

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE MORFOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ESTRUTURAL E
FUNCIONAL**

LENILDA TEIXEIRA DA SILVA

**Adaptações morfológicas do trato digestório do peixe neotropical
Steindachnerina notonota (Characiformes, Curimatidae)
ao hábito alimentar detritívoro**

Natal-RN

2016

LENILDA TEIXEIRA DA SILVA

Adaptações morfológicas do trato digestório do peixe neotropical
Steindachnerina notonota (Characiformes, Curimatidae)
ao hábito alimentar detritívoro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Estrutural e Funcional, do Departamento de Morfologia, do Centro de Biociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, para obtenção do título de Mestre em Biologia Estrutural e Funcional.

Área de Concentração:

Biologia Tecidual

Orientadora:

Prof.^a. Dr.^a Naisandra Bezerra da Silva Farias

Natal-RN

2016

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial do Centro de Biociências - CB

Silva, Lenilda Teixeira da.

Adaptações morfológicas do trato digestório do peixe neotropical *Steindachnerina notonota* (Characiformes, Curimatidae) ao hábito alimentar detritívoro / Lenilda Teixeira da Silva. - Natal, 2016.

113 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Naisandra Bezerra da Silva Farias.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Departamento de Morfologia. Programa de Pós-graduação em Biologia Estrutural e Funcional.

1. Morfologia - Dissertação. 2. Trato Digestório - Dissertação. 3. Detritivoria - Dissertação. 4. Peixe Iliófago - Dissertação. 5. *Steindachnerina notonota* - Dissertação. I. Farias, Naisandra Bezerra da Silva. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BSE-CB

CDU 57

Nome: SILVA, Lenilda Teixeira da.

Título: Adaptações morfológicas do trato digestório do peixe neotropical *Steindachnerina notonota* (Characiformes, Curimatidae) ao hábito alimentar detritívoro.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Estrutural e Funcional, do Departamento de Morfologia, do Centro de Biociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, para obtenção do título de Mestre em Biologia Estrutural e Funcional.

Aprovada em: 21 / 06 / 2016.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Naisandra Bezerra da Silva Farias. Instituição: UFRN.

Julgamento: _____ . Assinatura: _____ .

Prof^o. Dr^o. Gustavo da Cunha Lima Freire. Instituição: UFRN.

Julgamento: _____ . Assinatura: _____ .

Prof^a. Dr^a. Deyse de Souza Dantas. Instituição: UNIFAP.

Julgamento: _____ . Assinatura: _____ .

Dedico todos os caracteres deste trabalho ao meu Deus Uno e Trino. Ele é o Verdadeiro Autor Principal!

AGRADECIMENTOS

Ao Sagrado Coração de Jesus, obrigado pelo seu imenso amor e por estar sempre comigo, sendo fiel e a “força da minha vida”.

Ao Imaculado Coração de Maria, minha proteção e amor sublime.

Aos meus pais, que são o meu “porto seguro”, os meus maiores incentivadores, eu agradeço pela compreensão e amor.

Às minhas irmãs e minha família, por fazerem parte da minha vida, e pelo apoio.

Aos meus amigos, pelo estímulo e ajuda.

À Prof.^a Dr.^a Naisandra Bezerra da Silva Farias, agradeço pela gentileza em me aceitar como sua orientanda, pela paciência e apoio na realização deste trabalho. Uma competente histologista! O meu muito obrigado!

Para todos os professores do Departamento de Morfologia, e do Programa de Mestrado – PPGBIOEF, por terem contribuído com a minha formação, ao propiciarem a base do instigante conhecimento morfológico, durante a minha trajetória acadêmica na UFRN.

Aos pescadores, pelas coletas dos espécimes e por compartilhar seus saberes populares, tão importantes para as pesquisas.

Aos meus colegas mestrandos, pela palavra amiga e auxílio em vários momentos.

Para alguns autores citados nas referências, pela gentileza no envio dos trabalhos.

Ao apoio técnico de Maria de Lourdes Freitas, Melyna Soares de Souto, e Maria Sara Maia de Queiroz, do Laboratório de Técnicas Histológicas, do Departamento de Morfologia – DMOR (Centro de Biociências/UFRN), pela contribuição no processamento histológico.

Ao apoio técnico do Laboratório de Caracterização Estrutural de Materiais, do Departamento de Engenharia de Materiais – DEMAT (Centro de Tecnologia/UFRN), pelas microfotografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura.

Pela aquisição e análise das imagens microscópicas realizadas no Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra (IIN-ELS), em Macaíba-RN, Brasil, com sistema de microscopia financiado pela FINEP; com indispensável apoio técnico de Pedro de França Cavalcanti, e pela receptividade da coordenação do Instituto.

Tudo o que fizerdes, em palavras ou obras,
seja feito em nome do Senhor Jesus Cristo.
Por meio dele dai graças a Deus, o Pai.
Tudo o que fizerdes, fazei-o de coração,
como para o Senhor e não para os homens.

