

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANÁLISES MORFOLÓGICAS, MORFOMÉTRICAS E HISTOQUÍMICAS DO TUBO
DIGESTIVO DE *Brycon amazonicus* (SPIX & AGASSIZ, 1829)

Fernando Luciano De Jesus

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Ciências Biológicas, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Uberlândia – MG

Dezembro – 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANÁLISES MORFOLÓGICAS, MORFOMÉTRICAS E HISTOQUÍMICAS DO
TUBO DIGESTIVO DE *Brycon amazonicus* (SPIX & AGASSIZ, 1829)

Fernando Luciano De Jesus

Prof. Dr. Claudemir Kuhn Faccioli

Orientador

Monografia apresentada à Coordenação
do Curso de Ciências Biológicas, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Uberlândia – MG

Dezembro – 2020

Fernando Luciano De Jesus

**ANÁLISES MORFOLÓGICAS, MORFOMÉTRICAS E HISTOQUÍMICAS DO
TUBO DIGESTIVO DE *Brycon amazonicus* (SPIX & AGASSIZ, 1829)**

Monografia

apresentada à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado pela Banca Examinadora em: 10 / 12 / 2020

Prof. Dr. Claudemir Kuhn Faccioli

Departamento de Anatomia Humana, ICBIM/UFU
Presidente da Banca Examinadora

Profa. Dra. Daniela Cristina de Oliveira Silva

Departamento de Anatomia Humana, ICBIM/UFU

Profa. Dra. Renata Alari Chedid

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FEA

Uberlândia, 14 de dezembro de 2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha tia-mãe Alexsânia Fabiana Alves que é a pessoa que cuida de mim a vida toda, aos padrinhos que moram comigo Maria Abadia Alves e Walter Alves, aos meus pais de coração Marcelo D'laglio e Hamilton Eustáquio Da Silva, a minha noiva Gabriela Viera Goto que esteve comigo em todos os momentos me ajudando em todas as situações e a minha mãe biológica Magnólia Aparecida De Jesus.

Ao meu orientador Prof. Dr. Claudemir Kuhn Faccioli por toda orientação, paciência e por me proporcionar essa grande oportunidade de realizar esse trabalho.

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), ao ICBIM (Instituto de Ciências Biomédicas), local no qual desenvolvi as atividades. Em especial, aos técnicos desse Instituto Lázaro Antônio dos Santos, Igor Bernardes Rodrigues, Lorena Tannús Menezes dos Reis, Fabrício Faria Araújo e Ester Cristina Borges Araujo e aos professores Daniela Cristina de Oliveira Silva, Frederico Balbino Lizardo, Renata Graciele Zanon, Roberto Bernardino Júnior e Karen Renata Nakamura Hiraki. Agradecimentos ao professor da INBIO (Instituto de Biologia) Marcelo de Oliveira Gonzaga. Todas essas pessoas citadas foram de grande importância para a realização desse trabalho.

À Coordenação do Curso de Ciências Biológicas Leandro Duarte Fraga, Stephania Olímpio Marçal e Gilvane Gonçalves Côrrea, que realizam um excelente trabalho contribuindo para a formação dos estudantes de Biologia.

Agradeço ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica.

Aos meus amigos Matheus Campos Hugo Sanchez, Michele Sales, Júlia Sousa, Rodrigo Braga, Gustavo Antônio e Ives Yonemura que me ajudaram em toda essa longa caminhada.

RESUMO

O tubo digestivo de peixes apresenta grande diversidade morfológica e o estudo de suas características estruturais é importante para compreender a fisiologia digestiva, facilitando o manejo de espécies. Assim, este trabalho analisou a anatomia, morfometria, histologia e a histoquímica do tubo digestivo de *Brycon amazonicus*, espécie muito utilizada em piscicultura devido à qualidade da carne e esportividade. Foram utilizados 18 exemplares adultos ($36,2 \text{ cm} \pm 4,3$ e $1,17 \text{ kg} \pm 0,34$) foram coletados em piscicultura e eutanasiados em cloridrato de benzocaína (CEUA Proc: 1005/2017). As amostras foram dissecadas, mensuradas com paquímetro e fotodocumentadas utilizando câmera digital e estereomicroscópio. Para estudos histológicos e histoquímicos, fragmentos de tecido foram fixados em solução de Bouin e submetidos à rotina de inclusão em historesina e em parafina. Posteriormente, os materiais histológicos foram corados com hematoxilina e eosina, azul de toluidina a 1%, *metanil yellow*, tricrômico de Masson. Já os materiais histoquímicos foram corados com ácido periódico de Schiff (PAS), Alcian Blue (AB pH 1,0 e pH 2,5) e AB (pH 2,5) + PAS. O esôfago apresenta pregas longitudinais para facilitar a passagem de alimentos. O estômago sacular foi dividido em regiões cárdica com pregas longitudinais, fúndica que apresenta pregas em diferentes orientações e pilórica com musculatura desenvolvida caracterizando um esfíncter. O intestino apresentou-se curto dividido em anterior, médio, posterior e reto. As pregas intestinais são transversais e espessas, principalmente na região anterior, diminuindo em espessura em direção aboral, aumentando o tempo de retenção do alimento. O comprimento do intestino foi $39,8 \text{ cm} \pm 7$ e coeficiente intestinal 1,1. O intestino apresentou em média 54 cecos pilóricos, simples ou com duas a cinco ramificações. Internamente os cecos pilóricos foram observados pregas longitudinais, facilitando a entrada e saída de alimento. *Brycon amazonicus* é uma espécie onívora, mas seu coeficiente intestinal 1,1, estômago distensível e intestino curto são características típicas de peixes carnívoros. No entanto, as pregas transversais e o grande número de cecos pilóricos auxiliam na digestão e absorção de alimentos de difícil digestão de sua dieta. Em relação a histologia e histoquímica, o esôfago apresentou epitélio de revestimento estratificado pavimentoso com a presença de células epiteliais e caliciformes repletas de mucossubstâncias ácidas e neutras. O estômago apresentou camada mucosa formada pelo epitélio de revestimento simples colunar com células epiteliais possuindo mucossubstâncias apicais em sua maioria neutra, além de ser possível observar uma porção glandular bem desenvolvida na região da cárdica e fúndica. Já a

região pilórica aglandular foi possível observar uma camada muscular espessa (esfíncter pilórico). O intestino apresentou epitélio de revestimento colunar simples com a presença de células absorptivas ou enterócitos com borda em escova e células caliciformes repletas de mucinas neutras e ácidas. O reto e os cecos pilóricos apresentaram características histológicas e histoquímicas semelhantes ao intestino, mas na região do reto foi possível observar um grande desenvolvimento da camada muscular interna. As mucossubstâncias ou mucinas de caráter ácido e neutro presente em todo tubo digestivo apresenta função geral de proteção e lubrificação do epitélio.

Palavras-chave: peixes; tubo digestivo; cecos pilóricos; coeficiente intestinal; célula caliciforme; mucossubstâncias.

ABSTRACT

The digestive tube of fish has great morphological diversity and the study of its structural characteristics is important to understand the digestive physiology, facilitating the management of species. Thus, this work analyzed the anatomy, morphometry, histology and histochemistry of the digestive tract of *Brycon amazonicus*, a species widely used in fish farming due to the quality of meat and sportsmanship. Eighteen adult specimens ($36.2 \text{ cm} \pm 4.3$ and $1.17 \text{ kg} \pm 0.34$) were collected in fish farming and euthanized in benzocaine hydrochloride (CEUA Proc: 1005/2017). The samples were dissected, measured with a caliper and photo-documented using a digital camera and stereomicroscope. For histological and histochemical studies, tissue fragments were fixed in Bouin's solution and subjected to the routine of inclusion in historesin and paraffin. Subsequently, the histological materials were stained with hematoxylin and eosin, 1% toluidine blue, methanyl yellow, Masson's trichrome. The histochemical materials were stained with periodic acid from Schiff (PAS), Alcian Blue (AB pH 1.0 and pH 2.5) and AB (pH 2.5) + PAS. The esophagus has longitudinal folds to facilitate the passage of food. The sacular stomach was divided into cardiac regions with longitudinal folds, funica that presents folds in different orientations and pyloric with developed musculature characterizing a sphincter. The intestine was short divided into anterior, medium, posterior and rectum. The intestinal folds are transversal and thick, mainly in the anterior region, decreasing in thickness in the aboral direction, increasing the food retention time. The intestine length was $39.8 \text{ cm} \pm 7$ and the intestinal coefficient was 1.1. The intestine presented on average 54 pyloric caeca, simple or with two to five branches. Internally the pyloric caecae were observed longitudinal folds, facilitating the entry and exit of food. *Brycon amazonicus* is an omnivorous species, but its intestinal coefficient 1.1, distensible stomach and short intestine are typical characteristics of carnivorous fish. However, the transverse folds and the large number of pyloric caecae aid in the digestion and absorption of foods that are difficult to digest in your diet. In relation to histology and histochemistry, the esophagus presented a stratified pavement lining epithelium with the presence of epithelial and goblet cells filled with acidic and neutral mucosubstances. The stomach presented a mucous layer formed by the columnar simple lining epithelium with epithelial cells having apical mucosubstances mostly neutral, in addition to being able to observe a well-developed glandular portion in the cardiac and fundal region. The aglandular pyloric region, on the other hand, showed a thick muscular layer (pyloric sphincter). The intestine

presented simple columnar lining epithelium with the presence of absorptive cells or enterocytes with a brush border and goblet cells filled with neutral and acidic mucins. The rectum and pyloric cecum showed similar histological and histochemical characteristics to the intestine, but in the rectum region it was possible to observe a great development of the internal muscular layer. Mucosubstances or mucins of an acid and neutral character present in all digestive tract have a general function of protection and lubrication of the epithelium.

Keywords: fish; digestive tube; pyloric caeca; intestinal coefficient; goblet cell; mucosubstance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Análises das amostras na lupa acoplada com câmera	19
Figura 2. Morfometria do intestino com auxílio do paquímetro.....	20
Figura 3. Procedimento de inclusão em parafina	22
Figura 4. Procedimento de microtomia.	23
Figura 5. Fragmento em banho-maria.....	24
Figura 6. Coleta ou “pescagem” dos cortes com a lâmina.....	25
Figura 7. A – Exemplar adulto de <i>B. amazonicus</i> , sendo possível observar o comprimento total. B e C – Visão geral do tubo digestivo, observando o estômago, intestino, cecos pilóricos, fígado e a vesícula biliar. Abreviações: FG-Fígado; CE-Cecos pilóricos; EST-Estômago; INT-Intestino; VS-Vesícula biliar. Barra de escala: A: 3 cm; B e C: 3,7 cm.....	26
Figura 8. Anatomia do esôfago de <i>B. amazonicus</i> . A – Visão externa do esôfago e estômago, o formato tubular do esôfago (seta). B – Secção longitudinal do esôfago e estômago, notar o formato das pregas longitudinais (asterisco) no esôfago. C – É possível visualizar a parede do esôfago (círculo), além de observar com nitidez as pregas longitudinais do esôfago e da região da cárdica. D – A transição entre esôfago e estômago onde se percebe uma diferença de musculatura (colchete). Abreviações: ES-Esôfago; EST- Estômago. Barra de escala: A e B: 3,7 cm; C e D: 2 mm.....	28
Figura 9. Histologia e histoquímica do esôfago de <i>B. amazonicus</i> . A – Camada mucosa com epitélio de revestimento (er). A camada submucosa contínua com a lâmina própria da porção mucosa pelo fato de não apresentar camada muscular na mucosa (lm/sm). Em seguida à camada muscular, internamente, as fibras possuem orientação longitudinal (cml) e externamente circular (cmc). Coloração azul de toluidina. B – Células caliciformes com presença de mucinas ácidas e mucinas neutras. C – Células caliciformes alongadas com núcleo basal repletas das mucinas neutras. Coloração: A- Azul de toluidina; B- AB pH 2,5 + PAS; C- PAS. Abreviações: er- epitélio de revestimento; lm/sm- lâmina própria e camada submucosa; cml- camada muscular longitudinal interna; cmc- camada muscular circular externa; cc- célula caliciforme. Barra de escala: A: 250µm; B: 100µm; C: 20µm.....	29
Figura 10. Histoquímica do esôfago de <i>B. amazonicus</i> . A – O botão gustativo presente no esôfago (bg). B – Essa imagem é a mesma da A, porém utilizando uma coloração diferente. Assim, é possível observar apenas as células caliciformes (cc), não sendo capaz de visualizar o botão gustativo. Coloração: A- PAS; B- AB pH 2,5. Abreviações: cc- células caliciformes; bg- botão gustativo Barra de escala: A e B: 50µm.....	30

Figura 11. Histoquímica da transição de estômago e esôfago de *B. amazonicus*. A e B – A região de transição entre esôfago (ES) e estômago (EST). A parte esofágica apresenta grande quantidade de células caliciformes (cc). Já a região do estômago apresenta mucossustâncias apicais (ma) em suas células epiteliais sem a presença das células caliciformes. Coloração: PAS. Abreviações: cc- células caliciformes; ma- mucossustâncias apicais; ES- Esôfago; EST- estômago. Barra de escala: A e B: 100µm.....31

Figura 12. Anatomia geral do estômago de *B. amazonicus*. A – Estômago dilatado com a presença do alimento. B – Secção longitudinal do estômago demonstrando a dilatação das pregas (seta) que se molda no formato do alimento para melhor acomodação do mesmo. C – Secção longitudinal demonstrando as regiões do estômago. D – Secção longitudinal da região pilórica do estômago com uma musculatura bem desenvolvida (colchete). E – São visíveis as pregas em diferentes orientações na região fúndica do estômago. Abreviações: CD - Cárdica; FU - Fúndica; PI – Pilórica. Barra de escala: A e B: 5 mm; C: 3,7 mm e D e E: 2 mm..... 33

Figura 13. Histologia e histoquímica do estômago de *B. amazonicus*. A – Epitélio de revestimento (er) e a lâmina própria com região glandular espessa (gg). B – A camada mucosa formada pelo epitélio de revestimento colunar simples com núcleo localizado no terço basal da célula epitelial (seta). C – Mucinas apicais (ma) neutras produzidas pelas células epiteliais do órgão, formando uma contínua camada de muco ao longo de todo o epitélio. Coloração: A- Tricrômico de Mason; B- Azul de toluidina; C- *metanil yellow* + PAS. Abreviações: er- epitélio de revestimento; gg- glândulas gástricas; ma- mucossustâncias apicais. Barra de escala: A: 200µm; B: 20µm; C: 50µm.....34

Figura 14. Anatomia geral do intestino de *B. amazonicus*. A – O intestino apresenta formato enovelado com duas alças (círculos). B – Secção longitudinal do intestino, sendo possível visualizar as pregas de forma geral das diferentes regiões do intestino. Abreviações: IA- Intestino anterior; IM- Intestino médio; IP- Intestino posterior. Barra de escala: A e B: 4,7 mm..... 35

Figura 15. Anatomia das pregas do intestino anterior de *B. amazonicus*. A – Parte cranial do intestino anterior com as aberturas dos cecos na parte próxima da região pilórica do estômago (seta). B – Visão ampliada das pregas da região cranial do intestino anterior, demonstrando pregas primárias mais altas e secundárias mais baixas se posicionando entre as primárias. C – Região caudal do intestino anterior, em que as pregas são mais numerosas e menos espessas. D – Visão ampliada da região caudal do intestino anterior. Abreviações: PR- Pregas primárias; PM- Pregas menores. Barra de escala: A, B, C e D: 1 mm.....36

Figura 16. Anatomia das pregas do intestino médio *B. amazonicus*. A – Pregas transversais numerosas e pouco espessas. B – Visão ampliada, sendo possível observar as pregas primárias e em sua superfície as vilosidades. Abreviações: PR- Pregas primárias; VL- Vilosidades. Barra de escala: A: 2 mm; B: 500 µm..... 37

Figura 17. Anatomia das pregas do intestino posterior de *B. amazonicus*. A – Intestino posterior parte cranial. B – Visão ampliada das pregas primárias e pregas menores do intestino posterior parte cranial. C – Intestino posterior parte média na região da “valva”. D – Visão ampliada das pregas altas da região do intestino posterior parte média na região

da “valva”. E - Intestino posterior parte caudal. F - Visão ampliada das pregas primárias e pregas secundárias do intestino posterior parte caudal. Abreviações: PR- Pregas primárias; PM- Pregas menores; SC- Pregas secundárias. Barra de escala: A, C e E: 2 mm. B e F: 1 mm; D: 500 µm..... 38

Figura 18. Histologia e histoquímica do intestino de *B. amazonicus*. A – Epitélio de revestimento (er) formando as pregas sustentadas pela lâmina própria (lp) e a camada muscular circular interna (cmc). B – Camada mucosa formada pelo epitélio simples colunar com a presença de células absortivas ou enterócitos (ec) e células caliciformes (cc). Os enterócitos apresentam formato colunar com núcleo com núcleo localizado no terço basal da célula (seta). Na região apical dessas células, observou-se a presença de borda em escova. As células caliciformes apresentam núcleo basal com citoplasma cheio de mucinas. Coloração: A- Tricrômio de Masson; B- Azul de toluidina. Abreviações: er- epitélio de revestimento; lp- lâmina própria; cmc- camada muscular circular interna; ec- enterócitos; cc- célula caliciformes. Barra de escala: A: 500µm; B: 20µm.40

Figura 19. Histoquímica do intestino posterior de *B. amazonicus*. A e B – É possível observar os enterócitos (ec) com evidência na grande quantidade de células caliciformes (cc) em com a presença das mucinas neutras. Coloração: A e B- *Metanil yellow* + PAS. Abreviações: cc- células caliciformes; ec- enterócitos. Barra de escala: A: 20µm; B: 10µm..... 41

Figura 20. Histoquímica das células caliciformes do intestino de *B. amazonicus*. A – Células caliciformes com mucinas ácidas sulfatadas. B – Células caliciformes com mucinas ácidas carboxiladas. C – Células caliciformes com mucinas ácidas sulfatadas e mucinas básicas. Coloração: A- AB pH 2,5; B- AB pH 1,0; C- AB pH 2,5 + PAS. Barra de escala: A e B: 20µm; C: 6µm.....41

Figura 21. Anatomia do reto de *B. amazonicus*. A – Visão geral da região do reto. B – Parede espessa do reto (Colchete). C – Pregas longitudinais do reto (seta) Abreviações: RT- Reto; IP- Intestino posterior. Barra de escala: A: 6mm e B: 2 mm; C: 1,68 mm.....42

Figura 22. Histologia do reto de *B. amazonicus*. Camada mucosa formada por epitélio de revestimento (er) colunar simples. Continua com a lâmina própria, a camada submucosa (lm/sm). A camada muscular circular interna (cmc) bem desenvolvida e a camada muscular longitudinal externamente (cml). Coloração azul de toluidina. Abreviações: er- epitélio de revestimento; lm/sm- lâmina própria e camada submucosa; cmc- camada muscular circular interna; cml- camada muscular longitudinal externa. Barra de escala: 500µm..... 43

Figura 23. Histoquímica das células caliciformes do reto. A – Células caliciformes no epitélio de revestimento do reto com núcleo basal (círculo) e a vesícula de secreção (vs) na parte apical com abertura para luz do órgão. Enterócitos ou células absortivas (ec) com borda de escova (seta) em sua superfície. B – Grande quantidade de células caliciformes (cc) e uma luz estreita do órgão. C – Inúmeras células caliciformes (cc) mostrando associação de mucinas neutras e ácidas. Coloração: A- Coloração azul de toluidina; B- AB pH 1,0; C- AB pH 2,5 + PAS. Abreviações: vs- vesícula de secreção; ec- enterócitos; cc- células caliciformes. Barra de escala: A: 10µm; B: 25µm; C:50µm.....44

Figura 24. Anatomia dos cecos pilóricos de *B. amazonicus*. A – Visão geral dos cecos pilóricos localizados no intestino anterior e recobrimdo o estômago. B – Visão ampliada dos cecos pilóricos evidenciando seu formato cilíndrico. C – Pregas onduladas e longitudinais dos cecos pilóricos. D – Visão ampliada das pregas dos cecos pilóricos. Barra de escala: A: 5 mm; B: 1 mm; C: 2 mm; D: 3 mm.....45

Figura 25. Ramificações dos cecos pilóricos de *B. amazonicus*. A – Ceco único com apenas uma extremidade. B – Ceco bifurcado com duas extremidades. C – Ceco trifurcado com três extremidades. D – Ceco com quatro ramificações. Barra de escala: A, B, C e D: 2 mm.46

Figura 26. Histoquímica dos cecos pilóricos de *B. amazonicus*. Camada mucosa semelhante à do intestino com epitélio de revestimento simples colunar. Presença de células absorptivas ou enterócitos (ec) e células caliciformes (cc). Coloração PAS. Abreviações: ec- enterócitos; cc- células caliciformes. Barra de escala: 200µm.....47

LISTA DE ABREVIATURAS

AB	Alcian Blue
BG	Botão gustativo
CC	Célula caliciforme
CD	Cárdica
CE	Cecos pilóricos
CMC	Camada muscular circular
CML	Camada muscular longitudinal
EC	Enterócitos
ER	Epitélio de revestimento
ES	Esôfago
EST	Estômago
FG	Fígado
FU	Fundo
GG	Glândulas gástricas
INT	Intestino
IA	Intestino anterior
IM	Intestino médio
IP	Intestino posterior
LM	Lâmina própria
MA	Mucossubstância apcial
PAS	Ácido periódico de Schiff
PI	Pilórica
PM	Prega menor
PR	Prega primária
RT	Reto
SM	Camada submucosa
VC	Vesícula de secreção
VS	Vesícula biliar
VL	Vilosidades

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
2.1 ANÁLISES ANATÔMICAS.....	19
2.2 ANÁLISES HISTOLÓGICAS E HISTOQUÍMICAS.....	20
3 RESULTADOS.....	26
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	26
3.2 ESÔFAGO.....	26
3.3 ESTÔMAGO.....	31
3.4 INTESTINO.....	34
3.5 CECOS PILÓRICOS.....	44
4 DISCUSSÃO.....	48
4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	48
4.2 CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E MORFOMÉTRICAS.....	50
4.2.1 Esôfago.....	49
4.2.2 Estômago.....	49
4.2.3 Intestino.....	50
4.2.4 Cecos pilóricos.....	52
4.3 CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS E HISTOQUÍMICAS.....	53
4.3.1 Esôfago.....	53
4.3.2 Estômago.....	54
4.3.3 Intestino.....	55
5 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é definida como a criação de organismos predominantemente aquáticos, em qualquer fase de desenvolvimento e que ocorra em um ambiente regulado. Esta atividade aquícola está se desenvolvendo mundialmente, sendo o Brasil um dos grandes responsáveis por esse crescimento. Também tem crescido a demanda populacional pelo consumo de alimentos mais saudáveis, como a carne de peixe, e assim, uma vez que a pesca extrativista não é suficiente e pode levar à queda dos estoques naturais, é fundamental desenvolver métodos que otimizem a criação em cativeiro (SIDONIO et al., 2012).

