente constante ao longo do estômago, de modo que a camada muscular circular interna foi responsável pelos espessamentos nas paredes do estômago e formação do esfíncter pilórico. Esta estrutura controla o esvaziamento gástrico, liberando gradativamente o conteúdo estomacal para o intestino, além de evitar o refluxo do quimo (RUST, 2002). Ainda, segundo o autor, essa liberação moderada de matéria ácida do estômago para o intestino, onde a digestão é neutra, é importante, pois assegura máxima atividade enzimática.

De acordo com KAAPOR et al. (1975) e GONÇALVES et al. (2013) o tamanho do estômago está relacionado com o intervalo entre as refeições e a natureza da dieta. Além disso, espécies detritívoras e/ou planctófagas costumam apresentar estômago com capacidade reduzida de armazenamento (BALDISSEROTTO, 2009). O estômago de *H. marginatus* apresentou-se mais muscular que distensível. Entretanto, a região fúndica pode apresentar maior capacidade de distensão por apresentar uma submucosa desenvolvida e camada muscular reduzida em relação à região pilórica. Considerando ainda, que o zooplâncton é um alimento abundante e relativamente fácil de se obter no habitat

natural dessa espécie, a alimentação pode ocorrer com maior frequência, não havendo a necessidade da ingestão de grandes quantidades de alimento.

O estômago de *H. marginatus* foi a única região do tubo digestivo na qual foi observado a presença de uma camada muscular da mucosa. Esta camada muscular promove a movimentação da camada mucosa, independente de outros movimentos do tubo digestivo, aumentando o contato da mucosa com o alimento (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013) e promovendo movimentação dos fluidos na superfície da mucosa (DÍAZ et al., 2003)

A lâmina própria da camada mucosa de *H. marginatus* apresentou, nas regiões cárdica e fúndica, glândulas gástricas tubulares, as quais secretam ácido clorídrico e pepsinogênio a partir das células oxintopépticas (WILSON e CASTRO, 2011; FACCIOLI et al., 2014). A secreção dessas glândulas desemboca na superfície epitelial através das chamadas criptas ou fossetas gástricas (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013). A ausência de glândulas gástricas na região pilórica reforça a função de digestão mecânica desse segmento do estômago.

O epitélio de revestimento gástrico de *H. marginatus*, é do tipo simples colunar, desprovido de células caliciformes, conforme descrito em outras espécies Neotropicals (HERNÁNDEZ et al. 2009; FACCIOLI et al. 2014). A análise histoquímica revelou a presença de mucossubstâncias apicais neutras nas células epiteliais. Essas mucossubstâncias estão envolvidas na proteção contra a acidez elevada do estômago (SCOCCO et al., 1998; DOMENEGHINI et al., 2005), ao fornecimento de cofatores para ação enzimática (DÍAZ et al., 2003) e para auxiliar na absorção de substâncias facilmente digeridas (GRAU et al., 1992). Quanto à secreção de mucossubstâncias ácidas, apesar de terem sido relatadas em algumas espécies (DOMENEGHINI et al. 1998; DÍAZ et al., 2008), a análise histoquímica não detectou a presença destas nas células epiteliais do estômago de *H. marginatus*.

De um modo geral, a digestão mecânica (trituração e mistura) e digestão química (adição de HCl, digestão parcial de proteínas e lipídeos por enzimas) que ocorrem no estômago transformam o bolo alimentar em uma massa viscosa denominada quimo (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013). Segundo GONÇALVES et al. (2013) a função do intestino em peixes, é completar a digestão iniciada no estômago e absorver de nutrientes, água e íons.

O trânsito do alimento no intestino é ocasionado pela atividade peristáltica, resultante da ação conjunta das camadas musculares circular interna e longitudinal externa. Essas camadas se mostraram bem desenvolvidas no intestino de *H. marginatus*, estando de acordo com o descrito para peixes por GENTEN et al. (2009).

Em espécies que se alimentam de itens pouco digestíveis, como as herbívoras e detritívoras, o intestino tende a ser mais comprido do que em espécies carnívoras (GENTEN et al. 2009; GONÇALVES et al. 2013). Entretanto, essa generalização deve ser feita com cautela, pois existem inúmeras exceções (SMITH, 1989). No presente estudo, a espécie *H. marginatus* apresentou o intestino enovelado, com quociente intestinal de  $2,14 \pm 0,5$ , i.e., o comprimento do intestino é, em média, 2,14 vezes o comprimento total do indivíduo. Estes dados estão próximos ao encontrado por CARVALHO (1980) em *Hypophthalmus edentatus*, no qual o comprimento do intestino foi de aproximadamente duas vezes o comprimento padrão do animal.

A presença de pregas no intestino está relacionada com a dilatação do tubo, aumento da área de absorção e retardamento do trânsito intestinal, auxiliando a digestão e absorção de nutrientes (CAO e WANG, 2009; LØKKA et al., 2013). Em *H. marginatus*, o intestino apresentou pregas longitudinais por toda sua extensão, sendo mais proeminentes na região do intestino anterior, e tornando-se menos desenvolvidas conforme avançam em direção ao reto. Segundo FACCIOLI et al. (2014), estas características permitem a expansão da região anterior para receber alimento pré-digerido do estômago e completar o processo digestivo, enquanto a diminuição do tamanho das pregas pode estar relacionada com processos de armazenamento e concentração do bolo alimentar, por meio de absorção de água e íons.

Outra estrutura relacionada à melhora da digestão e absorção descrita em peixes são os cecos pilóricos (MORAES et al. 1997; ALBRECHT et al. 2001; RUST 2002; MAKINO 2010; LØKKA et al., 2013). Entretanto, o *H. marginatus* é desprovido de tal estrutura, assim como foi observado em outros pimelodídeos onívoros ou carnívoros (CAL, 2006; HERNÁNDEZ et al. 2009; FACCIOLI et al. 2014).

O epitélio de revestimento do intestino de *H. marginatus* está composto principalmente por enterócitos e células caliciformes. A absorção de nutrientes ocorre na borda em escova dos enterócitos, a qual aumenta a superfície de absorção e é responsável pela produção de algumas enzimas, e.g., fosfatase alcalina (RUST, 2002).

As células caliciformes se apresentaram mais numerosas na porção posterior do intestino e no reto em comparação à região anterior do intestino de *H. marginatus*. As mucossustâncias neutras secretadas por essas células apresentam diversas funções: (1) promovem a lubrificação do epitélio, facilitando o trânsito intestinal; (2) combinam-se com a fosfatase alcalina, auxiliando na digestão e absorção de nutrientes; (3) promovem emulsificação do quimo e (4) fornecem cofatores para atividade enzimática (CLARKE e WITCOMB, 1980; ANDERSON, 1986; GRAU et al. 1992; CARRASSÓN, 2006;). Enquanto que as mucossustâncias ácidas apresentam principalmente funções protetoras: (1) evitam degradação do epitélio pelas glicosidases; (2) aumentam a resistência do muco à degradação bacteriana e (3) promovem a estabilização da pepsina (RHODES et al. 1985; SPICER e SCHULTE, 1992; CARRASSÓN et al. 2006).

Na região do reto, ocorreu a presença de células epiteliais com mucossustâncias apicais tanto neutras quanto ácidas, ambas relacionadas à proteção e lubrificação epitelial, facilitando os processos de defecação (FERRARIS et al., 1987; CARRASSÓN et al., 2006; SHI et al. 2007).

Associando a morfologia do intestino de *H. marginatus* com a análise histoquímica de mucossustâncias presentes no epitélio de revestimento, é possível relacionar as regiões anterior e média do intestino como sendo os principais sítios de absorção de nutrientes, enquanto que a região posterior e reto se mostraram responsáveis pela formação e eliminação do bolo fecal. As atividades atribuídas à essas regiões estão de acordo com o observado em outras espécies (CARRASSÓN et al., 2006; CAO e WANG 2009; FACCIOLI et al. 2014). De acordo com GRAU et al. (1992) e MURRAY et al. (1996), a porção anterior do intestino é responsável principalmente pela absorção de lipídeos, enquanto que as porções média e posterior estão relacionadas com a absorção de macromoléculas proteicas (FACCIOLI et al. 2014).