Embora o Brasil apresente grande diversidade de espécies de peixes em águas continentais, com cerca de três mil espécies já catalogadas e muitas outras em processo de identificação (FAO, 2014), a participação das espécies nativas na piscicultura brasileira fica abaixo dos 20% (PINHEIRO, 2014), sendo que a maior parte da produção nacional está baseada em espécies exóticas. Assim sendo, estudos que se atentem para o desenvolvimento de sistemas de criação de espécies nativas, como a avaliação morfofisiológica do sistema digestório, são essenciais para o crescimento da piscicultura nacional, tanto para comercialização como para recuperação dos estoques naturais de peixes. Dentre as espécies com grande potencial para a piscicultura, o matrinxã (*Brycon amazonicus*) se destaca por apresentar diversas características que possibilitam a criação na maioria dos estados brasileiros, sendo o conhecimento de sua biologia imprescindível para sua criação em cativeiro.

A espécie *Brycon amazonicus* (Spix e Agassiz, 1829) pertence à ordem Characiforme e família Characidae, podendo atingir aproximadamente 50 centímetros de comprimento e até 5 quilogramas. Segundo Howes (1982), a espécie distribui-se na bacia do rio Amazonas, Araguaia-Tocantins, Orinoco e Essequibo e possui preferência por ambientes bentônicos, apresentando hábito alimentar onívoro, com tendência à carnivoría (LEITE; ARAÚJO-LIMA, 2002). *B. amazonicus* apresenta características que viabilizam sua criação em cativeiro, como a fácil acomodação em cativeiro, aceitação de alimento artificial, o acelerado desenvolvimento para atingir o peso para a venda e a facilidade de comercialização (ZANIBONI FILHO et al., 2006). De acordo com dados do Primeiro Censo Aquícola Nacional, a produção nacional de matrinxã em 2011 oriunda da piscicultura foi de 5,7 mil toneladas, enquanto a pesca predatória produziu cerca de 5 mil toneladas (MPA, 2011), sendo a segunda espécie mais produzida na Amazônia (GOMES;

URBINATI, 2005). *B. amazonicus* apresenta carne de alta qualidade (SERRA, 2010), sendo também uma espécie muito utilizada na pesca esportiva por possuir características agressivas (ROMAGOSA et al., 1998). Diante dessas características favoráveis, alguns grupos de pesquisa vêm desenvolvendo estudos com *B. amazonicus*, Serra (2010), Nakautha et al. (2016) e De Mattos et al. (2018). Porém, estudos morfológicos, morfométricos e histoquímicos do tubo digestivo não foram encontrados na literatura, o que dificulta a compreensão da fisiologia digestiva desta espécie.

As características do tubo digestivo têm sido descritas em diversas espécies de peixes (AL-HUSSAINI, 1949; DÍAZ et al., 2008; GONÇALVES et al., 2013; FACCIOLI et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2018; KALHORO et al., 2019), destacando a importância de pesquisas morfológicas para entender a biologia das espécies e possibilitar sua criação em cativeiro. Entre os peixes, existem diferenças morfofisiológicas devido aos diferentes nichos ecológicos e à diversidade observada entre as espécies (DÍAZ et al., 2008).

Estudos anatômicos em peixes revelam que o esôfago é um órgão tubular curto e musculoso com pregas em disposição longitudinal, que permitem uma ampla distensão para deglutir (HERNÁNDEZ et al., 2009; FACCIOLI et al., 2014), cuja função é transportar o alimento até o estômago. Segundo Gonçalves et al. (2013), peixes apresentam hábito alimentar classificado em herbívoro, onívoro e carnívoro. Em linhas gerais, os peixes carnívoros como *Hemisorubim platyrhynchos* apresentam estômago grande e elástico e intestino curto (FACCIOLI et al., 2014), enquanto as espécies onívoras e herbívoras possuem intestino longo, como *Prochilodus scrofa* (NACHI et al., 1998).

De forma geral, o estômago é um saco distensível, sigmoide, com mucosa interna recoberta por inúmeras pregas e paredes musculares bem desenvolvidas (ROTTA, 2003). De acordo com o formato, o estômago pode ser classificado em sifonal, cecal e retilíneo (BÉRTIN, 1958), características que variam de acordo com o tipo de alimento ingerido. Anatomicamente, pode ser dividido em três regiões: cárdica, fúndica e pilórica (HERNÁNDEZ et al., 2009). A cárdica e a pilórica possuem esfíncteres que controlam a passagem dos alimentos pelo estômago, porém, em algumas espécies não apresentam esfíncter cárdico pode estar ausente (COSTA et al., 2015).

O intestino possui função de digestão e absorção de nutrientes. Em *Roeboides xenodon*, o intestino apresenta pregas transversais, que resultam no aumento do tempo de retenção do alimento (BARCELLOS et al., 2014). Para critérios anatômicos, o intestino é comumente dividido em proximal e distal ou reto (GONÇALVES et al., 2013). Para

critérios fisiológicos, o intestino pode ser dividido em: região anterior, relacionada com a digestão e absorção de gorduras, proteínas e carboidratos (NACHI et al., 1998); região média, responsável pela absorção de macromoléculas proteicas (STROBAND; VAN DER VEEN, 1981); e região posterior, relacionada com a absorção de água e eletrólitos (STROBAND et al., 1979). Ainda, algumas espécies apresentam cecos pilóricos, que são pequenas estruturas tubulares com fundo cego localizadas na porção anterior do intestino, com função de aumentar a absorção (MORAIS et al., 2014). Essas estruturas variam em número e tamanho entre as espécies, sendo encontrados cinco cecos pilóricos em *Lutjanus synagris* (MORAIS et al., 2014), enquanto *Prochilodus scrofa* exibe cerca de 3000 (NACHI et al., 1998).

Em relação à histologia, a parede do tubo digestivo em peixes, assim como demais vertebrados, é composta por quatro camadas: mucosa, submucosa, muscular e serosa (FACCIOLI et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2018). Kalhoro et al. (2019) observaram que o esôfago de *Acanthopagrus schleglii* apresenta epitélio estratificado com numerosas células caliciformes. Por sua vez, o esôfago de *Anablepsoides urophthalmus* apresenta epitélio estratificado cúbico com células caliciformes (NASCIMENTO et al., 2018). Em *Hemisorubim platyrhynchos*, Faccioli et al. (2014) observaram três tipos celulares no epitélio esofágico: células epiteliais, caliciformes e claviformes.

Sobre a histologia do estômago, o epitélio é classificado como colunar simples (HERNÁNDEZ et al., 2009), e apresenta três regiões histologicamente distintas: cárdica (não glandular), fúndica (glandular e mais desenvolvida) e pilórica (menos desenvolvida) (RODRIGUES; MENIN, 2008). De forma geral, a mucosa gástrica é formada por epitélio, membrana basal e lâmina própria, apresentando glândulas gástricas e pregas largas (CAL, 2006). Na maioria dos peixes, as glândulas gástricas se encontram na região cárdica e fúndica (DOMENEGHINI et al., 1998).

No que diz respeito à histologia do intestino, o epitélio de revestimento é simples colunar com enterócitos e células caliciformes (HERNÁNDEZ et al., 2009; FACCIOLI et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2018). Os enterócitos possuem formato colunar com núcleo oval e microvilosidades na região apical e são responsáveis principalmente pelos processos de absorção. As células caliciformes se posicionam entre os enterócitos, possuindo formato colunar com núcleo basal e apresentam a funcionalidade de produzir muco com diferentes propriedades químicas, que atua na primeira forma de defesa da parede intestinal contra microrganismos (YANG et al., 2017).

As mucossubstâncias reveladas nos estudos histoquímicos possuem grande importância no tubo digestivo de peixes. Essas secreções ao longo do tubo digestivo apresentam a função de lubrificar a superfície epitelial, formando uma barreira protetora contra lesões causadas pela passagem do alimento e também defesa imunológica contra microrganismos e ação das glicosidases (DÍAZ et al., 2008). As mucossubstâncias observadas nas células caliciformes esofágicas podem ser de caráter ácido ou neutro e recobrem o epitélio (GONÇALVES et al., 2013). Por sua vez, o estômago apresenta o epitélio secretor de mucossubstâncias neutras, como em *Cynoscion guatucupa* (DÍAZ et al., 2008) e *Hemisorubim platyrhynchos* (FACCIOLI et al., 2014). As características das mucossubstâncias no intestino variam consideravelmente de acordo com a espécie estudada e com cada região desse órgão (DÍAZ et al., 2008; HERNÁNDEZ et al., 2009; FACCIOLI et al., 2014).

Em relação à morfometria, estudos relataram variações na estrutura básica dos órgãos do tubo digestivo. A filogenia e o hábito alimentar dos animais influenciam diretamente nessas variações morfométricas (BARCELLOS et al., 2014). Em *Orthospinus franciscensis*, o esôfago apresentou em média 0,34 cm de comprimento, o estômago aproximadamente 1,21 cm e o intestino total apresentou em média 3,01 cm, sendo o animal classificado como onívoro com tendência à herbivoria (BARCELLOS et al., 2014). As espécies *Hoplías malabaricus* e *Pimelodus* sp. apresentam hábito alimentar carnívoro e possuem, respectivamente, coeficiente intestinal de 0,72 e 0,60 (MENIN; MIMURA, 1992). Já em *Brycon orbignyanus*, espécie onívora, o valor do coeficiente intestinal varia entre 1,03 e 1,17 (SEIXAS-FILHO et al., 2000). Os mesmos autores mediram os cecos pilóricos dessas espécies, os quais variaram entre 6,62 mm e 7,63 mm, fator relacionado ao crescimento corporal.

Diante do exposto, este trabalho possui como objetivo analisar as características morfológicas, morfométricas, histológicas e histoquímicas do tubo digestivo do matrinxã (*Brycon amazonicus*). Dessa forma, foram analisadas as características anatômicas, morfométricas, histológicas e histoquímicas dos órgãos, paredes e pregas, e foi estabelecida uma comparação entre as diferentes regiões do tubo digestivo e também com a literatura especializada a fim de compreender melhor a morfofisiologia digestiva da espécie.

Ao analisar a literatura especializada, foram verificadas lacunas a respeito das características do tubo digestivo de peixes. A ausência de estudos sobre morfologia e morfometria do tubo digestivo dificulta a compreensão da fisiologia digestiva de *B.*

amazonicus, espécie importante tanto para piscicultura relacionada ao consumo de sua carne quanto à pesca esportiva. Assim, os resultados do presente nos estudos facilitarão na formulação de dietas artificiais e o melhor manejo em piscicultura, reduzindo problemas causados por alimentação inadequada. Adicionalmente, ao compreender as necessidades desta espécie, serão diminuídos os custos de produção, melhorando a renda dos criadores e, conseqüentemente, diminuindo a pesca extrativista, promovendo assim a preservação da espécie em ambiente natural.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ANÁLISES ANATÔMICAS E MORFOMÉTRICAS

Foi realizada a coleta de 18 adultos de *Brycon amazonicus* obtidos da piscicultura. Após a coleta, foram eutanasiados em solução saturada de cloridrato de benzocaína, conforme aprovação do pelo Comitê de Ética na Utilização de Animais (número: 1005/2017). Em seguida, foi realizada uma incisão longitudinal na região ventral dos animais para retirada dos órgãos do tubo digestivo. Posteriormente, foram realizadas análises macroscópicas com a utilização de uma lupa acoplada com câmera disponibilizada pelo professor Marcelo Oliveira Gonzaga do Instituto de Biologia da UFU (INBIO). As análises morfométricas utilizando o paquímetro medindo o tamanho, espessura da parede e altura das pregas dos órgãos do tubo digestivo, além do coeficiente intestinal que foram executadas no Laboratório de Anatomia Humana do Instituto de Ciências Biomédicas (ICBIM) da UFU (Figuras 1 e 2).

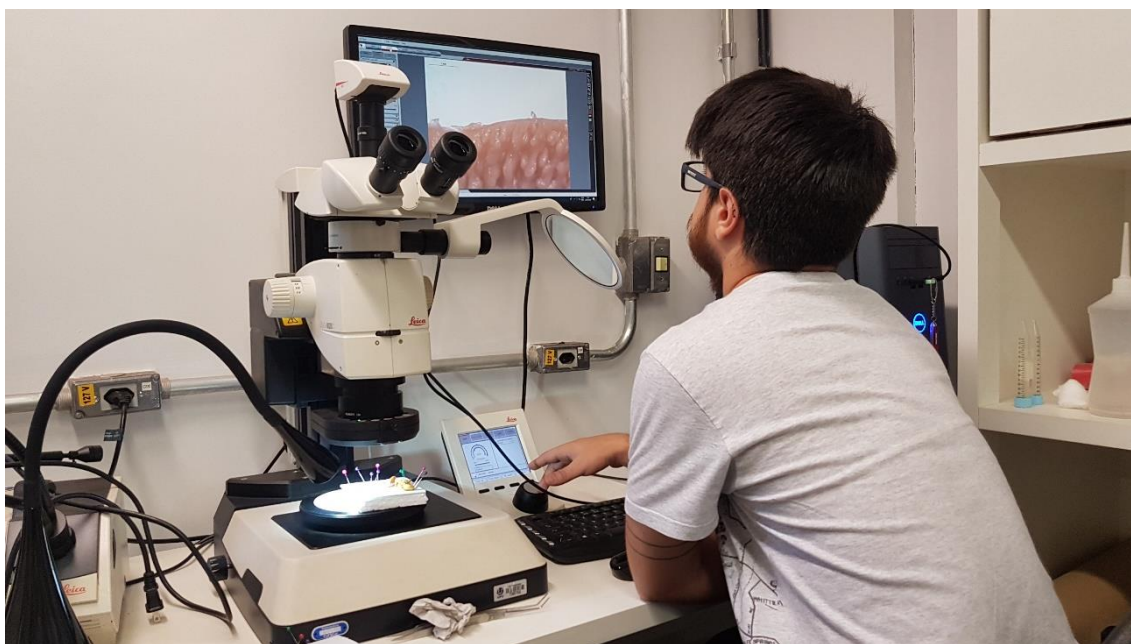


Figura 1. Análises das amostras na lupa acoplada com câmera.



Figura 2. Morfometria do intestino com auxílio do paquímetro.

2.2 ANÁLISES HISTOLÓGICAS E HISTOQUÍMICAS

Estudos histológicos e histoquímicos parte foram realizadas no Laboratório de Histologia do Instituto de Ciências Biomédicas (ICBIM) da UFU e a outra parte foram realizados no Laboratório de Morfologia de Organismos Aquáticos da Faculdade de Ciências da UNESP, Campus de Bauru.

Inicialmente, os fragmentos de tecido retirados de cada órgão do tubo digestivo foram fixados em solução de Bouin (ácido acético, formol e ácido pícrico). Estes materiais histológicos e histoquímicos parte foram destinados a inclusão em parafina e outra parte foi destinada a inclusão em historesina.

Foram separadas 11 amostras para realizar a inclusão em parafina no Laboratório de Histologia do Instituto de Ciências Biomédicas (ICBIM) da UFU : quatro amostras dos cecos pilóricos (duas cortadas longitudinalmente e duas cortadas transversalmente), duas amostras do intestino anterior (cortadas transversalmente), duas amostras do intestino médio (uma cortada longitudinalmente a outra transversalmente), uma amostra da transição de intestino posterior (cortada longitudinalmente) e duas amostras do reto (cortadas longitudinalmente). Após a inclusão em parafina (figura 3), foi realizada a microtomia com secções histológicas com espessura de 2,0 – 4,0 μ m foram realizadas com o auxílio de navalhas de vidro em micrótomo (Figuras 4, 5 e 6). Com os cortes finalizados

nas lâminas, foi feita a coloração de hematoxilina e eosina (HE), azul de toluidina a 1%, tricrômico de Masson e *metanil yellow*.

Os fragmentos dos órgãos do tubo digestivo que foram submetidos às análises histoquímicas foram fixados em solução de Bouin (ácido acético, formol e ácido pícrico) e em seguida material foi desidratado e passou por uma solução de pré-infiltração (resina e etanol absoluto, na proporção 1:1). Posteriormente, esses fragmentos foram para infiltração em historesina, sendo incluídos em histomoldes contendo historesina e solução endurecedora. Secções de 5,0 – 7,0 μ m de espessura foram obtidas com o auxílio de navalhas descartáveis em micrótomo. Os estudos histoquímicos foram realizados por meio de reações com ácido periódico de Schiff (PAS), Alcian Blue-AB (pH 1,0 e pH 2,5) e AB (pH 2,5) + PAS, conforme preconizado por Díaz et al., (2008) e Faccioli et al., (2014). As reações com PAS permitiram evidenciar a presença de mucinas ou mucossubstâncias (polissacarídeos neutros), que possuem grupo glicol em suas estruturas. As reações com AB, em diferentes pHs, permitiram visualizar a presença de polissacarídeos ácidos e distingui-los em sulfatados (pH 1,0) e carboxilados (pH 2,5).



Figura 3. Procedimento de inclusão em parafina.



Figura 4. Procedimento de microtomia.