## 6. CONCLUSÃO

A partir das descrições morfológicas e histoquímicas realizadas neste trabalho, foi possível concluir que o *H. marginatus* apresenta o tubo digestivo adaptado ao hábito alimentar planctófago, apresentando as seguintes características morfofuncionais:

- Cavidade bucofaríngea com rastros branquiais longos, finos e numerosos, especializados na retenção de zooplâncton;
- Esôfago curto, muscular, pouco distensível e com abundância de células secretoras de muco;
- Estômago sifonal em forma de U, com região pilórica bastante desenvolvida, pouca capacidade de armazenamento e dividido morfológicamente em regiões cárdica, fúndica e pilórica;
- Intestino enovelado, com pregas longitudinais, dividido em quatro regiões morfológicas, sendo que as regiões anterior e média são os principais sítios de absorção de nutrientes e as regiões posterior e reto são responsáveis pela formação e eliminação do bolo fecal.

## 7. REFERÊNCIAS

Abujanra, F., Agostinho, A.A., 2002. Dieta de *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 1829) (Osteichthyes, Hypophthalmidae) e variações de seu estoque no reservatório de Itaipu. *Acta Sci.* 24, 401-410.

Al-Banaw, A., 2010. Histochemical analysis of glycoconjugates in the skin of a catfish (*Arius tenuispinis*, Day). *Anat. Histol. Embryol.* 39, 42–50.

Albrecht, M.P., Ferreira, M.F.N., Caramaschi, E.P., 2001. Anatomical features and histology of the digestive tract of two related neotropical omnivorous fishes (Caraciformes; Anostomidae). *J. Fish Biol.* 58, 419–430.

Alcântara Neto, C. P., 1994. Ecologia da pesca dos maparás, *Hypophthalmus* spp. (Siluriformes, Hypophthalmidae), no lago Grande de Monte Alegre, Baixo Amazonas, Pará. Dissertação, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, pp 1-141.

Ambrósio, A. M. Gomes, L. C. Agostinho. A. A., 2003. Age and growth of *Hypophthalmus edentatus* (Spix), (Siluriformes, Hypophthalmidae) in the Itaipu Reservoir, Paraná, Brazil. *Rev. Bras. Zool.* 20, 183-190.

Anderson, T.A., 1986. Histological and cytological structure of the gastrointestinal tract of the luderick, *Girella tricuspidata* (Pisces, Kyphosidae), in relation to diet. *J. Morphol.* 190, 109–119.

Araújo-Lima, C.A.R.M., Ruffino, M.L., 2003. Migratory fishes of the Brazilian Amazon. in: Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Ross, C.; Baer, A. (Eds.). *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. World Fisheries Trust, Victoria, Canadá, pp233–291.

Baldisserotto, B., 2009. *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. Editora UFSM, Santa Maria, pp 1-350.

Beerli, E.L., Logato, P.V.R., Freitas, R.T.F., 2004. Alimentação e comportamento de larvas de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Ciênc. Agrotéc.* 28, 149-155.

Bertin, L., 1958. Appareil digestif. in: GRASSÉ, P.P. Traite de zoologie. Masson, Paris, pp 1248-1302.

Cal, J.A., 2006. Histologia do trato digestório de Surubim-Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans* – Agassiz, 1829). Dissertação, Universidade de São Paulo, São Paulo, pp 1-87.

Camargo, S. A. F., Petrere Jr, M., 2004. Análise de risco aplicada ao manejo precaucioário das pescarias artesanais na região do reservatório da UHE-Tucuruí. Acta Amaz. 34, 473-485.

Cao, X.J., Wang, W.M., 2009. Histology and mucin histochemistry of the digestive tract of yellow catfish, *Pelteobagrus fulvidraco*. Anat. Histol. Embryol. 38, 254–261.

Carrassón, M., Grau, A., Dopazo, L.R., Crespo, S., 2006. A histological, histochemical and ultrastructural study of the digestive tract of *Dentex dentex* (Pisces, Sparidae). Histol. Histopathol. 21, 579–593.

Carvalho, F.M., 1980. Alimentação do mapará (*Hypophthalmus edentatus* SPIX, 1829) do lago do Castanho, Amazonas (Siluriformes, Hypophthalmidae). Acta Amaz. 10, 545-555.

Carvalho, J.L., 1978. Contribuição ao conhecimento da biologia do mapará *Hypophthalmus perporosum* COPE 1878 (Pisces: Hypophthalmidae) no baixo e médio Tocantins. Bol. Fac. Ciênc. Agrár. Pará. 10, 39-57.

Cintra, I.H.A., Pinheiro, J.C.R., Juras, A.A., Souza, R.F.C., Ogawa, M., 2008. Biologia do mapará, *Hypophthalmus marginatus* (Valenciennes, 1840), no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Pará-Brasil). Bol. Téc.-Cient. CEPNOR. 8, 83-95.

Clarke, A.J., Witcomb, D.M., 1980. A study of the histology and morphology of the digestive tract of the common eel (*Anguilla anguilla*). J. Fish Biol. 16, 159–170.

Costa, T. V., Oshiro, L.M.Y., Silva, E.C.S., 2010. O potencial do Mapará *Hypophthalmus* Spp. (Osteichthyes, Siluriformes) como uma espécie alternativa para a piscicultura na Amazônia. Bol. Inst. Pesc. São Paulo. 36, 165 – 174.

Cutrim, L., Batista, V.S., 2005. Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. Acta Amaz. 35, 85–92.

Díaz, A.O., García, A.M., Devincenti, C.V., Goldemberg, A.L. 2003. Morphological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in *Engraulis anchoita*. Anat. Histol. Embryol., 32, 341-346.

Díaz, A.O., Escalante, A.H., García, A.M., Goldemberg, A.L., 2006. Histology and histochemistry of the pharyngeal cavity and oesophagus of the silverside *Odontesthes bonariensis* (Cuvier and Valenciennes). Anat. Histol. Embryol. 35, 42-46.

Díaz, A.O., García, A.M., Goldemberg, A.L., 2008. Glycoconjugates in the mucosa of the digestive tract of *Cynoscion guatucupa*: a histochemical study. Acta Histochem. 110, 76–85.

Domeneghini, C., Pannelli Straini, R., Veggetti, A., 1998. Gut glycoconjugates in *Sparus aurata* L. (Pisces, Teleostei). A comparative histochemical study in larval and adult ages. Histol. Histopathol. 13, 359–372.

Domeneghini, C., Arrighi, S., Radaelli, G., Bosi, G., Veggetti, A., 2005. Histochemical analysis of glycoconjugates secretion in the alimentary canal of *Anguilla anguilla* L. Acta Histochem. 106, 477–487.

Domitrovic, H.A., 1983. Histologia dei trato digestivo del sabalo (*Prochilodus p/alensis*. Holmberg, 1880; Pisces, Prochilodontidae). Physis sect B. 41, 57-67.

Faccioli, C.K., Chedid, R.A., Amaral, A.C., Vicentini, I.B.F., Vicentini, C.A., 2014. Morphology and histochemistry of the digestive tract in carnivorous freshwater *Hemisorubim platyrhynchos* (Siluriformes: Pimelodidae). Micron. 64, 10-19.

Fanta, E., Rios, F.S., Romão, S., Vianna, A.C.C., Freiburger, S., 2003. Histopathology of the fish *Corydoras paleatus* contaminated with sublethal levels of organophosphorus in water and food. Ecotoxicol. Environ. Saf. 54, 119–130.

Ferraris, R.P., Tan, J.D., de la Cruz, M.C., 1987. Development of the digestive tract of milkfish, *Channos chanos*. Aquaculture 61, 241–257.

Fishelson, L., Golani, D., Russell, B., Galil, B., Goren, M., 2011. Comparative morphology and cytology of the alimentary tract in lizard fishes (Teleostei, Aulopiformes, Synodontidae). *Acta Zool.* 93, 308–318.

Freitas, C.E.C., Rivas, A.A.F., 2006. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Ocidental. *Ciênc. Cult.* 58, 30-32.

Galvão, M.N.S., Fenerich-Verani, N., Yamanaka, N., Oliveira, I.R., 1997. Histologia do sistema digestivo da tainha *Mugil platunus* Gunther, 1880 (Osteithes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. *Bol. Inst. Pesca.* 24, 91-100.

Genten, F., Terwinghe, E., Danguy, A., 2009. Atlas of fish histology. Science Publishers, Enfueld.

Gonçalves, L. U., Rodrigues, A.P.O., Moro, G.V., Cargnin-Ferreira, E., Cyrino, J.E., 2013. Morfologia e fisiologia do sistema digestório em peixes. in: nutriqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, SC, pp 9-36.