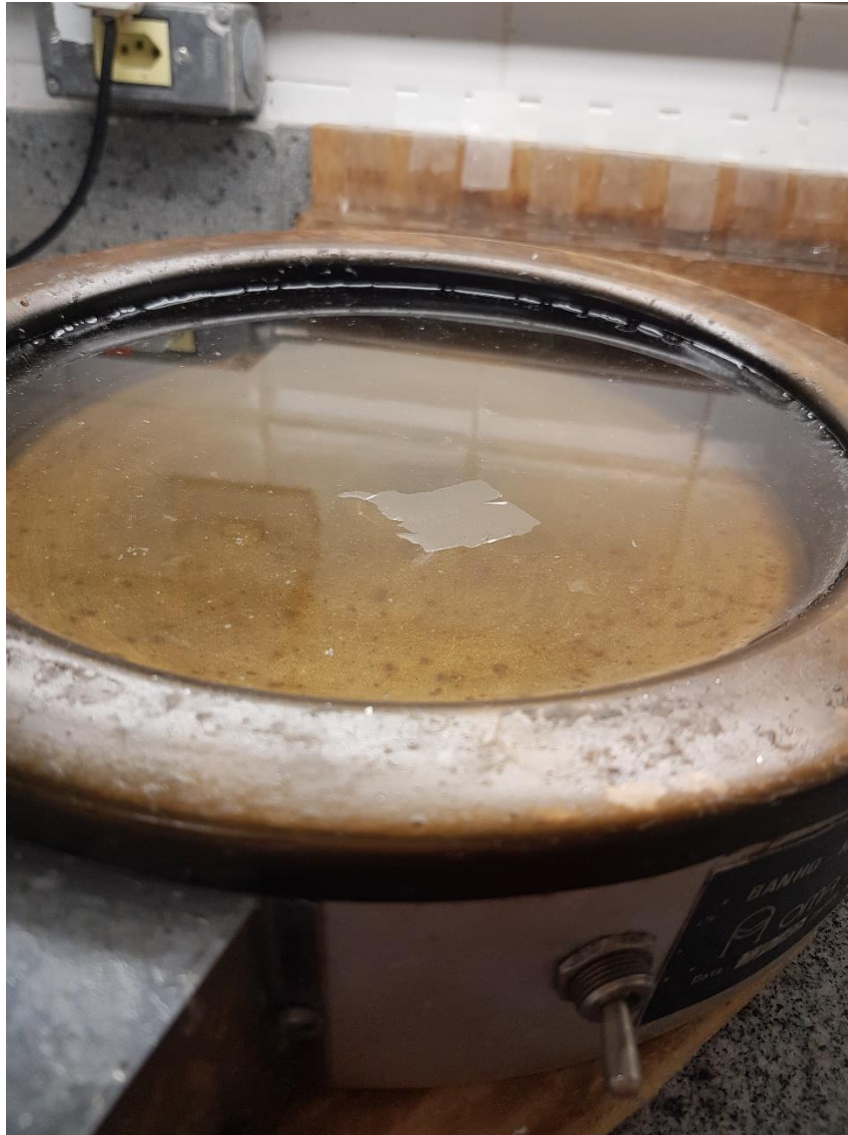


Figura 5. Fragmento em banho-maria.

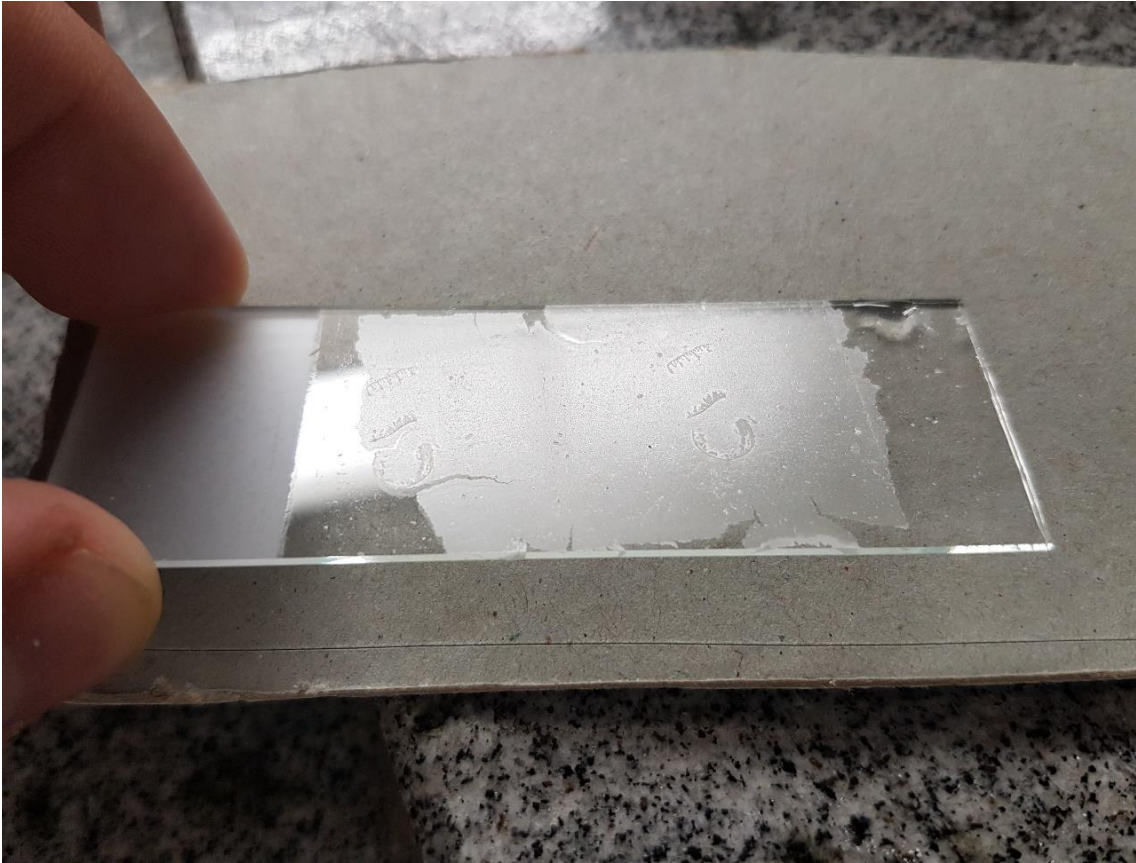


Figura 6. Coleta ou “pescagem” dos cortes com a lâmina.

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

As amostras coletadas de *Brycon amazonicus* apresentaram, em média, comprimento padrão de $36,2 \text{ cm} \pm 4,3$ e peso $1,17 \text{ kg} \pm 0,3$. Após a dissecação do animal, tubo digestivo foi dividido em esôfago, estômago e intestino (Figura 7).

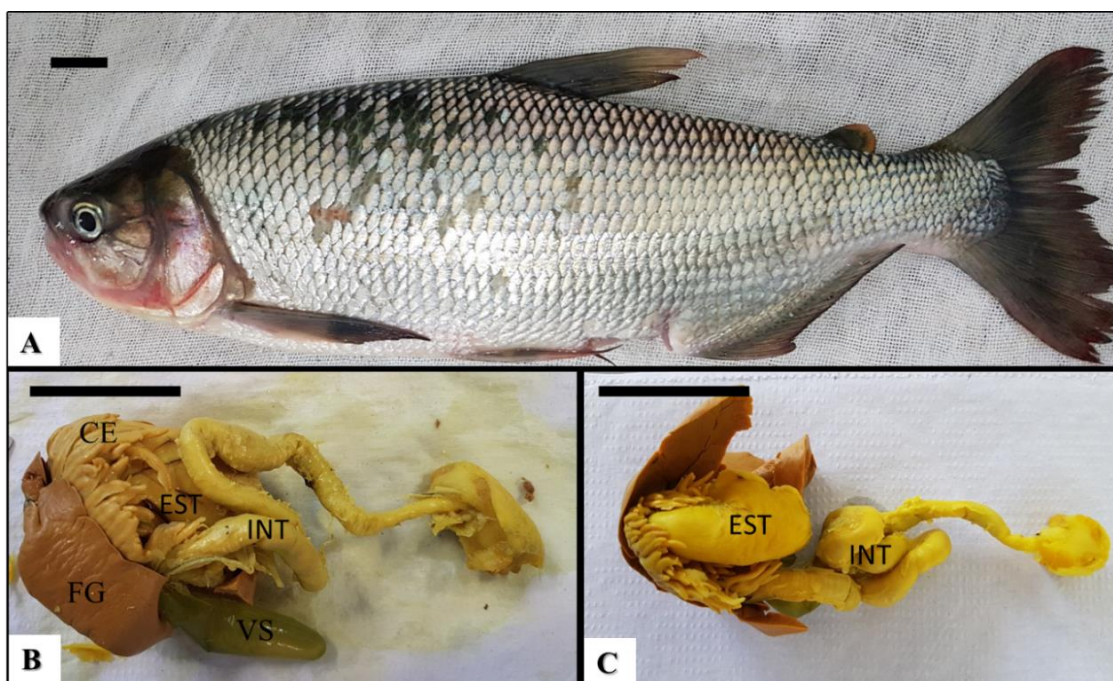


Figura 7. A – Exemplar adulto de *B. amazonicus*, sendo possível observar o comprimento total. B e C – Visão geral do tubo digestivo, observando o estômago, intestino, cecos pilóricos, fígado e a vesícula biliar. Abreviações: FG-Fígado; CE-Cecos pilóricos; EST-Estômago; INT-Intestino; VS-Vesícula biliar. Barra de escala: A: 3 cm; B e C: 3,7 cm.

3.2 ESÔFAGO

Órgão tubular curto que apresenta parede espessa com $2,39 \text{ mm} \pm 0,7$ de altura com pregas longitudinais (Figura 8 A, B e C). Anatomicamente, o esôfago não possui delimitação evidente com o estômago. Na transição entre esôfago e estômago, foi possível observar apenas uma diferença na espessura da musculatura (Figura 8 D).

Em relação à histologia, a camada mucosa do esôfago apresentou epitélio de revestimento estratificado pavimentoso, com a presença de células epiteliais e células

caliciformes (Figura 9 A). As células caliciformes possuem abertura na região apical do epitélio de revestimento e, em relação à sua forma, apresentam-se em sua maioria ovaladas, alongadas ou em cálice (Figura 9 C). Essas células estão repletas de mucossubstâncias ácidas e neutras, mas principalmente mucinas neutras (Figura 9 B). O citoplasma foi ocupado quase de maneira completa por mucossubstâncias. É importante ressaltar uma estrutura presente no epitélio de revestimento do esôfago denominada botão gustativo (Figura 10 A e B).

O esôfago de *B. amazonicus* não apresentou camada muscular da mucosa, não sendo possível diferenciar a lâmina própria da camada submucosa. A lâmina própria é constituída de tecido conjuntivo frouxo rico em vasos sanguíneos e linfáticos. A região da camada submucosa é formada por tecido conjuntivo denso com muitos vasos sanguíneos e linfáticos (Figura 9 A).

A camada muscular apresentou-se com duas regiões distintas de acordo com a orientação de suas fibras. Internamente, apresentou uma camada muscular estriada orientada longitudinalmente. Na parte externa, foi possível observar uma camada muscular estriada orientada circularmente (Figura 9 A).

Externamente à camada muscular, o órgão apresentou camada serosa, constituída por tecido conjuntivo frouxo e revestida por tecido epitelial. Essa região de tecido conjuntivo da túnica serosa apresentou-se composta principalmente por fibras conjuntivas e vasos sanguíneos (Figura 9 A).

Na região de transição do esôfago para o estômago, foi possível observar diferenças significativas marcadas por PAS (Figura 11 A e B). Isso ocorre principalmente pela substituição brusca do epitélio esofágico estratificado com uma grande quantidade de células caliciformes por um epitélio gástrico colunar simples com mucinas apicais.

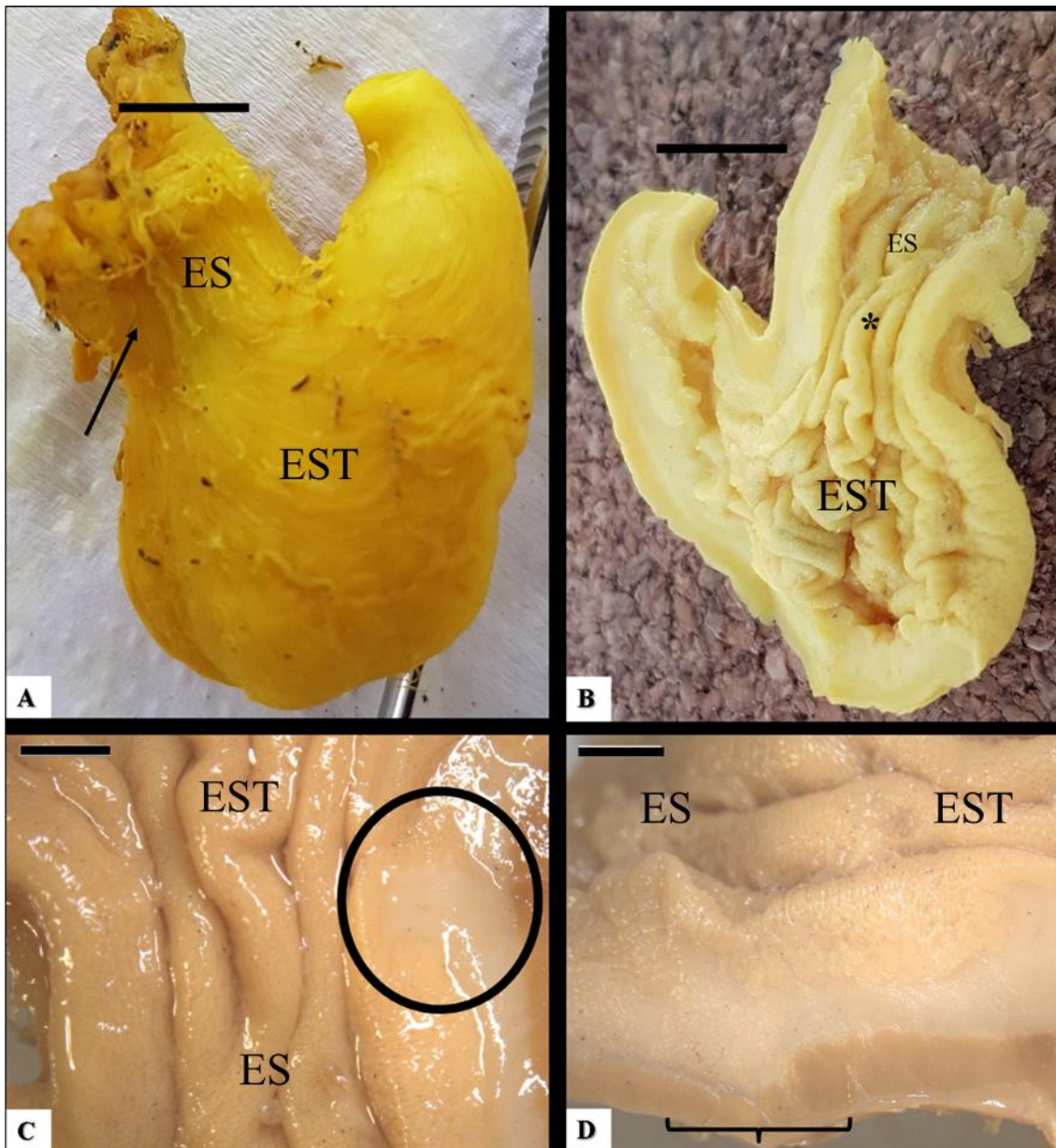


Figura 8. Anatomia do esôfago de *B. amazonicus*. **A** – Visão externa do esôfago e estômago, o formato tubular do esôfago (seta). **B** – Secção longitudinal do esôfago e estômago, notar o formato das pregas longitudinais (asterisco) no esôfago. **C** – É possível visualizar a parede do esôfago (círculo), além de observar com nitidez as pregas longitudinais do esôfago e da região da cárdica. **D** – A transição entre esôfago e estômago onde se percebe uma diferença de musculatura (colchete). Abreviações: ES-Esôfago; EST- Estômago. Barra de escala: A e B: 3,7 cm; C e D: 2 mm.

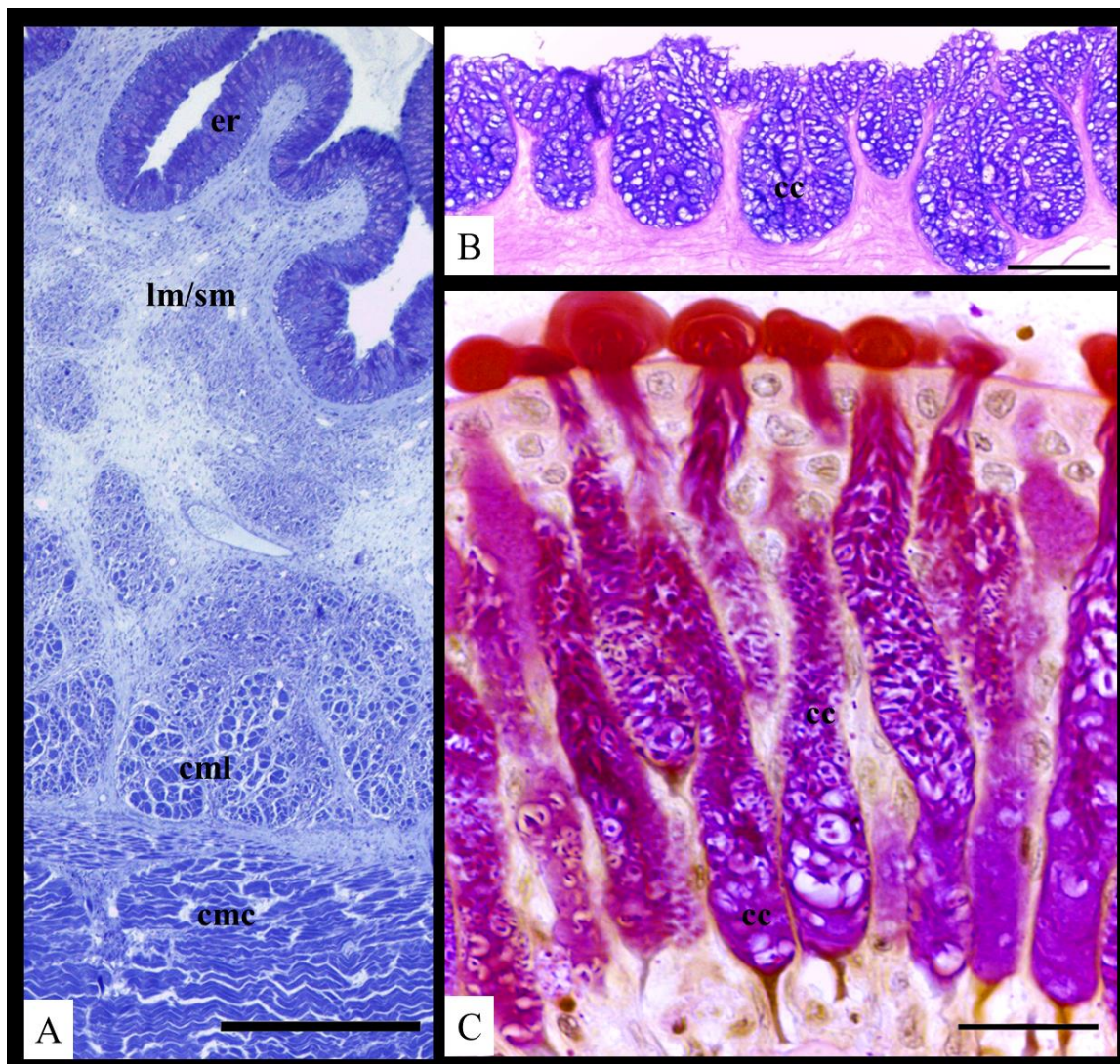


Figura 9. Histologia e histoquímica do esôfago de *B. amazonicus*. **A** – Camada mucosa com epitélio de revestimento (er). A camada submucosa contínua com a lâmina própria da porção mucosa pelo fato de não apresentar camada muscular na mucosa (lm/sm). Em seguida à camada muscular, internamente, as fibras possuem orientação longitudinal (cml) e externamente circular (cmc). Coloração azul de toluidina. **B** – Células caliciformes (cc) com presença de mucinas ácidas e mucinas neutras. **C** – Células caliciformes (cc) alongadas com núcleo basal repletas das mucinas neutras. Coloração: A- Azul de toluidina; B- AB pH 2,5 + PAS; C- PAS. Abreviações: er- epitélio de revestimento; lm/sm- lâmina própria e camada submucosa; cml- camada muscular longitudinal interna; cmc- camada muscular circular externa; cc- célula caliciforme. Barra de escala: A: 250 μ m; B: 100 μ m; C: 20 μ m.

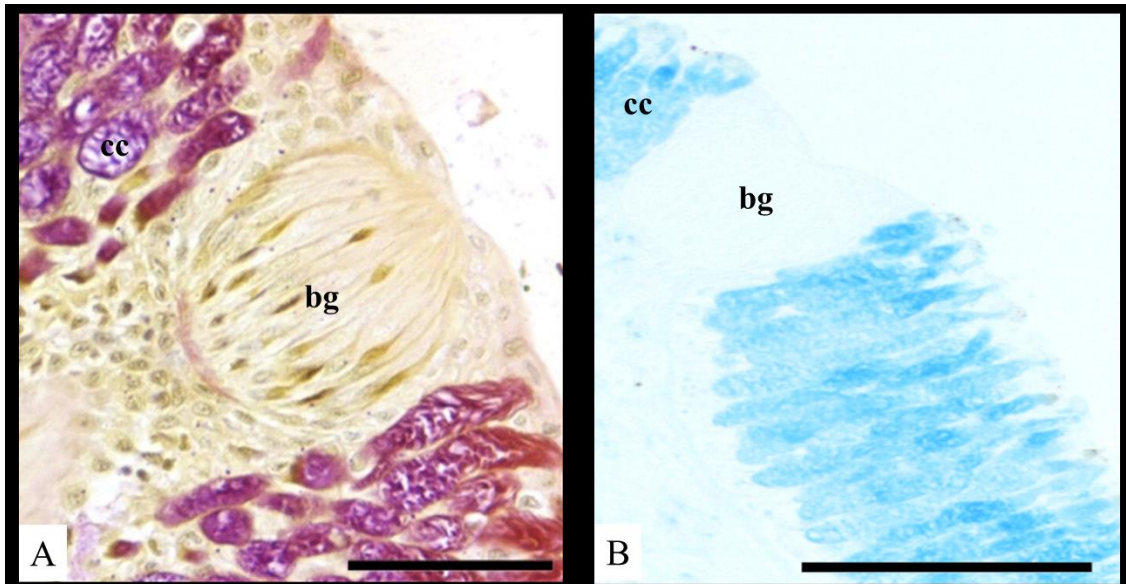


Figura 10. Histoquímica do esôfago de *B. amazonicus*. **A** – O botão gustativo presente no esôfago (bg). **B** – Essa imagem é a mesma da A, porém utilizando uma coloração diferente. Assim, é possível observar apenas as células caliciformes (cc), não sendo capaz de visualizar o botão gustativo. Coloração: A- PAS; B- AB pH 2,5. Abreviações: cc- células caliciformes; bg- botão gustativo Barra de escala: A e B: 50 μ m.

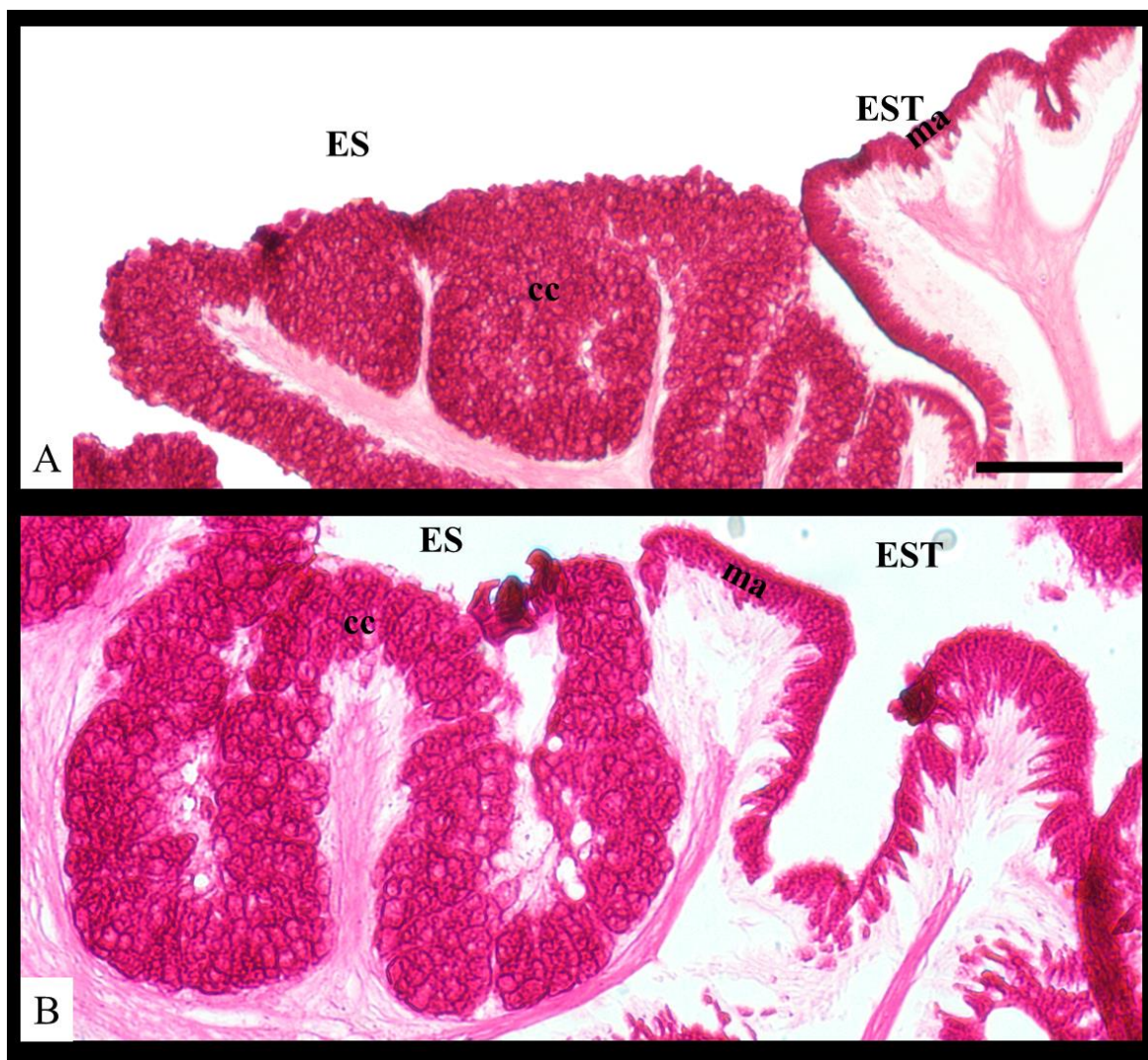


Figura 11. Histoquímica da transição de estômago e esôfago de *B. amazonicus*. **A e B** – A região de transição entre esôfago (ES) e estômago (EST). A parte esofágica apresenta grande quantidade de células caliciformes (cc). Já a região do estômago apresenta mucosubstâncias apicais (ma) em suas células epiteliais sem a presença das células caliciformes. Coloração: PAS. Abreviações: cc- células caliciformes; ma- mucosubstâncias apicais; ES- esôfago; EST- estômago. Barra de escala: A e B: 100 μ m.

3.3 ESTÔMAGO

Possui formato sacular com formato em “U e anatomicamente, é dividido em três regiões: cárdica, fúndica e pilórica (Figura 12 A e C). Na região da cárdica, as pregas são longitudinais, na fúndica as pregas são enoveladas e a pilórica possui em evidência uma musculatura bem desenvolvida (Figura 12 D e E). As pregas do estômago são capazes de distender para promover a dilatação do órgão a fim de acomodar o alimento (Tabela 1, Figura 12 B).

Em relação à histologia, o estômago de *B. amazonicus* apresentou camada mucosa formada pelo epitélio de revestimento, a qual foi caracterizada como simples colunar, com a presença de células epiteliais (Figura 13 B). Essas células apresentaram núcleo localizado no terço basal em azul de toluidina. As células epiteliais do estômago produzem grande quantidade de mucinas neutras (PAS +), formando uma camada contínua desse muco ao longo de todo epitélio do órgão (Figura 13 C).

É possível observar também a lâmina própria com região glandular espessa, sendo que essa porção de glândulas está presente apenas na região cárdica e fúndica do estômago. As glândulas gástricas possuem formato tubular, sendo separadas por septos finos de tecido conjuntivo e vasos sanguíneos. Além disso, apresentam abertura para a luz do estômago por meio de numerosas invaginações do epitélio superficial, responsáveis pela formação das criptas ou fossetas gástricas. As criptas são estruturas caracterizadas como depressões do epitélio de revestimento da mucosa e estão presentes nas regiões glandulares do órgão. As glândulas gástricas abrem-se na base das criptas, o que permite a secreção de produtos glandulares no lúmen do órgão (Figura 13 A).

Abaixo da lâmina própria, a camada muscular da mucosa constituída por fibra muscular lisa com orientação principalmente longitudinal foi também constatada. Essa camada permite diferenciar a lâmina própria da camada submucosa (Figura 13 A).

A camada submucosa é caracterizada pela presença de tecido conjuntivo denso com grande presença de vasos sanguíneos e fibras, sendo mais espessa na região pilórica em comparação com as outras regiões do estômago.

A camada muscular do órgão apresentou duas subcamadas constituídas por fibras musculares lisas com diferentes orientações. Internamente, observou-se uma camada muscular circular com uma espessura maior que a camada muscular externa. Já na parte externa, uma cada muscular longitudinal foi constatada. É válido lembrar que, na transição do estômago com o intestino, a musculatura circular interna é mais espessa, formando o esfíncter pilórico. Externamente a essa camada muscular, o órgão é revestido por uma membrana serosa delgada constituída por e tecido conjuntivo frouxo e epitélio de revestimento chamado mesotélio.

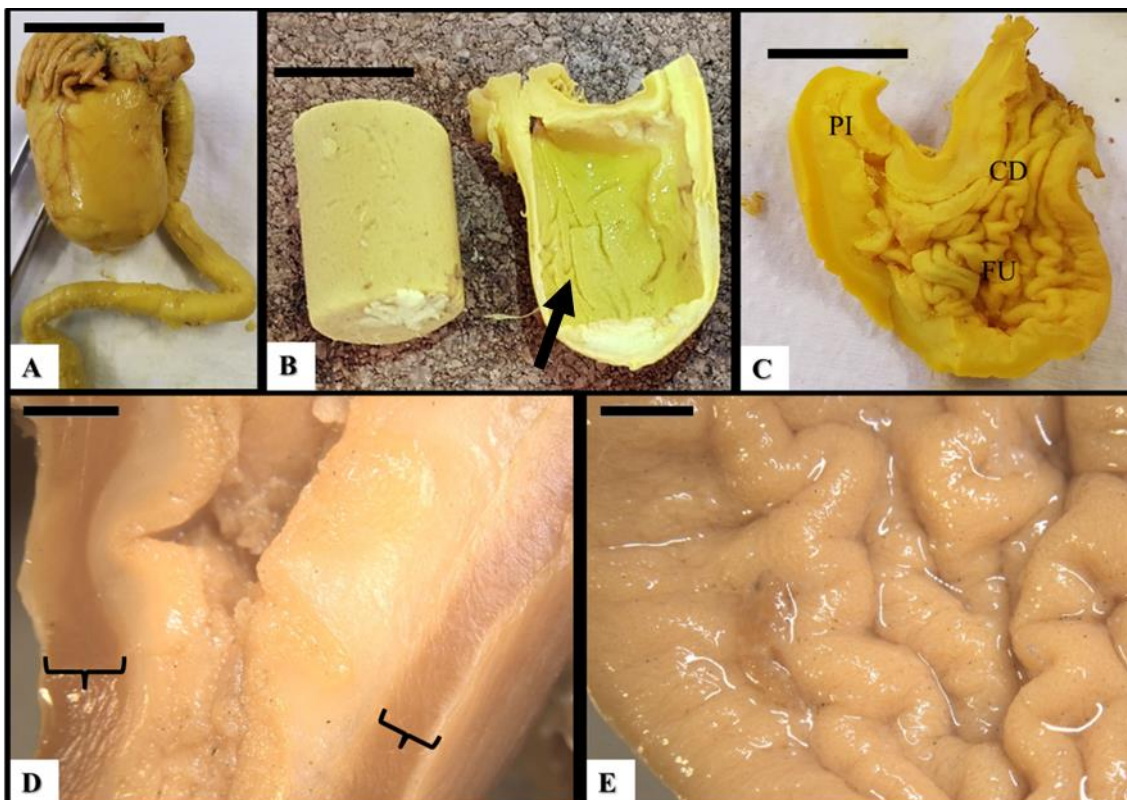


Figura 12. Anatomia geral do estômago de *B. amazonicus*. **A** – Estômago dilatado com a presença do alimento. **B** – Secção longitudinal do estômago demonstrando a dilatação das pregas (seta) que se molda no formato do alimento para melhor acomodação do mesmo. **C** – Secção longitudinal demonstrando as regiões do estômago. **D** – Secção longitudinal da região pilórica do estômago com uma musculatura bem desenvolvida (colchete). **E** – São visíveis as pregas em diferentes orientações na região fúndica do estômago. Abreviações: CD - Cárdica; FU - Fúndica; PI – Pilórica. Barra de escala: A e B: 5 mm; C: 3,7 mm e D e E: 2 mm.

Tabela 1 – Altura e largura do estômago de acordo com a presença ou ausência de alimento.

	Altura (mm)	Largura (mm)
Estômago dilatado		
(Com alimento)	37,45	27,9
Estômago normal		
(Sem alimento)	23,5	23,9

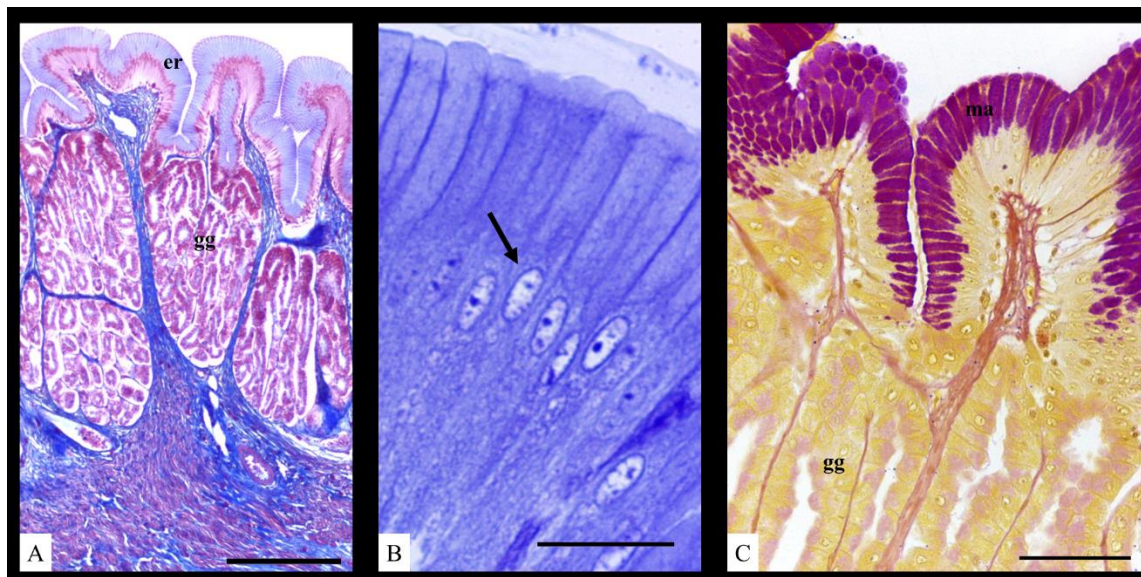


Figura 13. Histologia e histoquímica do estômago de *B. amazonicus*. **A** – Epitélio de revestimento (er) e a lâmina própria com região glandular espessa (gg). **B** – A camada mucosa formada pelo epitélio de revestimento colunar simples com núcleo localizado no terço basal da célula epitelial (seta). **C** – Mucinas apicais (ma) neutras produzidas pelas células epiteliais do órgão, formando uma contínua camada de muco ao longo de todo o epitélio. Coloração: A- Tricrômico de Mason; B- Azul de toluidina; C- metanil yellow + PAS. Abreviações: er- epitélio de revestimento; gg- glândulas gástricas; ma- mucossubstâncias apicais. Barra de escala: A: 200 μ m; B: 20 μ m; C: 50 μ m.

3.4 INTESTINO

O intestino possui formato enovelado, formando duas alças (Figura 14 A). O órgão tem comprimento médio de 39,8 cm \pm 7 e coeficiente intestinal 1,1. Anatomicamente, foi dividido em três porções: anterior (cranial e caudal), médio, posterior (cranial, média e caudal), cecos pilóricos e por fim o reto (Figura 14 B). *Brycon amazonicus* apresentou pregas transversais ao longo de quase todo o intestino, com exceção do reto, que demonstrou pregas longitudinais. A altura das pregas variou entre as regiões intestinais, conforme demonstrado na Tabela 2.

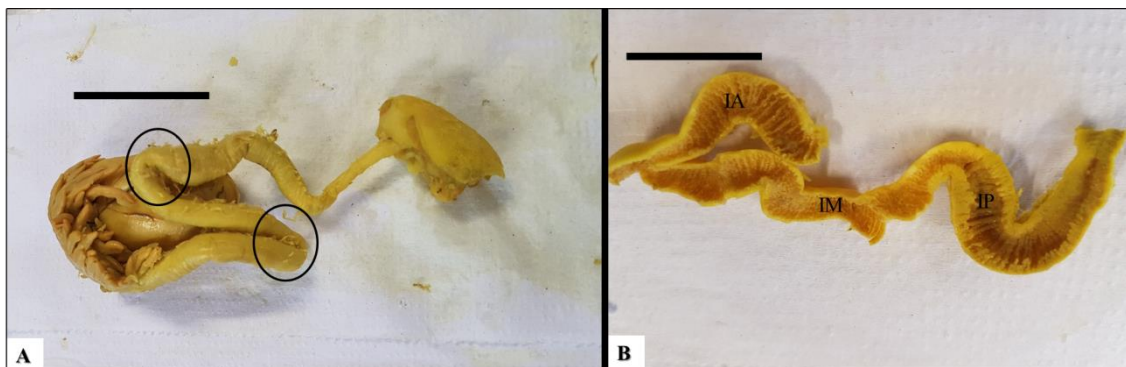


Figura 14. Anatomia geral do intestino de *B. amazonicus*. **A** – O intestino apresenta formato enovelado com duas alças (círculos). **B** – Secção longitudinal do intestino, sendo possível visualizar as pregas de forma geral das diferentes regiões do intestino. Abreviações: IA- Intestino anterior; IM- Intestino médio; IP- Intestino posterior. Barra de escala: A e B: 4,7 mm.

Tabela 2 – Alturas das pregas transversais entre as regiões do intestino anterior cranial e caudal, intestino médio, intestino posterior cranial, média (“valva”) e caudal.

Partes do intestino	Altura (média/mm)
Intestino anterior - Parte cranial	1,32 ± 0,06
Intestino anterior - Parte caudal	0,96 ± 0,07
Intestino médio	0,49 ± 0,04
Intestino posterior - Parte cranial	1,71 ± 0,10
Intestino posterior - Parte média "Valva"	2,07 ± 0,09
Intestino posterior - Parte caudal	0,55 ± 0,06

Na parte cranial do intestino anterior, as pregas transversais são mais espessas e menos numerosas e apresentam secundárias em sua superfície mais evidente. Nessa região, é possível perceber uma diferenciação das pregas transversais, possuindo pregas principais ou primárias mais altas e, entre elas, pregas mais baixas denominadas pregas menores (Figura 15 A e B). Ainda nessa região, é possível observar a abertura dos cecos pilóricos (Figura 15 A). Na parte caudal do intestino anterior, as pregas transversais são menos espessas e mais numerosas e apresentam pregas secundárias mais evidentes (Figura 15 C e D).