Grau, A., Crespo, S., Sarasquete, M.C., Gonzales De Canales, M.L., 1992. The digestive tract of the amberjack *Seriola dumerili* Risso: a light and scanning electron microscope study. *J. Fish Biol.* 41, 287–303.

Hahn, N.S., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Bini, L.M., 1998. Estrutura trófica da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná-Brasil) nos primeiros anos de sua formação. *Interciência* 23, 299-305.

Hernández, D.R., Pérez Ganeselli, M., Domitrovic, H.A., 2009. Morphology, histology and histochemistry of the digestive system of south american catfish (*Rhamdia quelen*). *Int. J. Morphol.* 27, 105–111.

Humbert, W., Kirsch, R., Meister, M.F., 1984. Scanning electron microscopic study of the oesophageal mucous layer in the eel *Anguilla anguilla* L. *J. Fish Biol.* 25, 117–122.

Junqueira, L.C., Carneiro, J., 2013. Histologia básica. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

Junqueira, L.C.U., Junqueira, L.M.M.S., 1983. Técnicas básicas de citologia e histologia. Editora Santos, São Paulo.

Kapoor, B.G., Smit, H., Verighina, I.A., 1975. The alimentary canal and digestion in teleosts. in: Russell, F.S., Young, M. (Eds.), Advances in marine biology. Academic Press, London, pp. 109–239.

Kris-Etherton, P.M., Grieger, J.A., Etherton, T.D., 2009. Dietary reference intakes for DHA and EPA. Prostaglandins, Leukot. Essent. Fat. Acids 81, 99–104.

Kubitza, F., 1999. Nutrição e alimentação dos peixes cultivados. Editora E. Kubitza, Jundiaí.

Leknes, I.L., 2011. Histochemical studies on mucin-rich cells in the digestive tract of the Buenos Aires tetra (*Hyphessobrycon anisitsi*). Acta Histochem. 113, 353-357.

López-Fernández, H., Winemiller, K.O., 2000. A review of Venezuelan species of *Hypophthalmus* (Siluriformes: Pimelodidae). Ichthyological Explor.Freshw. 11, 35-46.

Løkka, G., Austbø, L., Falk, K., Bjerkå, I., Koppang, E.O., 2013. Intestinal morphology of the wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). J. Morphol. 274, 859–876.

Maciel, H.V., 2010. Reprodução de espécies de peixes em lago de várzea, Manacapuru, AM. Dissertação, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM. pp 1-86.

Makino, L.C., 2010. Estrutura, ultraestrutura e histoquímica do aparelho digestório do *Prochilodus Lineatus*. Análise da diversidade da microbiota intestinal de *Prochilodus Lineatus* E *Pterygoplichthys Anisitsi*. Dissertação, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. pp 1-92.

Martins, J.C., Juras, A.A., Araújo, M.A.S., Mello Filho, A.S., Cintra, I.H. A., 2011. Seletividade da rede malhadeira-fixa para a captura do Mapará, *Hypophthalmus Marginatus*, no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, estado Do Pará, Brasil. Bol. Inst. Pesca São Paulo 37, 123-133.

Ministério da Pesca e Aquicultura, [MPA] 2012. Boletim estatístico da pesca e aquicultura - Brasil 2010. MPA, Brasília.

Moraes, G., Almeida, L.C., 2014. Nutrição e aspectos funcionais da digestão de peixes. in: BALDISSEROTTO, B. Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce. FUNEP, Jaboticabal. pp. 233-252.

Moraes, M.F.P.G., Barbola, I.F., Guedes, E.A.C., 1997. Alimentação e relações morfológicas com o aparelho digestivo do curimatá, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) (Osteichthyes, Prochilodontidae), de uma lagoa do sul do Brasil. Rev. Bras. Zool. 1, 169-180.

Murray, H.M., Wright, G.M., Goff, G.P., 1994. A comparative histological and histochemical study of the stomach from three species of *Pleuronectid*, the Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*, the yellowtail flounder, *Pleuronectes ferruginea*, and the winter flounder, *Pleuronectes americanus*. Can. J. Zool. 72, 1199-1210.

Murray, H.M., Wright, G.M., Goff, G.P., 1996. A comparative histological and histochemical study of the post-gastric alimentary canal from three species of *Pleuronectid*, the Atlantic halibut, the yellowtail flounder and the winter flounder. J. Fish Biol. 48, 187–206.