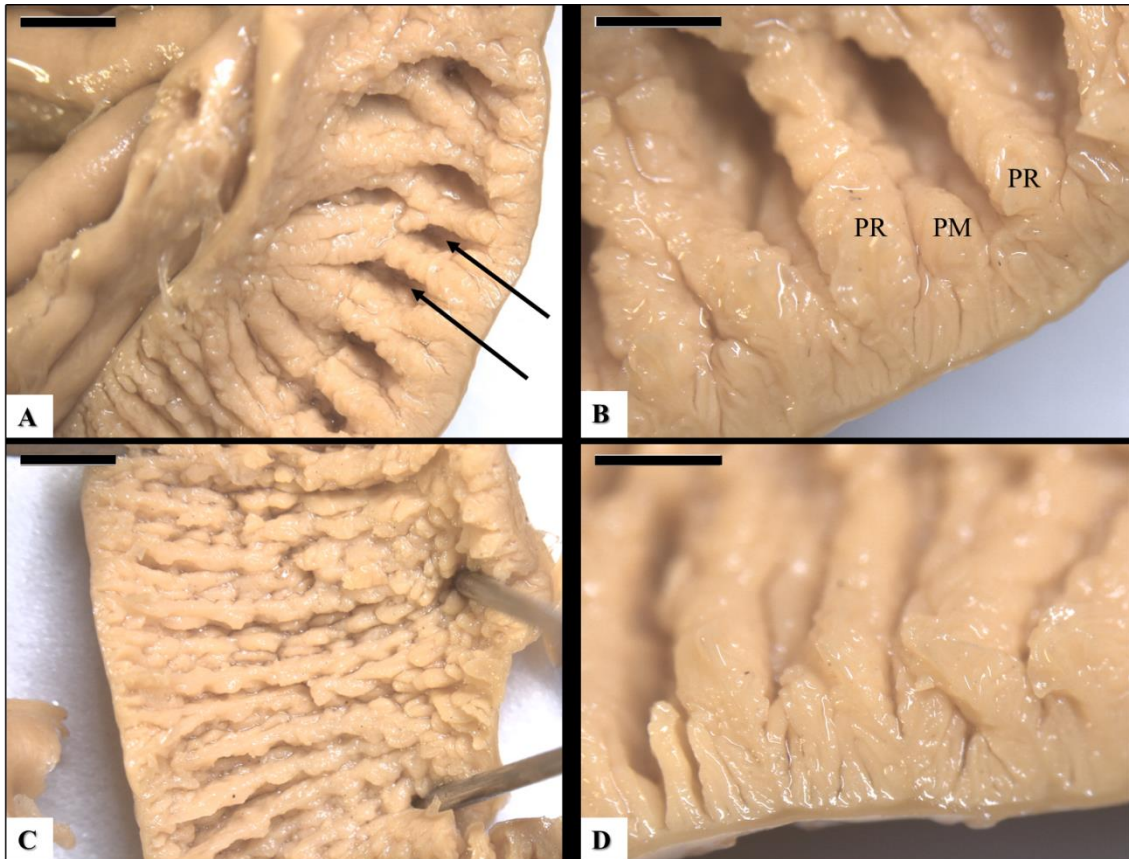


Figura 15. Anatomia das pregas do intestino anterior de *B. amazonicus*. **A** – Parte cranial do intestino anterior com as aberturas dos cecos na parte próxima da região pilórica do estômago (seta). **B** – Visão ampliada das pregas da região cranial do intestino anterior, demonstrando pregas primárias mais altas e secundárias mais baixas se posicionando entre as primárias. **C** – Região caudal do intestino anterior, em que as pregas são mais numerosas e menos espessas. **D** – Visão ampliada da região caudal do intestino anterior. Abreviações: PR- Pregas primárias; PM- Pregas menores. Barra de escala: A, B, C e D: 1 mm.

No intestino médio, as pregas transversais são numerosas e menos espessas e possuem vilosidades na sua superfície (Figura 16 A e B).

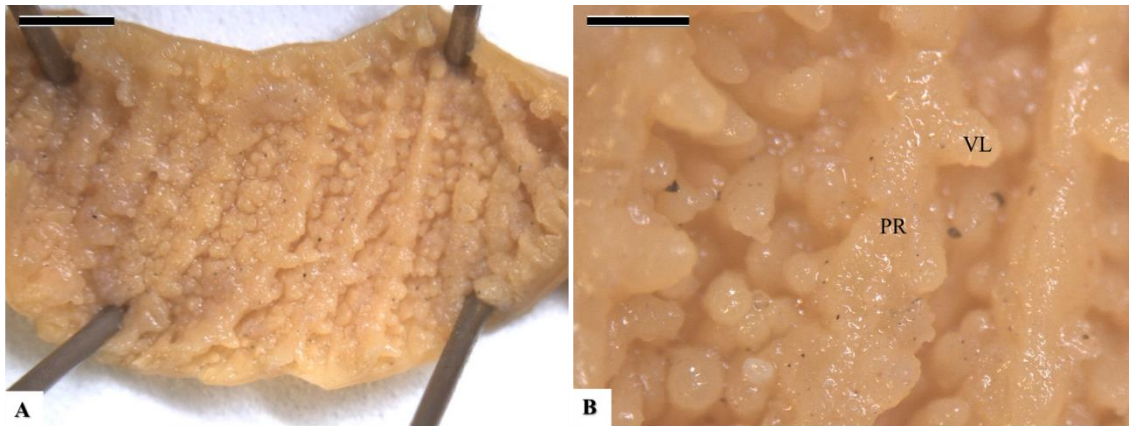


Figura 16. Anatomia das pregas do intestino médio *B. amazonicus*. **A** – Pregas transversais numerosas e pouco espessas. **B** – Visão ampliada, sendo possível observar as pregas primárias e em sua superfície as vilosidades. Abreviações: PR- Pregas primárias; VL- Vilosidades. Barra de escala: A: 2 mm; B: 500 µm.

Na porção cranial do intestino posterior, as pregas transversais são altas e numerosas, existindo a presença de pregas primárias e secundárias (Figura 17 A e B). Em seguida, em sua parte média, as pregas são extremamente altas, denominando a região de “Valva”, diminuindo de forma considerável a luz do órgão (Figura 17 C e D). Após essa constrição, na parte caudal, as pregas diminuem de altura, mas continuam transversais (Figura 17 D e E).

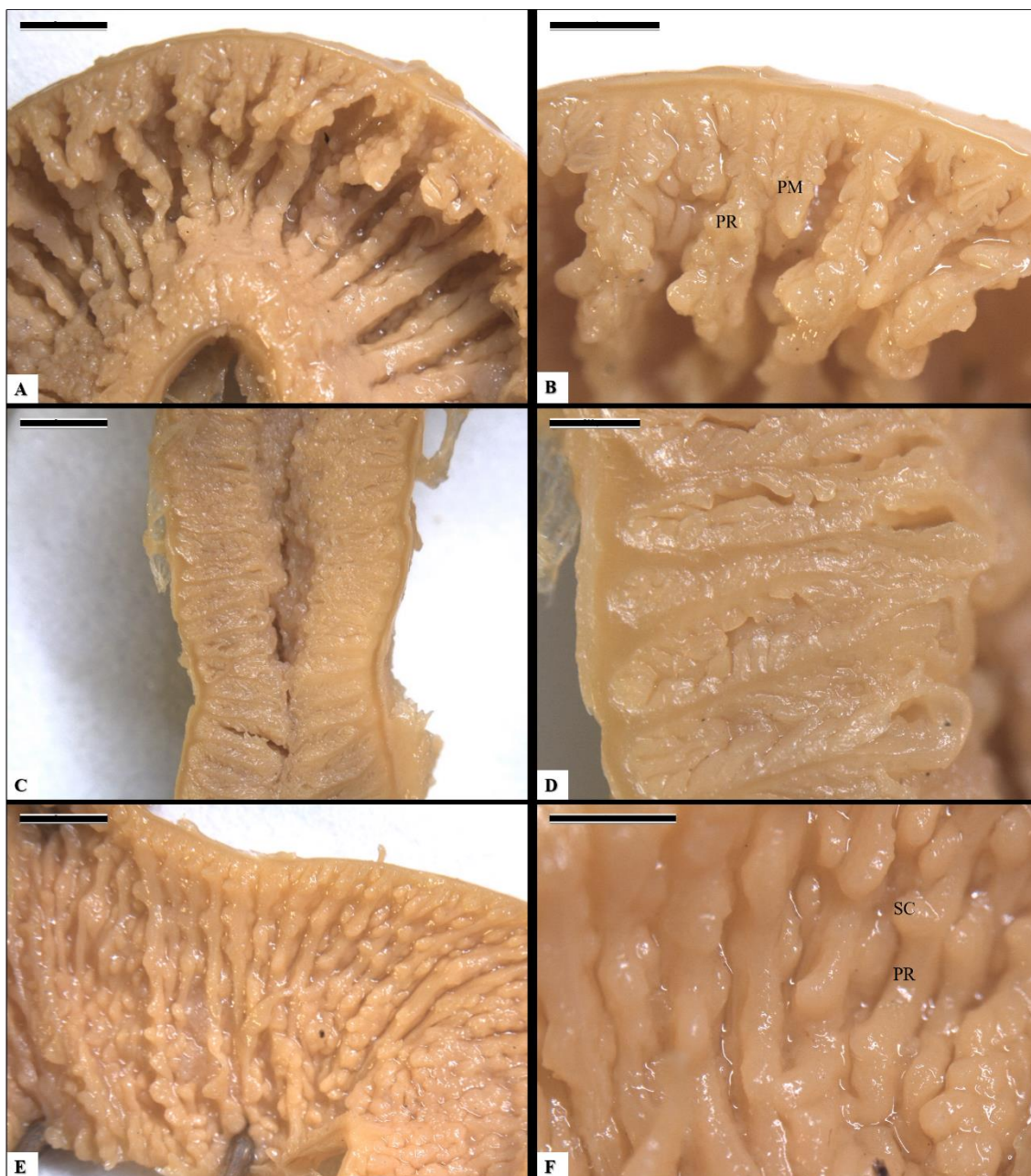


Figura 17. Anatomia das pregas do intestino posterior de *B. amazonicus*. **A** – Intestino posterior parte cranial. **B** – Visão ampliada das pregas primárias e pregas menores do intestino posterior parte cranial. **C** – Intestino posterior parte média na região da “valva”. **D** – Visão ampliada das pregas altas da região do intestino posterior parte média na região da “valva”. **E** – Intestino posterior parte caudal. **F** – Visão ampliada das pregas primárias e pregas secundárias do intestino posterior parte caudal. Abreviações: PR- Pregas primárias; PM- Pregas menores; SC- Pregas secundárias. Barra de escala: A, C e E: 2 mm. B e F: 1 mm; D: 500 μ m.

Histologicamente, o intestino apresentou uma camada mucosa formada por epitélio de revestimento simples colunar com a presença de células absortivas ou enterócitos e células caliciformes (Figura 18 B). Esses enterócitos são caracterizados como células colunares com núcleo localizado no terço basal da célula,

conforme indicado pelo azul de toluidina. Na região apical, observou-se a borda em escova. As células caliciformes apresentaram núcleo basal com citoplasma repleto de mucinas neutras e ácidas (Figura 20). Essas células foram pouco numerosas no intestino anterior, e foram encontradas em maior quantidade em direção ao intestino posterior (Figura 19 A e B).

Abaixo da região epitelial, encontra-se a lâmina própria constituída principalmente de tecido conjuntivo frouxo. Essa lâmina própria é contínua com a camada submucosa por não se observar a camada muscular da mucosa. A camada submucosa constituída por tecido conjuntivo denso apresentou-se mais fina na região anterior do intestino em relação às outras regiões (Figura 18 A).

Em seguida, encontra-se a camada muscular constituída por fibras musculares lisas com duas regiões com diferentes orientações de fibras, sendo uma camada circular interna mais espessa e outra camada longitudinal externa. Externamente à camada muscular, o órgão apresentou camada serosa constituída por tecido conjuntivo frouxo e epitélio de revestimento e

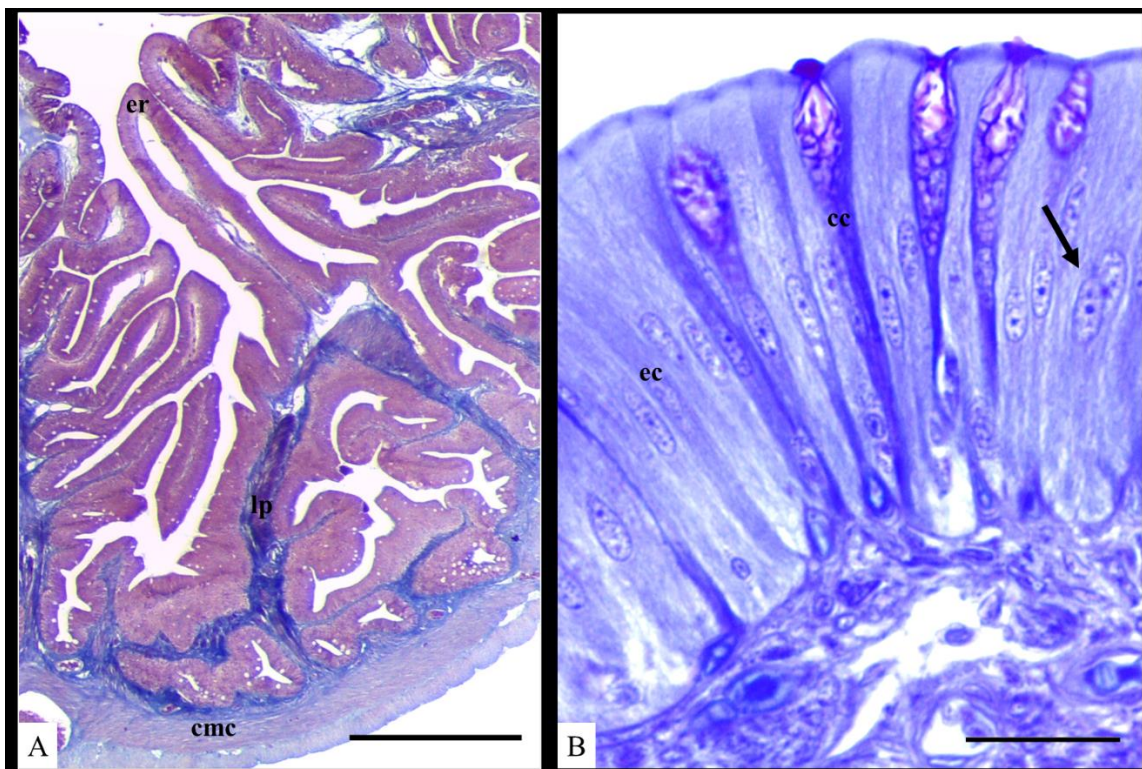


Figura 18. Histologia e histoquímica do intestino de *B. amazonicus*. **A** – Epitélio de revestimento (er) formando as pregas sustentadas pela lâmina própria (lp) e a camada muscular circular interna (cmc). **B** – Camada mucosa formada pelo epitélio simples colunar com a presença de células absortivas ou enterócitos (ec) e células caliciformes (cc). Os enterócitos apresentam formato colunar com núcleo com núcleo localizado no terço basal da célula (seta). Na região apical dessas células, observou-se a presença de borda em escova. As células caliciformes apresentam núcleo basal com citoplasma cheio de mucinas. Coloração: A- Tricrômio de Masson; B- Azul de toluidina. Abreviações: er- epitélio de revestimento; lp- lâmina própria; cmc- camada muscular circular interna; ec- enterócitos; cc- célula caliciformes. Barra de escala: A: 500 μ m; B: 20 μ m.

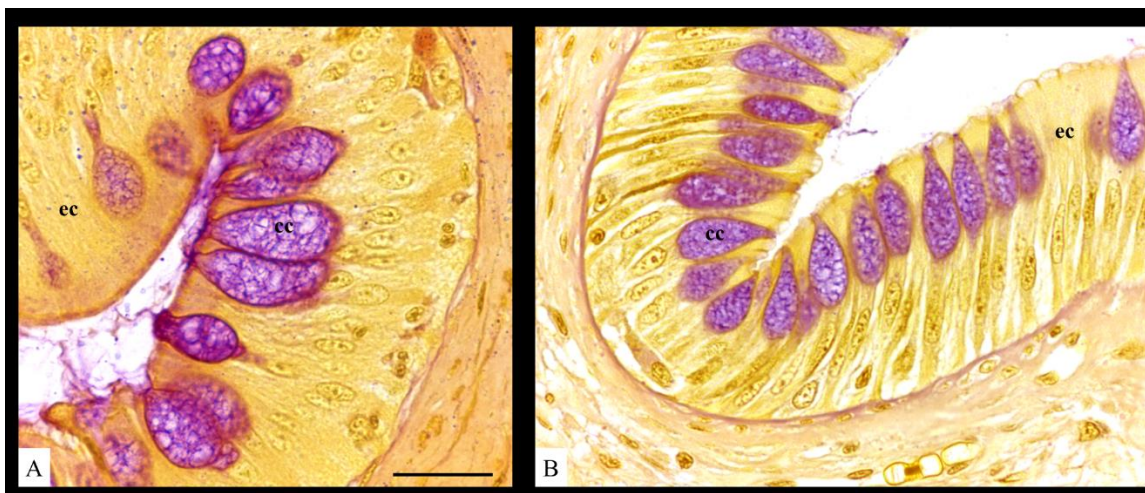


Figura 19. Histoquímica do intestino posterior de *B. amazonicus*. **A e B** – É possível observar os enterócitos (ec) com evidência na grande quantidade de células caliciformes (cc) em com a presença das mucinas neutras. Coloração: A e B- *Metanil yellow* + PAS. Abreviações: cc- células caliciformes; ec- enterócitos. Barra de escala: A: 20 μ m; B: 10 μ m.

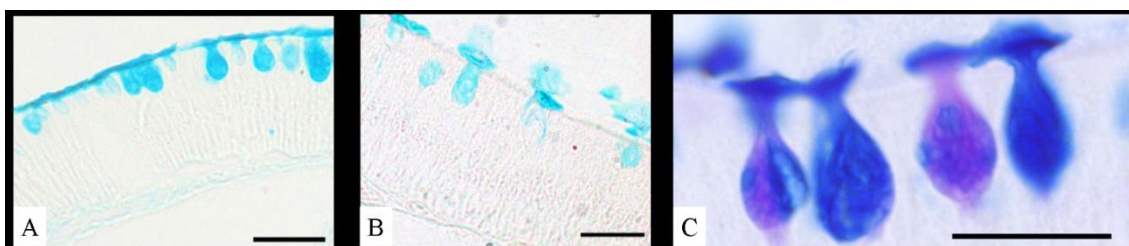


Figura 20. Histoquímica das células caliciformes do intestino de *B. amazonicus*. **A** – Células caliciformes com mucinas ácidas sulfatadas. **B** – Células caliciformes com mucinas ácidas carboxiladas. **C** – Células caliciformes com mucinas ácidas sulfatadas e mucinas básicas. Coloração: A- AB pH 2,5; B- AB pH 1,0; C- AB pH 2,5 + PAS. Barra de escala: A e B: 20 μ m; C: 6 μ m.

O reto possui parede bastante espessa, diminuição da luz do órgão, apresentando pregas longitudinais (Figura 21). Em relação à histologia, a mucosa do reto é formada por epitélio de revestimento colunar simples com uma menor quantidade de células caliciformes em comparação com o intestino. Ao longo do órgão, foi constatada a presença de mucossubstâncias neutras e ácidas produzidas pelas células caliciformes (Figura 23). Foi observado um grande desenvolvimento da camada muscular circular interna, porém a camada muscular longitudinal externa não apresentou tal espessamento (Figura 22).

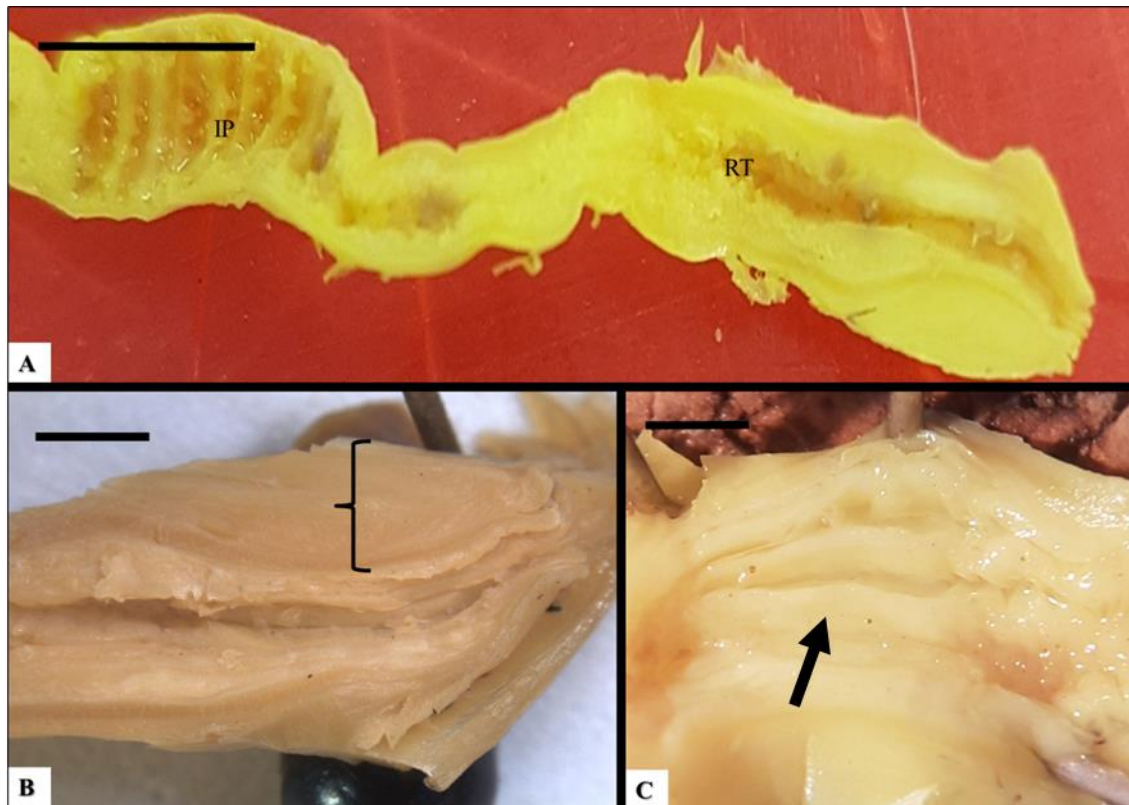


Figura 21. Anatomia do reto de *B. amazonicus*. **A** – Visão geral da região do reto. **B** – Parede espessa do reto (Colchete). **C** – Pregas longitudinais do reto (seta) Abreviações: RT- Reto; IP- Intestino posterior. Barra de escala: A: 6mm e B: 2 mm; C: 1,68 mm.

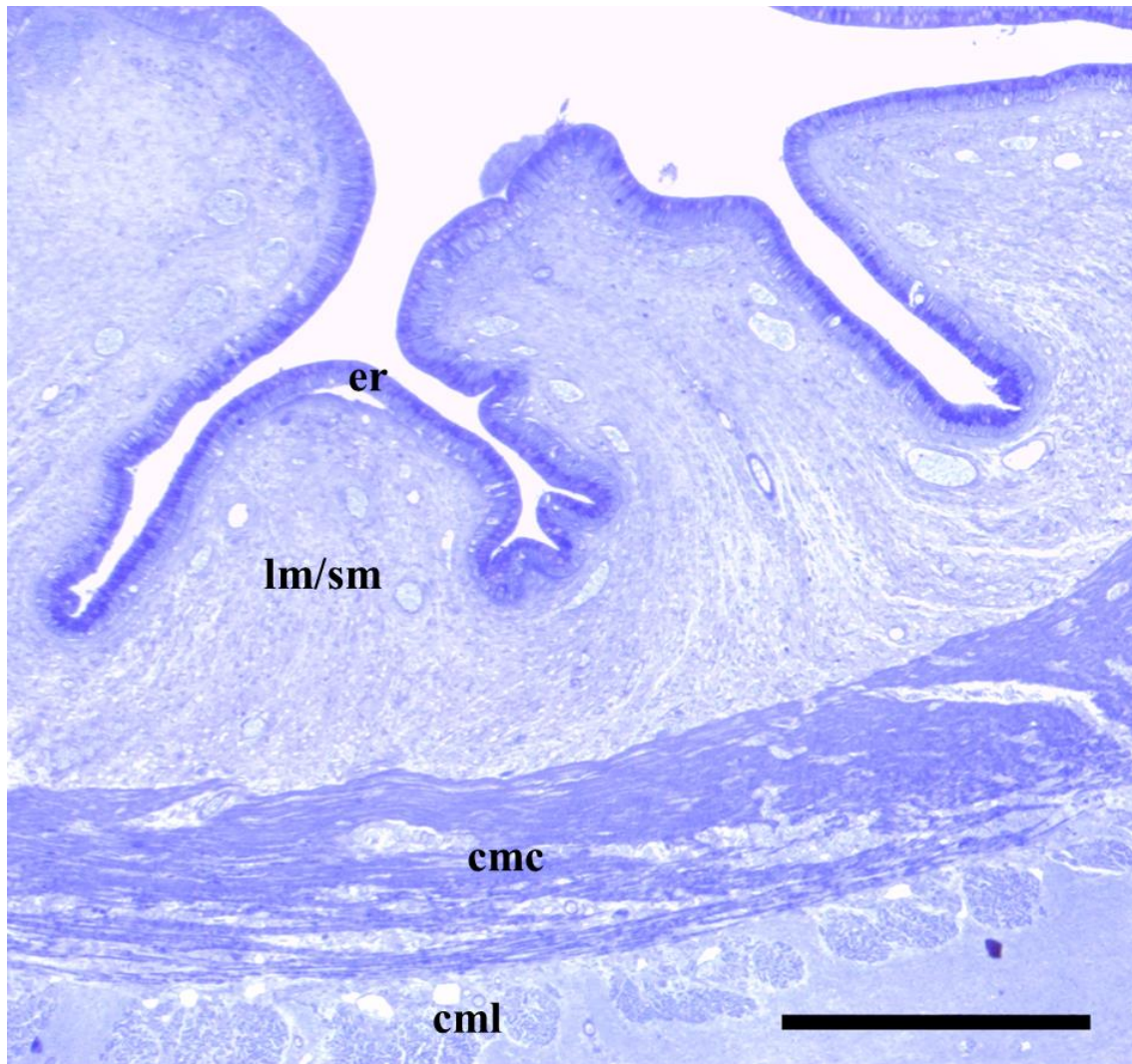


Figura 22. Histologia do reto de *B. amazonicus*. Camada mucosa formada por epitélio de revestimento (er) colunar simples. Contínua com a lâmina própria, a camada submucosa (lm/sm). A camada muscular circular interna (cmc) bem desenvolvida e a camada muscular longitudinal externamente (cml). Coloração azul de toluidina. Abreviações: er- epitélio de revestimento; lm/sm- lâmina própria e camada submucosa; cmc- camada muscular circular interna; cml- camada muscular longitudinal externa. Barra de escala: 500 μ m.

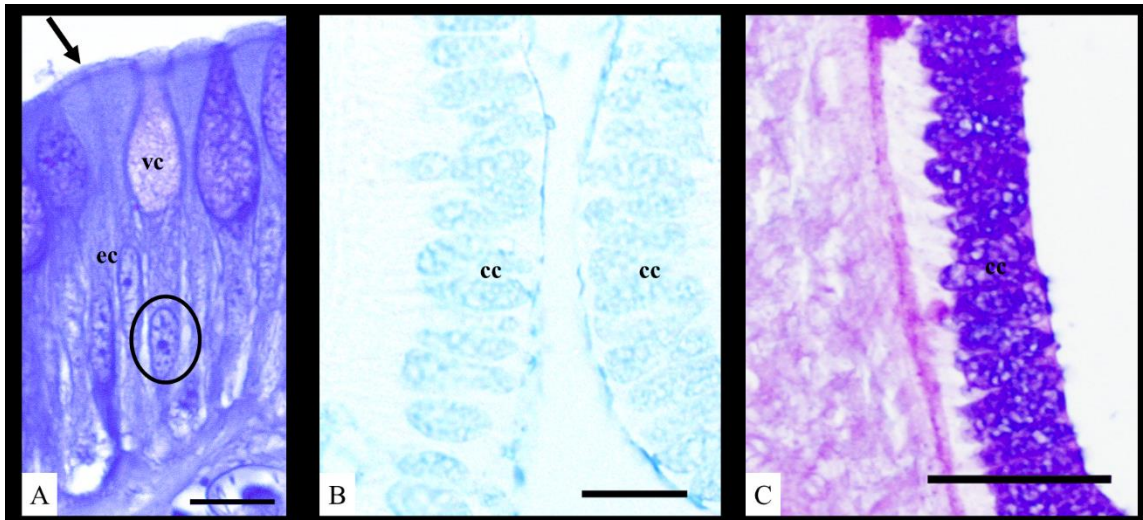


Figura 23. Histoquímica das células caliciformes do reto. **A** – Células caliciformes no epitélio de revestimento do reto com núcleo basal (círculo) e a vesícula de secreção (vs) na parte apical com abertura para luz do órgão. Enterócitos ou células absorptivas (ec) com borda de escova (seta) em sua superfície. **B** – Grande quantidade de células caliciformes (cc) e uma luz estreita do órgão. **C** – Inúmeras células caliciformes (cc) mostrando associação de mucinas neutras e ácidas. Coloração: A- Coloração azul de toluidina; B- AB pH 1,0; C- AB pH 2,5 + PAS. Abreviações: vs- vesícula de secreção; ec- enterócitos; cc- células caliciformes. Barra de escala: A: 10 μ m; B: 25 μ m; C:50 μ m.

3.5 CECOS PILÓRICOS

O *B. amazonicus* apresenta, em média, 54 ± 10 cecos pilóricos. Esses apêndices ou prolongamentos do intestino com fundo cego estão localizados no intestino anterior e recobrimo parcialmente o estômago (Figura 24 A). Os cecos pilóricos possuem formato cilíndrico com extremidade afilada (Figura 24 B). Essas estruturas abrem-se no intestino anterior e podem apresentar ramificações: ceco único, ceco bifurcado, ceco trifurcado, ceco com quatro e até cinco ramificações (Figura 25). As pregas dos cecos pilóricos são longitudinais e onduladas (Figura 24 C e D).

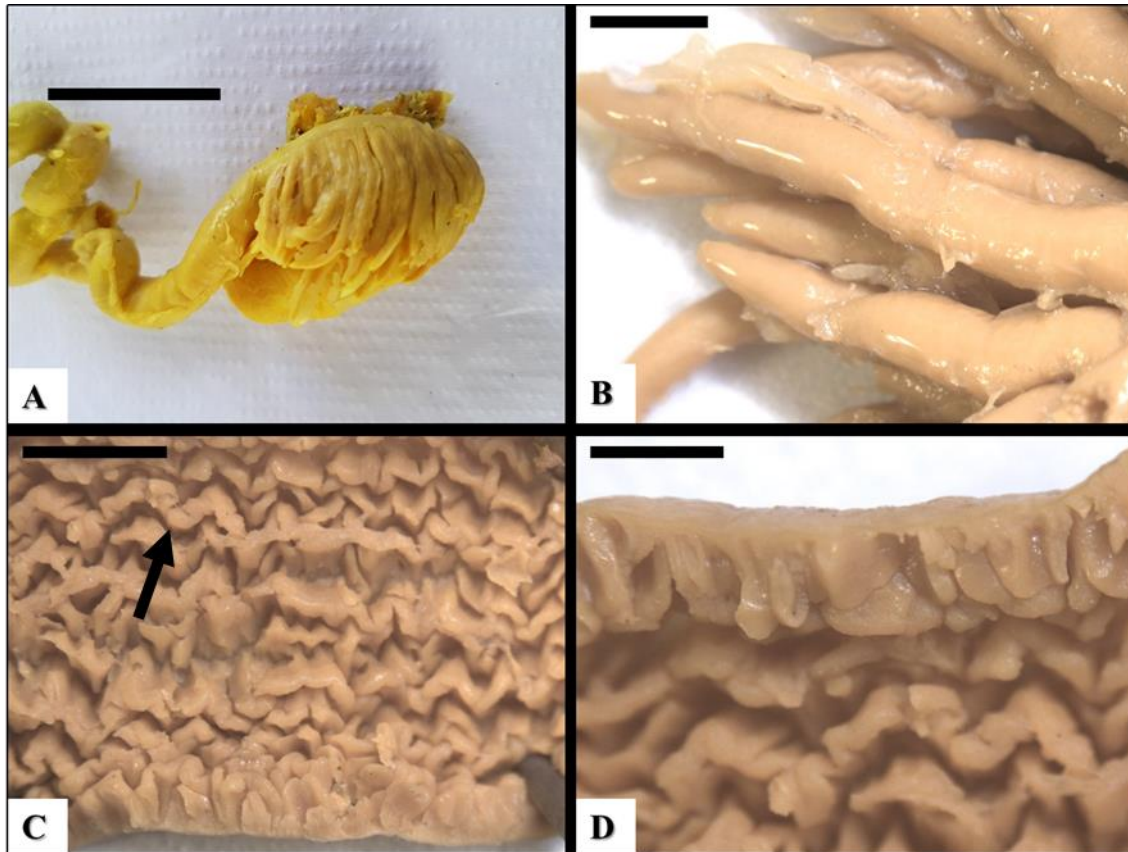


Figura 24. Anatomia dos cecos pilóricos de *B. amazonicus*. **A** – Visão geral dos cecos pilóricos localizados no intestino anterior e recobrimdo o estômago. **B** – Visão ampliada dos cecos pilóricos evidenciando seu formato cilíndrico. **C** – Pregas onduladas e longitudinais dos cecos pilóricos. **D** – Visão ampliada das pregas dos cecos pilóricos. Barra de escala: A: 5 mm; B: 1 mm; C: 2 mm; D: 3 mm.

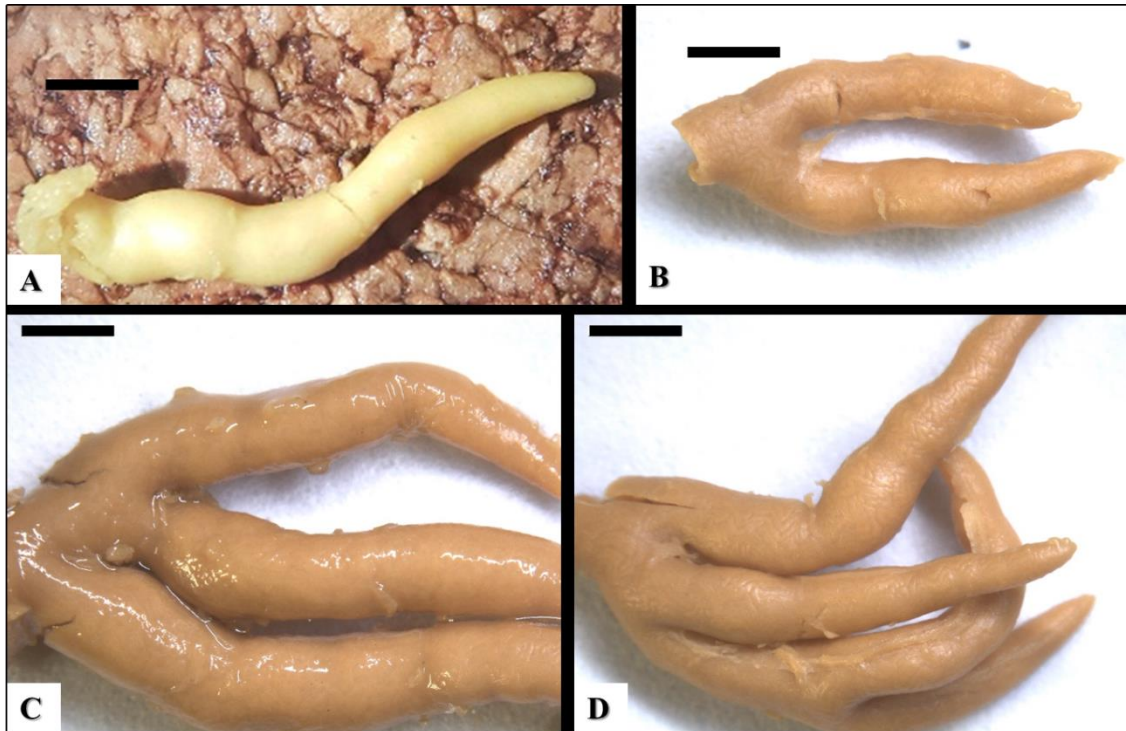


Figura 25. Ramificações dos cecos pilóricos de *B. amazonicus*. **A** – Ceco único com apenas uma extremidade. **B** – Ceco bifurcado com duas extremidades. **C** – Ceco trifurcado com três extremidades. **D** – Ceco com quatro ramificações. Barra de escala: A, B, C e D: 2 mm.

Em relação à histologia, os cecos pilóricos apresentaram mucosa formada por epitélio de revestimento simples colunar com a presença de células absortivas ou enterócitos e células caliciformes (Figura 26).

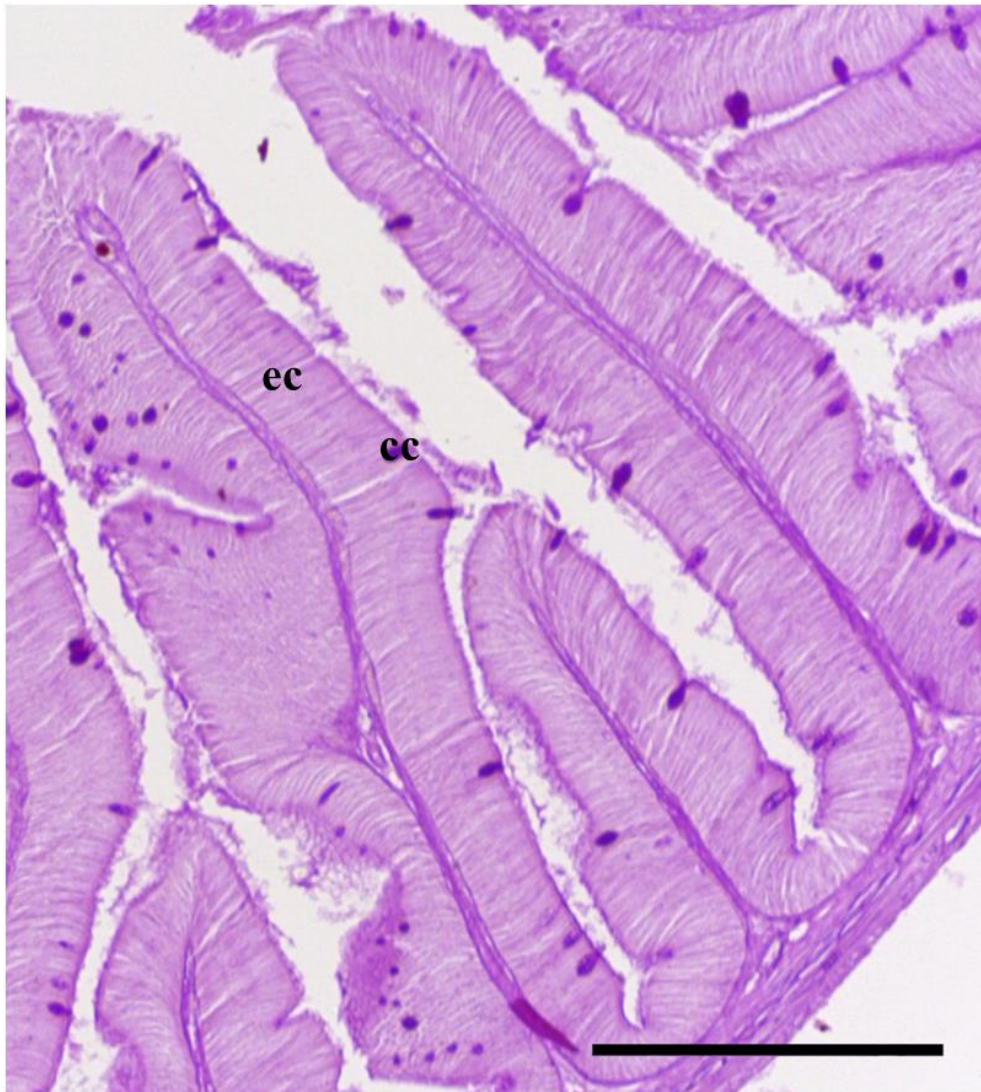


Figura 26. Histoquímica dos cecos pilóricos de *B. amazonicus*. Camada mucosa semelhante à do intestino com epitélio de revestimento simples colunar. Presença de células absorptivas ou enterócitos (ec) e células caliciformes (cc). Coloração PAS. Abreviações: ec- enterócitos; cc- células caliciformes. Barra de escala: 200 μ m.