Nakamura, O., Watanabe, T., Kamiya, H., Muramoto, K., 2001. Galectin containing cells in the skin and mucosal tissues in Japanese conger eel, *Conger myriaster*: an immunohistochemical study. Dev. Comp. Immunol. 25, 431–437.

Nikolsky, G.V., 1963. The ecology of fishes. 352p. Academic Press. London. pp 1-352.

Norton, S.F., 1991. Capture success and diet of cottid fishes: the role of predator morphology and attack kinematics. Ecology 72, 1807-1819.

National Research Council [NRC], 2011. Nutrients requeriments of fFish and shrimp. The National Academy Press. Washington, DC, USA.

Oliveira, E.R.N., Agostinho, A.A, Matsushita, M., 2003. Effect of biological variables and capture period on the proximate composition and fatty acid composition of the dorsal muscle tissue of *Hypophthalmus edentatus* (Spix, 1829), Braz. Arch. Biol. Technol. 46, 105-114.

Olsson, C., 2011. The gut. Gut anatomy and morphology: gut anatomy. In: Farrell, A. P. Gas exchange, internal homeostasis and food uptake. encyclopedia

of fish physiology: from genome to environment. Academic Press, San Diego, CA, USA. pp. 1268-1275.

Petrinec, Z., Nejedly, S., Kuzir, S., Opacak, A., 2005. Mucosubstances of the digestive tract mucosa in northern pike (*Esox lucius* L.) and european catfish (*Silurus glanis* L.). Vet. Arch. 75, 317-327.

Raji, A.R., Norouzi, E., 2010. Histological and histochemical study on the alimentary canal in Walking catfish (*Claris batrachus*) and piranha (*Serrasalmus nattereri*). Iran. J. Vet. Res. 11, 255-261.

Rhodes, J.M., Black, R.R., Gallimore, R., Savage, A., 1985. Histochemical demonstration of desialation and desulphation of normal and inflammatory bowel disease rectal mucus by faecal extracts. Gut 26, 1312–1318.

Rust, M. B., 2002. Nutritional physiology. In: HALVER, J. E. and HARDY, R. W. Fish Nutrition. Academic press. San Diego. California, USA. pp 367-505.

Santos, G.M., Ferreira, E.J.G., Zuanon, J.A.S., 2006. Peixes Comerciais de Manaus. Manaus: IBAMA/ProVárzea. pp 1-144.

Scocco, P., Accili, D., Menghi, G., Ceccarelli, P., 1998. Unusual glycoconjugates in the esophagus of a tilapine polyhybrid. J. Fish Biol. 53, 39–48.

Shi, G., Wang, J.X., Liu, X.Z., Wang, R.X., 2007. Study on histology and histochemistry of digestive tract in *Sebastiscus marmoratus*. Chin. J. Fish. 31, 293–302.

Smith, L.S., 1980. Digestion in teleost fishes. in: Fish feed technology. lectures presented at the FAO/UNDP training course in fish feed technology. Food and Agriculture Organization of the United Nation [FAO], Rome, Italy, 1980.

Smith, L. S., 1989. Digestive functions in teleosts fishes. in: Halver, J.E. eds. Fish nutrition. Academic Press, San Diego. pp. 331-421.

Spicer, S.S., Schulte, B.A., 1992. Diversity of cell glycoconjugates shown histochemically: a perspective. J. Histochem. Cytochem. 40, 1–38.

Suvarna, S.K., Layton, C., Bancroft, J.D., 2012. Bancroft's theory and practice of histological techniques, seventh ed. Churchill Livingstone, London.

Tan, C.K., Teh, Y.F., 1974. The structure of the gut of a coral fish *Chelmon rostratus* Cuvier. *Okajimas Folia Anat. Jpn.* 51, 63-79.

Tibbetts, I.R., 1997. The distribution and function of mucous cells and their secretions in the alimentary tract of *Arrhamphus sclerolepis krefftii*. *J. Fish Biol.* 50, 809–820.

Wilson, J.M., Castro, L.F.C., 2010. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. in: Grosell, M., Farrell, A.P., Brauner, C.J. (Eds.), *Fish physiology: the multifunctional gut of fish*. Academic Press, San Diego, pp. 1–55.