4 DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os animais utilizados neste estudo apresentaram, em média, comprimento padrão de $36,2 \text{ cm} \pm 4,3$, e peso médio de $1,17 \text{ kg} \pm 0,3$. O tubo digestivo foi dividido em esôfago, estômago (cárdica, fúndica e pilórica) e intestino (anterior, médio, posterior e reto), como relatado no estudo anatômico realizado no aparelho digestivo do tambatinga (FERREIRA et al., 2013). No entanto, ressalta-se que existem outros modos de caracterizar o tubo digestivo, em que: (i) o intestino anterior refere-se ao segmento que compreende o esôfago e o estômago, (ii) o intestino médio compreende o intestino propriamente dito, e (iii) o intestino posterior/reto representa o segmento final do tubo digestivo (CUNHA; RODRIGUES, 2016).

Embora seja caracterizada como uma espécie onívora (FILHO-FILHO; BATISTA, 2009), *Brycon amazonicus* apresenta determinados indicadores relacionados a hábitos carnívoros, os quais podem ser detectados devido às características de estômago distensível relativamente grande e intestino curto (RODRIGUES; MENIN, 2008).

Os cecos pilóricos, estruturas tubulares com fundo cego e abertura localizada na região pilórica do intestino, foram encontrados em grande quantidade. Nesse sentido, é possível afirmar que as pregas transversais no intestino e o grande número de cecos pilóricos auxiliam na digestão e absorção de alimentos de difícil digestão de sua dieta, e ainda se sugere que os cecos são capazes de promover um aumento da área de absorção de nutrientes e de neutralizar o baixo pH do estômago (NEUMANN, 2008).

O coeficiente intestinal, parâmetro amplamente utilizado em estudos morfométricos, resultou em um valor de 1,1, o qual é característico de uma espécie carnívora, embora o conteúdo intestinal analisado pelos autores Leite e Araujo-Lima demonstre um hábito onívoro (LEITE; ARAÚJO-LIMA, 2002). De fato, Rotta (2003) estabelece que, de modo geral, os peixes carnívoros apresentam um coeficiente intestinal que varia entre 0,2 a 2,5.

4.2 CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E MORFOMÉTRICAS

4.2.1 Esôfago

Os resultados anatômicos revelaram que a espécie *Brycon amazonicus* apresentou um esôfago de parede espessa com $2,39 \text{ mm} \pm 0,7$ de altura que auxilia na distensão do órgão para passagem do alimento. As pregas longitudinais esofágicas para distensão com o intuito de facilitar a passagem de alimento para o estômago. De acordo com Zavala-Camin (1996), o esôfago de peixes ósseos segue padrão similar ao apresentado nesse estudo.

Em termos anatômicos, o esôfago não possui uma delimitação evidente com o estômago. Com base nas observações referentes à espécie *Brycon amazonicus*, pode-se constatar uma sutil diferença na musculatura localizada na transição entre esôfago e estômago, embora outras espécies de teleósteos apresentem um esfíncter nessa transição (MENIN, 1988; AMARAL, 1990; RODRIGUES et al., 2006). Segundo Godinho (1970), o limite entre esôfago e estômago, quando indicado macroscopicamente, é visualizado por um estreitamento na região de transição entre essas regiões.

4.2.2 Estômago

O estômago de *Brycon amazonicus* é sacular com formato em “U”, como visto em *Hydrolycus armatus* (COSTA et al., 2015). Ao contrário, Cunha e Rodrigues (2016) constataram que a espécie *Cynoscion acoupa* apresenta estômago com padrão retilíneo, grande e distensível, do tipo cecal em formato de “Y”. Já em *Rhamdia quelen*, o estômago apresenta forma de “J”, sendo um saco muscular que possui dobras amplas e profundas quando sem o alimento (HERNÁNDEZ et al., 2009). Ressalta-se que essas variações morfológicas verificadas entre as diferentes espécies são resultantes do hábito alimentar de cada uma, desenvolvidas ao longo da evolução filogenética. Tais diferenças visam promover maior eficiência na digestão e absorção dos nutrientes, considerando o espectro alimentar e ambiente de cada espécie (WHITHERS, 1992). *B. amazonicus*, por exemplo, apresenta um amplo espectro alimentar e é uma espécie onívora com características morfológicas de hábito alimentar carnívoros. O estômago bem desenvolvido e o formato em “U” com a espessa camada muscular e pregas na mucosa, que sugerem uma digestão

mecânica funcional e está relacionada ainda à distribuição de enzimas digestivas (NEUMANN, 2008; CAMILO, 2012).

Anatomicamente, o estômago em peixes, é dividido em três regiões: cárdica, fúndica e pilórica (SILVA et al., 2005). Na região da cárdica, as pregas têm padrão longitudinal e uma estreita camada muscular, o que auxilia a passagem do alimento. Já na região fúndica, as pregas são enoveladas para distensão do órgão em diferentes orientações e a camada muscular é mais espessa, promovendo assim o armazenamento do alimento. Por fim, a região pilórica possui uma musculatura bem desenvolvida para reter o alimento para realizar uma melhor digestão. Dessa forma, pode-se inferir que a região cárdica e fúndica possuem a função de receber e armazenar o alimento, enquanto a região pilórica é responsável pelo esvaziamento gástrico (MENIN; MIMURA, 1993). De fato, a espécie *Brycon amazonicus* apresenta características das pregas do estômago que estão relacionadas à capacidade de distensão do órgão para promover sua dilatação, acomodar o alimento e aumentar a superfície de contato (NEUMANN, 2008).

Em espécies onívoras, como *Leporinus fasciatus*, similar a espécie avaliada no presente trabalho a proporção de tamanho é igualmente distribuída entre as regiões do estômago (OLIVEIRA et al., 2013). Já em espécies carnívoras a região fúndica apresenta uma maior dimensão em relação às outras, o que também é observado na espécie *Acestrorhynchus pantaneiro* (MENEZES, 1992). Por outro lado, outras espécies carnívoras possuem a região cárdica uma musculatura mais desenvolvida, como ocorre no teleósteo *Hoplias malabaricus* (PESSOA et al., 2013).

4.2.3 Intestino

O intestino de *B. amazonicus* apresentou formato enovelado, com duas alças principais. De acordo com a literatura, o intestino da espécie *Leoporinus macrocephalus* possui formato de “N”, com quatro alças intestinais (RODRIGUES et al., 2008). De fato, o intestino dos teleósteos é reconhecido pelas diversas variações anatômicas específicas entre as espécies. O padrão de curvatura e arranjo das alças no órgão indicam possíveis adaptações da estrutura anatômica, que estão diretamente relacionadas à alimentação, ao aparelho digestório e às interações com o ambiente (MENIN, 1988).

Brycon amazonicus possui padrão alimentar onívoro e ao apresentar essa caracterização do intestino, com formato enovelado e com duas alças sugere uma adaptação para retardar a passagem do alimento e promover uma maior absorção de

nutrientes. Semelhante a *Leporinus macrocephalus*, e o arranjo de seu intestino também está relacionado à forma de sua cavidade peritoneal, que ocorre devido ao formato fusiforme do corpo (RODRIGUES et al., 2008).

Anatomicamente, de forma geral, o intestino da espécie estudada foi dividido em anterior, médio, posterior e reto. Essa divisão também foi encontrada em outros peixes, como em *Hemisorubim platyrhynchos* (FACCIOLI et al., 2014). O intestino apresentou comprimento médio de $39,8 \text{ cm} \pm 7$ e coeficiente intestinal (CI) de 1,1. De acordo com Bertin (1958), o coeficiente intestinal é um índice morfométrico cujo valor é obtido através da relação entre o comprimento do intestino e do corpo. No presente estudo, o CI foi analisado visando identificar a relação entre o tamanho do intestino e o hábito alimentar da espécie. De acordo com os dados do presente estudo, o baixo valor de CI constatado em *B. amazonicus* revela características de um peixe carnívoro, o que também é observado nas espécies *Pseudoplatystoma coruscans* (0,48) (SEIXAS-FILHO et al., 2001) e *Cynosciun acoupa* (0,99) (CUNHA; RODRIGUES, 2016). Os resultados corroboram o estudo de Rotta (2003), o qual estabelece que, de modo geral, o coeficiente intestinal dos peixes carnívoros varia entre 0,2 a 2,5. Por outro lado, a partir das análises do conteúdo intestinal do animal, é possível inferir que o hábito alimentar da espécie em estudo é onívoro (LEITE; ARAÚJO-LIMA, 2002).

A existência de pregas no intestino está relacionada com a expansão do tubo digestivo, aumentando a superfície de absorção e lentidão do fluxo intestinal, permitindo a digestão e assimilação de nutrientes (LØKKA, 2013). Assim, ao longo do intestino de *B. amazonicus*, o padrão de pregas apresentado é transversal, exceto no reto, onde as pregas são longitudinais. Este padrão de pregas transversal permite uma absorção eficiente de nutrientes dos alimentos. De forma geral, o intestino do teleósteo estudado foi dividido em intestino anterior (cranial e caudal), médio posterior (cranial, média e caudal), cecos pilóricos e o reto. Esta separação ocorreu devido à diferença de espessura e quantidade das pregas presentes nessas estruturas.

Considerando as diferentes regiões do órgão, foram constatadas variações nos valores de altura das pregas. Em comparação com a literatura, destaca-se que o intestino do peixe teleósteo *Roeboides xenodon* também apresenta uma porção cranial de maior altura e circunvoluta, e uma porção caudal de menor altura (BARCELLOS et al., 2014).

As pregas transversais do intestino anterior parte cranial são menos espessas e mais numerosas e apresentam pregas secundárias em sua superfície mais evidente. Nessa região, é possível perceber uma diferenciação das pregas transversais, possuindo pregas

principais ou primárias mais altas e, entre elas, pregas mais baixas denominadas pregas menores. De acordo com Murray et al. (1996), a elevação da mucosa em pregas aumenta a superfície absorptiva do intestino. Ainda nessa região, é possível observar a abertura dos cecos pilóricos. Já na parte caudal do intestino anterior, as pregas transversais são menos espessas e mais numerosas e apresentam pregas secundárias.

No intestino médio, as pregas transversais são numerosas e menos espessas, como relatado em estudo prévio realizado em *Geophagus sp.* (COSTA et al., 2016). Além disso, há a presença de vilosidades na sua superfície que facilita a passagem e permite a absorção nessa área.

No intestino posterior, em sua parte cranial, as pregas são altas e numerosas, com a presença de pregas primárias e secundárias, fazendo com que o alimento passe lentamente e permitindo uma absorção eficiente, como ocorre em *Brycon orbignyanus* (SEIXAS-FILHO et al., 2001). Em seguida, em sua parte média, as pregas são muito altas, diminuindo consideravelmente a luz, promovendo a retenção do alimento e uma maior absorção, funcionando como uma “valva”. Após essa constrição, na região caudal, as pregas diminuem de altura, mas continuam transversais.

O reto apresenta parede bastante espessa a qual, por consequência, reduz a de luz do órgão e facilita o movimento de expelir o bolo fecal. Além disso, a estrutura é dotada de pregas longitudinais que facilitam a passagem do bolo fecal, característica também observada na espécie *Hypophthalmus marginatus* (POZZER, 2015).

4.2.4 Cecos pilóricos

O *B. amazonicus* apresenta, em média, 54 ± 10 cecos pilóricos. Esses apêndices estão localizados na porção cranial do intestino anterior e recobrem parcialmente o estômago, estando ligados à parede do órgão pelo peritônio ou livres entre si (ROTTA, 2003).

De acordo com Huet (1983), a quantidade dessas estruturas é bastante variável. Algumas espécies do grupo dos salmonídeos revelam uma quantidade de cecos que varia entre 3 a 150 cecos pilóricos. Os cecos pilóricos de forma geral, são mais desenvolvidos em comprimento nos carnívoros, e reduzidos ou ausentes nas espécies herbívoras. Já nas espécies que exibem ausência ou número reduzido de cecos, observa-se maior comprimento do intestino médio e maior desenvolvimento da mucosa (ROTTA, 2003).

Os cecos pilóricos de *Brycon amazonicus* possuem formato cilíndrico com extremidade afilada. Essas estruturas abrem-se no intestino anterior e podem apresentar ramificações: ceco único, ceco bifurcado, ceco trifurcado, ceco com quatro e até cinco ramificações. Em *Brycon orbiganynus*, os cecos pilóricos apresentam desde uma única até seis ramificações (SEIXAS-FILHO et al., 2001). As pregas dos cecos pilóricos são longitudinais e onduladas para facilitar a entrada e a saída do bolo alimentar, cuja função é aumentar a digestão e absorção de nutrientes, podendo até servir para armazenar alimento (ZAVALA-CAMIN, 1996).

4.3 CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS E HISTOQUÍMICAS

4.3.1 Esôfago

Em relação à histologia, o esôfago de *Brycon amazonicus* apresentou características semelhantes aos demais animais do seu grupo, possuindo as seguintes camadas: mucosa, submucosa, muscular e serosa. A camada mucosa do *B. amazonicus* demonstrou epitélio de revestimento estratificado pavimentoso com a presença de células epiteliais e células caliciformes. Apesar de existir um padrão de estratificado pavimentoso, em outras espécies, como *Pelteobagrus fulvidraco* (CAO; WANG, 2009), foi possível observar epitélio de revestimento caracterizado como estratificado colunar.

As células epiteliais são alongadas na região basal do epitélio e mais delgada na parte superficial. Já em relação às células caliciformes, foi possível observar uma grande quantidade ao longo de todo epitélio do órgão. Tal fato pode ser explicado pela ausência de glândulas salivares na cavidade bucofaríngea (SCOCCO et al., 1998). É válido lembrar que esse muco produzido pelas células caliciformes está relacionado com a lubrificação epitelial e defesa contra bactérias e outros patógenos (DOMENEGHINI et al., 2005).

Em relação à histoquímica, as células caliciformes apresentaram mucossubstâncias neutras (PAS), mucossubstâncias ácidas carboxiladas (AB pH 2,5) e associação dessas mucossubstâncias (AB + PAS). Na região posterior do esôfago, próximo à transição com o estômago, foi constatada uma pequena quantidade de mucossubstâncias ácidas, predominando o muco neutro. Segundo Humbert et al. (1984), as diferenças nas mucossubstâncias esofágicas estão diretamente relacionadas à funcionalidade de cada região, sendo que anteriormente possuem função de proteção epitelial, atuando na prevenção de lesões durante a passagem do alimento.

De modo geral, as mucossubstâncias ácidas possuem como função principal a proteção do epitélio contra agentes infecciosos (HUMBERT et al., 1984). Dessa forma, sua predominância na região anterior do esôfago é de fundamental importância, uma vez que esse local representa o primeiro contato do alimento no órgão com o epitélio de revestimento.

Ainda na região da mucosa, é possível observar a presença de botões gustativos. Essa estrutura está relacionada à gustação, detecção, seleção e ingestão dos alimentos, auxiliando na proteção contra a ingestão de substâncias nocivas (CHEDID, 2016).

Externamente a parede do órgão na mucosa, encontra-se a lâmina própria constituída de tecido conjuntivo frouxo rico em vasos sanguíneos e linfáticos. Esta camada é contínua com a camada submucosa devido à ausência da camada muscular da mucosa, semelhante ao que ocorre na espécie *Genyatrems luteus* (SOUZA, 2018).

A camada submucosa é formada por tecido conjuntivo denso não modelado com muitos vasos sanguíneos. Externamente no órgão, encontra-se a camada muscular que foi dividida em duas subcamadas devido às diferentes orientações das suas fibras estriadas; internamente, uma musculatura longitudinal e, externamente, uma musculatura circular. Essas fibras musculares estriadas promovem uma contração rápida e vigorosa (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008), e isso possibilita que essa espécie prenda sua presa, evitando assim fuga.

A camada serosa é constituída de tecido conjuntivo frouxo e revestida por tecido epitelial, sendo localizada externamente à camada muscular circular. É importante lembrar que, por causa da presença desse tecido conjuntivo em grande quantidade, o órgão é capaz de se distender sem sofrer lesões (FACCIOLI, 2012).

4.3.2 Estômago

Em relação à histologia, o estômago de *Brycon amazonicus* apresentou características semelhantes aos outros órgãos do tubo digestivo. Com a presença de uma porção glandular na parte cárdica e fúndica e um aumento de espessura na musculatura da região pilórica, formando um esfíncter.

Essa camada mucosa é formada pelas células epiteliais com núcleos basais e secreções apicais. Essas mucossubstâncias produzidas eram, em maior quantidade, neutras (fortemente reativas com PAS) e uma pequena quantidade ácidas (fracamente reativas com AB). A função da grande presença de mucinas neutras na região apical está

relacionada com a manutenção da parede gástrica, protegendo o epitélio da autodigestão pelos ácidos e enzimas secretadas pelas glândulas gástricas (DOMENEGHINI et al., 2005). Por sua vez, as mucossubstâncias ácidas apresentam função lubrificante dos conteúdos gástricos, e atuam como tampão para sucos gástricos altamente ácidos (FERRARIS et al., 1987).

Externamente ao epitélio do estômago, foi possível observar a presença de uma lâmina própria constituída por tecido conjuntivo e pelas glândulas gástricas. Este tecido conjuntivo composto por muitas fibras e vasos sanguíneos possui a função de sustentar e nutrir tanto o epitélio quanto essas glândulas gástricas.

As glândulas gástricas possuem formato tubular e são compostas por células oxintopépticas, sendo responsáveis por secretar o ácido clorídrico (HCl) e enzimas gástricas (GARCÍA-HERNÁNDEZ et al., 2001). A grande quantidade de glândulas gástricas é de fundamental importância para a digestão do alimento. De fato, essas espécies possuem estômago com capacidade para maiores volumes, e são capazes de ingerir presas inteiras (POZZER, 2015).

Em seguida, foi possível observar a camada muscular da mucosa e, posterior a essa região, a camada submucosa. Essa camada submucosa é constituída de tecido conjuntivo denso com grande presença de vasos sanguíneos e fibras. É importante ressaltar que esse conjunto composto por lâmina própria, camada muscular da mucosa e submucosa proporciona grande elasticidade e capacidade de expansão ao órgão.

Na parte externa do órgão nas camadas citadas, encontra-se a camada muscular constituída de fibras lisas, sendo dividida em duas subcamadas com diferentes orientações dessas fibras: internamente circular e, externamente, longitudinal. A camada muscular apresentou um grande desenvolvimento em direção à região pilórica, formando um esfíncter, estrutura responsável pela manutenção do trânsito do alimento em direção ao intestino. Ao longo de todo estômago, é possível observar um grande desenvolvimento da musculatura devido à grande expansão do órgão, sendo uma característica importante para acomodar esse alimento.

4.3.3 Intestino

Em relação à histologia, o intestino apresentou em sua camada mucosa com epitélio colunar simples a presença de células absorptivas ou enterócitos e células caliciformes. Os enterócitos, ou células absorptivas, compõem a maior parte do epitélio de

revestimento intestinal e possuem como função a absorção de nutrientes e secreção enzimática (WILSON; CASTRO, 2010). Na região anterior, os enterócitos promovem uma absorção de todas as moléculas (HERNANDEZ-BLAZQUEZ et al., 2006). Já nas regiões médio e posterior, essas células estão relacionadas principalmente com a absorção de macromoléculas proteicas (NACHI et al., 1998).

As células caliciformes caracterizam outro tipo de célula presente no epitélio do órgão. Essas células apresentaram núcleo basal com a região medial e apical repleta de grânulos de secreção. As mucossubstâncias liberadas pelas células caliciformes são ácidas carboxiladas (positivas ao AB pH 2,5), ácidas sulfatada (positivas ao AB pH 1,0), neutras (PAS) e com a associação de AB e PAS. E estas células caliciformes aumentam de quantidade no intestino posterior e no reto em comparação com as outras regiões intestinais, tal fato ocorre pelo fato de que a principal função do intestino posterior e do reto é a formação e eliminação do bolo fecal que necessita de uma grande quantidade de muco produzidos por essas células caliciformes.

Essas mucossubstâncias ácidas, de forma geral, protegem o epitélio intestinal contra a degradação pela ação de glicosidases (CARRASSÓN et al., 2006). Especificamente, as mucinas ácidas sulfatadas, quando associadas com as glicoproteínas, possuem a função de aumentar a resistência do muco contra a degradação bacteriana (RHODES et al., 1985). Já as mucossubstâncias neutras fornecem cofatores necessários para quebra enzimática do alimento (ANDERSON, 1986).

Em relação à parte retal, a mucosa é formada por epitélio de revestimento colunar simples com grande quantidade de células caliciformes, além de apresentar um espessamento na camada muscular interna que está relacionado com movimento de expelir o bolo fecal. As mucossubstâncias produzidas são ácidas sulfatadas detectadas por AB pH 1,0 e neutras detectadas pela associação de AB pH 2,5 e PAS. Essas mucinas possuem a função de proteção e lubrificação do epitélio, facilitando o processo de defecção (CARRASSÓN et al., 2006).

Os cecos pilóricos apresentaram histologia semelhante às regiões do intestino, com epitélio de revestimento colunar simples com enterócitos ou células absorptivas e células caliciformes. Além disso, foi constatada a presença de mucossubstâncias ácidas e neutras que protegem o epitélio e facilitam o deslizamento do alimento.

5 CONCLUSÃO

A partir das análises morfológicas e morfométricas, conclui-se que *Brycon amazonicus* é uma espécie onívora, mas apresenta coeficiente intestinal 1,1, esôfago curto com pregas longitudinais e musculatura desenvolvida, estômago sacular e distensível, e intestino curto com pregas transversais, características típicas de peixes carnívoros. No entanto, as pregas transversais e o grande número de cecos pilóricos auxiliam na digestão e absorção de alimentos de difícil digestão de sua dieta.

Em relação às análises histológicas e histoquímicas, no esôfago, destacam-se características marcantes do hábito alimentar carnívoro, como lâmina própria/submucosa e camada muscular e serosa bem desenvolvidas, fazendo com que esse órgão fique altamente distensível. A grande quantidade de células caliciformes esofágicas secreta mucossubstâncias (PAS + e AB pH 2,5 +) que protegem a mucosa e facilitam a passagem do alimento.

O estômago apresenta uma região apical fortemente com PAS e fracamente com AB, sendo possível compreender que as mucossubstâncias neutras impedem a autodigestão do epitélio pelas enzimas digestivas. Já as mucossubstâncias ácidas apresentam a função de tampão no órgão. É importante ressaltar que, na lâmina própria e nas regiões da cárdica e fúndica, encontra-se uma grande quantidade de glândulas gástricas responsáveis pela produção de ácidos clorídricos e enzimas que são fundamentais na digestão proteica. Além disso, a camada muscular de todo o estômago é bem desenvolvida devido à grande distensão do órgão, tendo uma maior espessura na região pilórica, formando o esfíncter.

O intestino apresentou uma quantidade maior de células caliciformes em sua parte posterior (PAS e AB pH 1,0 e 2,5 +). Isso ocorre devido à proteção epitelial nessa região, além de facilitar o trânsito intestinal.

No reto, é possível observar grande quantidade de células caliciformes (AB pH 1,0 e AB pH 2,5 e PAS), que possibilita a proteção e a lubrificação do epitélio, facilitando a defecção.

Os cecos pilóricos apresentaram características semelhantes ao intestino, com a presença de mucossubstâncias que protegem o epitélio e facilitam o deslizamento do alimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-HUSSAINI, A. H. On the functional morphology of the alimentary tract of some fish in relation to differences in their feeding habits: anatomy and histology. **Journal of Cell Science**, v. 3, p. 109-139, 1949.

AMARAL, A. A. Anatomia comparativa do aparelho digestivo de *Acestrorhynchus britskii* Menezes, 1969 e *Acestrorhynchus lacustris* Reinhardt, 1874 (Pisces, Characidae, Acestrorhynchinae). **Revista Ceres**, v. 37, n. 212, p. 277-288, 1990.

ANDERSON, T. A. Histological and cytological structure of the gastrointestinal tract of the luderick, *Girella tricuspidata* (Pisces, Kyphosidae), in relation to diet. **Journal of Morphology**, v. 190, p. 109-119, 1986.

BARCELLOS, J. F. M.; BRANCO, E.; PONTES, D. Aspectos morfométricos do tubo digestório de *Roeboides xenodon* e *Orthospinus franciscensis*. **Biotemas**, v. 27, n. 3, p. 139-147, 2014.

BÉRTIN, L. **Appareil digestif**. In: GRASSÉ, P. P. *Traité de zoologie*. Paris: Masson, v. 13, p. 1248-1302, 1958.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA**. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. 2011

CAL, J. A. **Histologia do trato digestório de Surubim-Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans* – Agassiz- 1829)**. 2006. 88 p. Dissertação (Mestrado em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CAMILO, R. Y. **Efeitos de carboidratos no desempenho, na digestão e no metabolismo de matrinxã (*Brycon amazonicus*) e híbridos de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans* x *Pseudoplatistoma fasciatum*) em um período curto de alimentação**. 2012. 99 p. Tese (Doutorado em Genética e Evolução) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, 2012.

CAO, X. J.; WANG, W. M. Histology and mucin histochemistry of the digestive tract of yellow catfish, *Pelteobagrus fulvidraco*. **Anatomia Histologia Embryologia**, v. 38, p. 254-261, 2009.

CARRASSÓN, M.; GRAU, A.; DOPAZO, L. R.; CRESPO, S. A histological, histochemical and ultrastructural study of the digestive tract of *Dentex dentex* (Pisces, Sparidae). **Histology and Histopathology**, v. 21, p. 579-593, 2006.

CHEDID, R. A. **Estudos morfológicos, histoquímicos e ultraestruturais do tubo digestivo de três espécies do gênero *Leporinus* (Characiformes, Anostomidae)**. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, 2016.

COSTA, G. M.; OLIVEIRA, L. C.; OLIVEIRA, A. S.; VIEIRA, B. S.; LIMA, M. G.; SCHUINGUES, C. O. Descrição anatômica do estômago de cachorra, *Hydrolycus*

armatus (Jardine & Dchomburgk, 1841), (Teleostei: Cynodontidae). **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 2, p. 41-44, 2015.

CUNHA, F. E. A.; RODRIGUES, R. C. A. Morfologia do tubo digestivo da pescada amarela *Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801) (Perciformes: Sciaenidae) no litoral Piauiense, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 4, p. 32-37, 2016.

DE MATTOS, B. O.; BUENO, G. W.; HONCZARYK, A.; PEREIRA-FILHO, M. P.; ROUBACH, R. Níveis de proteína bruta na dieta de juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-9, 2018.

DÍAZ, A. O.; GARCÍA, A. M.; GOLDEMBERG, A. L. Glycoconjugates in the mucosa of the digestive tract of *Cynoscion guatucupa*: A histochemical study. **Acta Histochemica**, v. 110, p. 76-85, 2008.

DOMENEGHINI, C.; ARRIGHI, S.; RADAELLI, G.; BOSI, G.; VEGGETTI, A. Histochemical analysis of glycoconjugates secretion in the alimentary canal of *Anguilla anguilla* L. **Acta Histochemica**, v. 106, p. 477-487, 2005.

DOMENEGHINI, C.; STRAINI, R. P.; VEGGETTI, A. Gut glycoconjugates in *Sparus aurata* L. (Pisces, Teleostei). A comparative histochemical study in larval and adult ages. **Histology and Histopathology**, v. 13, p. 359-372, 1998.

FACCIOLI, C. K.; CHEDID, R. A.; AMARAL, A. C.; VICENTINI, I. B. F.; VICENTINI, C. A. Morphology and histochemistry of the digestive tract in carnivorous freshwater *Hemisorubim platyrhynchos* (Siluriformes: Pimelodidae). **Micron**, v. 64, p. 10-19, 2014.

FACCIOLI, C. K. **Estudos morfológicos e histoquímicos do tudo digestivo de *Hemisorubim platyrhynchos* (VALENCIENNES, 1840)**. 2012. 114 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, 2012.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Aquaculture America**, 2014.

FERRARIS, R. P.; TAN, J. D.; DE LA CRUZ, M. C. Development of the digestive tract of milkfish, *Channos chanos*. **Aquaculture**, v. 61, p. 241-257, 1987.

FERREIRA, A. H. C.; ALENCAR-ARARIPE, M. N. B.; GUERRA, S. P. L.; LOPES, J. B.; ARARIPE, H. G. A.; ANDRADE, F. T.; SANTANA-JÚNIOR, H. A. Anatomia do aparelho digestório do tambatinga. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, n. 3, p. 2501-2512, 2013.

GARCÍA-HERNÁNDEZ, M. P.; LOZANO, M. T.; ELBAL, M. T.; AGULLEIRO, B. Development of the digestive tract of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Light and electron microscopic studies. **Anatomia Histologia Embryologia**, v. 204, p. 39-57, 2001.

GODINHO, H. M. Considerações gerais sobre anatomia de peixes. **Poluição e Piscicultura**, v. 1, p. 216-217, 1970.

GOMES, L. C.; URBINATI, E. C. **Criação de matrinxã**. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: UFSM, p. 149-174, 2005.

GONÇALVES, L. U.; RODRIGUES, A. P. O.; MORO, G. V.; CARGNIN-FERREIRA, E.; CYRINO, J. E. P. **Morfologia e fisiologia do sistema digestório de peixes**. In: FRACALOSSO D. M.; CYRINO J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Aquabio ed., Florianópolis, p. 20-34, 2013.

HERNANDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; GUERRA, R. R.; KFOURY-JUNIOR, J. R.; BOMBONATO, P. P.; COGLIATI, B.; SILVA, J. R. M. C. Fat absorptive processes in the intestine of the Antarctic fish (Richardson, 1844). **Polar Biology**, v. 29, p. 831–836, 2006.

HERNÁNDEZ, D. R.; PÉREZ-GIANESELLI, M.; DOMITROVIC, H. A. Morphology, histology and histochemistry of the digestive system of South American catfish (*Rhamdia quelen*). **International Journal of Morphology**, v. 27, p. 105-111, 2009.

HOWES, G. Review of the genus *Brycon* (Teleostei: Characoidei). **Bulletin of the British Museum of Natural History and Zoology**, v. 43, p. 1-47, 1982.

HUET, M. **Tratado de piscicultura**. Ediciones Mundi-Prensa, 3. ed. Madrid, 1983. 753 p.

HUMBERT, W.; KIRSCH, R.; MEISTER, M. F. Scanning electron microscopic study of the oesophageal mucous layer in the eel *Anguilla anguilla* L. **Journal of Fish Biology**, v. 25, p. 117–122, 1984.

JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. Guanabara Koogan S/A, 11. ed. Rio de Janeiro, 2008. 542p.

JUNQUEIRA, L. C. U.; JUNQUEIRA, L. M. M. S. **Técnicas básicas de citologia e histologia**. São Paulo: Santos, v. 123, 1983.

KALHORO, H.; TONG, S.; WANG, L.; HUA, Y.; VOLATLANA, J. A.; SHAO, Q. Gross anatomical and histomorphological features of the *Acanthopagrus schlegelii* digestive tract (Bleeker 1854) Perciformes, Sparidae. **Acta Zoologica**, v. 100, p. 24-35, 2019.

LEITE, R. G.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. Feeding of the *Brycon cephalus*, *Triportheus elongatus* and *Semaprochilodus insignis* (Osteichthyes, Characiformes), larvae in Solimões/Amazonas river and floodplain areas. **Acta Amazonica**, v. 32, p. 56-67, 2002.

LØKKA, G.; AUSTBØ, L.; FALK, K.; BJERKÅS, I.; KOPPANG, E. O. Intestinal morphology of the wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Journal of Morphology**, v. 274, n. 8, p. 859-876, 2013.

MENEZES, N. A. Redefinição taxonômica das espécies de *Acestrorhynchus* do grupo *lacustris* com a descrição de uma espécie (Osteichthyes, Characiformes, Characidae).

Comunicação do Museu Ciência e Tecnologia da PUCRS, Sér. Zool. Porto Alegre, v. 5, p. 39-54, 1992.

MENIN, E. **Anátomo-histologia funcional comparativa do aparelho digestório de seis Teleostei (Pisces) de água doce.** 1988. 557 p. Tese (Doutorado em Anátomo-Fisiologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

MENIN, E.; MIMURA, O. M. Anatomia comparativa do estômago de três peixes Teleostei de água-doce de hábito alimentar ictiófago. **Revista Ceres**, v. 40, n. 228, p. 203-222, 1993.

MENIN, E.; MIMURA, O. M. Anatomia comparativa do intestino de duas espécies de peixes teleostei de hábitos alimentares distintos. **Revista Ceres**, v. 39, n. 224, p. 308-341, 1992.

MORAIS, A. L. S.; CARVALHO, M. M.; CAVALCANTE, L. F. M.; OLIVEIRA, M. R. O.; CHELLAPA, S. Características morfológicas do trato digestório de três espécies de peixes (Osteichthyes: Lutjanidae) das águas costeiras do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 4, p. 51-54, 2014.

MURRAY, H. M.; WRIGHT, G. M.; GOFF, G. P. 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. **Journal of Fish Biology**, v. 48, p. 187-206, 1996.

NACHI, A. M.; HERNANDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; BARBIERI, R. L.; LEITE, R. G.; FERRI, S.; PHAN, M. T. Intestinal histology of a detritivorous (Iliophagous) fish *Prochilodus scrofa* Characiformes, Prochilodontidae. **Annales des Sciences Naturelles**, v. 19, p. 81-88, 1998.

NAKAUTH, A. C. S.; VILLACORTA-CORREA, M. A.; FIGUEIREDO, M. R.; BERDNARDINO, G.; FRANÇA, J. M. Embryonic and larval development of *Brycon amazonicus* (SPIX & AGASSIZ, 1829). **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, p. 109-116, 2016.

NASCIMENTO, W. S. D.; SILVA, G. M. M.; TEIXEIRA, L.; SILVA, N. B. D.; CHELLAPPA, S. Histology of the digestive tract of *Anablepsoides urophthalmus* from Brazilian Oriental Amazonia. **Journal of Aquaculture & Marine Biology**, v. 7, n. 1, p. 1-5, 2018.

NEUMANN, E. **Desenvolvimento inicial de jatuarana, *Brycon amazonicus* (Teleostei, Characidae).** 125 p. 2008. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Departamento de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

OLIVEIRA, L. C.; SILVA, L. C.; COSTA, V. A.; MEDEIROS, G.; SCHUIGUES, O. C. Morfologia do estômago de *Leporinus fasciatus* (Block, 1794), (teleosteo, anostomidae), 2013.

PESSOA, E. K. R.; SILVA, N. B.; CHELLAPPA, N. T.; SOUZA, A.; CHELLAPPA, S. Morfologia comparativa do trato digestório dos peixes *Hoplias malabaricus* e

Hypostomus puarum do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 48-57, 2013.

PINHEIRO, A. **Potencial brasileiro: Futuro próspero**. In: Primeiro anuário brasileiro da pesca e aquicultura. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, v. 1, p. 11-14, 2014.

POZZER, R. F. **Morfologia e histoquímica do tubo digestivo de Mapará *Hypophthalmus marginatus***. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2015.

RHODES, J. M.; BLACK, R. R.; GALLIMORE, R.; SAVAGE, A. Histochemical demonstration of desialitation and desulphation of normal and inflammatory bowel disease rectal mucus by faecal extracts. **Gut**, v. 26, p. 1312-1318, 1985.

RODRIGUES, S. S.; MENIN, E. Anatomia da cavidade bucofaringiana de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1817) (Pisces, Characidae, Salmininae). **Biotemas**, v. 19, n. 1, p. 41-50, 2006.

RODRIGUES, S. S.; NAVARRO, R. D.; MENIN, E. Anatomia do tubo digestório de *Leporinus macrocephalus* (Characiformes, Anostomidae) em relação a seu habitat alimentar. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 86-95, 2008.

ROMAGOSA, E.; AYROZA, L. M. S.; SCORVO-FILHO, J. D.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D. Influência da aeração no crescimento e engorda do matrinxã, *Brycon cephalus*, (GÜNTHER, 1869) (PISCES, TELEOSTEI) em viveiros. **Boletim Técnico CEPTA**, Pirassununga, p. 49-58, 1998.

ROTTA, M. A. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados a piscicultura. **Corumbá: EMBRAPA Pantanal**, p. 48, 2003.

SANTOS-FILHO, L. C.; BATISTA, V. S. Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. **Zoologia (Curitiba)**, v. 26, n. 2, p. 195-203, 2009.

SCOCCO, P.; ACCILI, D.; MENGHI, G.; CECCARELLI, P. Unusual glycoconjugates in the esophagus of a tilapine polyhybrid. **Journal of Fish Biology**, v. 53, p. 39-48, 1998.

SEIXAS-FILHO, J. T.; BRÁS, J. M.; GOMIDE, A. T. M.; OLIVEIRA, M. G. A.; DONZELE, J. L.; MENIN, E. Anatomia funcional e morfometria dos intestinos e dos cecos pilóricos do teleostei (Pisces) de água doce *Brycon orbignyianus* (Valenciennes, 1849). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 313-324, 2000.

SEIXAS-FILHO, J. T.; BRÁS, J. M.; GOMIDE, A. T. M.; OLIVEIRA, M. G. A.; DONZELE, J. L.; MENIN, E. Anatomia funcional e morfometria do intestino no Teleostei (Pisces) de água doce surubim (*Pseudoplatystoma coruscans* – Agassiz, 1829). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1670-1680, 2001.

SERRA, M. **Elevação plasmática do cortisol aumenta a agressividade em juvenis de matrinxã, *Brycon amazonicus***. 2010. 67p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal, 2010.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; LIMA, J.; BURNS, V.; JÚNIOR, A. J. A.; AMARAL, J. V. Experiências internacionais aquícolas e oportunidades de desenvolvimento da aquicultura no Brasil: proposta de inserção do BNDES. **BNDES Setorial**, v. 36, p. 179-218, 2012.

SILVA, N. B.; GURGEL, H. C. B.; SANTANA, M. D. Histologia do sistema digestório de Saguiru, *Steindachnerina notonota* (Miranda Ribeiro, 1937) (Pisces, Curimatidae). **Revista Brasileira Biologia**, v. 31, p. 1-8, 2005.

SOUZA, A. F. **Caracterização morfohistológica do trato digestório de *Genyatremus luteus* (Bloch, 1790) - (Teleostei, Perciformes: Haemulidae)**. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Universidade Federal do Maranhão, 2018.

STROBAND, H. W. J.; MEER, H. V. D.; TIMMERMANS, L. P. M. Regional functional differentiation in the gut of the grass carp *Ctenopharyngodon idella*. **Histochemical Journal**, v. 64, p. 235-249, 1979.

STROBAND, H. W. J.; VAN DER VEEN, F. H. Localization of protein absorption during transport of food in the intestine of grass carp *Ctenopharyngodon idella*. **Journal of Experimental Zoology**, v. 218, p. 149-156, 1981.

WHITERS, P. C. Comparative Animal Physiology. **Orlando: Saunders College Publishing**, p. 690, 1992.

WILSON, J. M.; CASTRO, L. F. C.; GROSELL, M.; FARELL, A. P.; BRAUNER, C. J. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. **Fish physiology: The multifunctional gut of fish**. San Diego, p. 55-80, 2010.

YANG, L.; FANG, J.; PENG, X.; CUI, H.; HE, M.; ZUO, Z.; ZHOU, Y.; YANG, Z. Study on the morphology, histology and enzymatic activity of the digestive tract of *Gymnocypris eckloni* Herzenstein. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 43, p. 1175-1185, 2017.

ZANIBONI-FILHO, E.; REYNALTE-TATAJE, D.; WEINGARTNER, M. Potencialidad del género *Brycon* en la piscicultura brasileña. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 19, p. 233-240, 2006.

ZAVALA-CAMIM, L. A. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. **Maringá: Nupelia**, p. 129, 1996.