(Cl 3,17.23-24)

RESUMO

SILVA, L. T. **Adaptações morfológicas do trato digestório do peixe neotropical *Steindachnerina notonota* (Characiformes, Curimatidae) ao hábito alimentar detritívoro.** 2016. 114 f. Qualificação (Mestrado em Biologia Estrutural e Funcional) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

A Detritivoria é comum em peixes dulcícolas, sobretudo na região neotropical, e para muitas espécies são escassas as informações sobre o trato digestório, como é o caso da espécie *Steindachnerina notonota*, na qual, tem importância ecológica como elo da cadeia alimentar, servindo de alimento para os peixes carnívoros, e atuando na depuração dos ecossistemas aquáticos sujeitos à poluição orgânica. O objetivo do presente estudo consiste em analisar as adaptações morfológicas do trato digestório, desta espécie endêmica da caatinga, região do semiárido brasileiro. Assim, foram utilizados 10 espécimes adultos (machos e fêmeas), necropsiados, para análises macroscópicas e microscópicas do trato digestório. Todas as estruturas foram observadas no estereomicroscópio. Os órgãos foram fixados em formol 10% e submetidos à coloração de Hematoxilina e Eosina, e PAS - Ácido Periódico Schiff (rastros branquiais, órgão epibrânquial, esôfago, estômago, intestino médio e intestino posterior) e analisados em microscopia de luz. Os rastros branquiais também foram fixados em paraformaldeído 10% para análise em microscopia eletrônica de varredura. Os espécimes analisados possuíam comprimento total entre 6,4 a 13 cm, comprimento padrão entre 4,8 a 10,3 cm, e peso de 3,23 a 35,92 g. As adaptações estruturais no trato digestório foram: boca do tipo terminal; o particular complexo bucofaríngeo; ausência de dentes e da língua; tem três tipos de formatos de rastros branquiais com células mucosas e botões gustativos; possui o órgão epibrânquial com suas peculiaridades; um estômago mecânico com musculatura muito desenvolvida na região pilórica; e um intestino muito longo e enovelado, que tem internamente uma exclusiva prega helicoidal. Os aspectos morfológicos do trato digestório de *S. notonota* têm relação ao hábito alimentar especializado detritívoro-iliófago.

Palavras-chave: Morfologia. Trato Digestório. Detritivoria. Peixe Iliófago. *Steindachnerina notonota*.

ABSTRACT

SILVA, L. T. **Morphological adaptations of the digestory tract of neotropical fish *Steindachnerina notonota* (Characiformes, Curimatidae) to the detritivore feeding habit.** 2016. 114 f. Qualificação (Mestrado em Biologia Estrutural e Funcional) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

Detritivory is the common freshwater fishes, especially in the Neotropical region, and for many species are scarce information about the digestory tract, as is the case of the species *Steindachnerina notonota*, in which, it has ecological importance as links in the food chain, serving of feed for carnivorous fishes, and acting in the depuration of aquatic ecosystems subject to organic pollution. The objective of present study consists of analyzing the morphological adaptations of the digestory tract, of this endemic species of the caatinga, Brazilian semiarid region. Thus, 10 adult specimens were used (males and females), necropsied for macroscopic and microscopic analysis of the digestory tract. All structures were observed in the stereomicroscope. The organs were fixed in 10% formalin and submitted to hematoxylin and eosin staining, and PAS - periodic acid Schiff (gill rakers, epibranchial organ, esophagus, stomach, midgut and hindgut) and analyzed by light microscopy. The gill rakers were also fixed in 10% paraformaldehyde for analysis by scanning electron microscopy. The specimens analyzed had total length between 6,4 to 13 cm, standard length between 4,8 to 10,3 cm, and weight of 3,23 to 35,92 g. The structural adaptations in the digestory tract were: mouth of the terminal type; the particular complex buccopharyngeal; absent from tooth and tongue; it has three types of formats of gill rakers with mucous cells and taste buds; possess the epibranchial organ with its peculiarities; a mechanical stomach with highly developed musculature in the pylorus; and a very long and coiled intestine, which internally has exclusive helical fold. The morphological aspects of digestory tract of *S. notonota* are related to detritivore-ilyophago specialized feeding habit.

Keywords: Morphology. Digestory tract. Detritivory. Ilyophago fish. *Steindachnerina notonota*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Considerações Gerais sobre os Peixes.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Importância do Estudo Morfológico do Trato Digestório.....	12
2.2 Aspectos Estruturais	15
2.3 Hábitos alimentares	17
2.4 Adaptações Morfológicas Tróficas.....	19
2.5 Peixes Detritívoros	32
2.6 O curimatídeo <i>Steindachnerina notonota</i>	37
3 OBJETIVOS	41
3.1 Objetivo geral	41
3.2 Objetivos específicos.....	41
4 MATERIAL E MÉTODOS	42
4.1 Localização da Área de Coleta	42
4.2 Coleta dos Espécimes	44
4.3 Nota Bioética	45
4.4 Procedimento Anatômico	45
4.5 Procedimento Histológico para Microscopia de Luz	46
4.6 Procedimento para Microscopia Eletrônica de Varredura	47
5 RESULTADOS	48
5.1 INTESTINO CEFÁLICO.....	48
5.2 CAVIDADE PERITONEAL.....	63
5.3 INTESTINO ANTERIOR	66
5.4 INTESTINO MÉDIO	77
5.5 INTESTINO POSTERIOR	86
6 DISCUSSÃO	87
7 CONCLUSÕES	96
REFERÊNCIAS	97
ANEXO	114

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Gerais sobre os Peixes

Os peixes são o grupo que concentram a maior diversidade entre os vertebrados, tendo mais da metade de todas as espécies destes, e apresentam grande variação genética conhecida; compreendendo cerca de 33.200 espécies, exibem amplo sucesso adaptativo nos ecossistemas marinhos e dulcícolas; e pelo fato da alta taxa de descrições de novas espécies, este número vem crescendo de maneira constante (TORRES; MATOSO; ARTONI, 2004; BRAGA; BORNATOWSKI; VITULE, 2012; MALABARBA; MALABARBA, 2014; FROESE; PAULY, 2016).

A Região Neotropical é conhecida como uma das seis maiores regiões zoogeográficas do planeta, sua ictiofauna apresenta alto grau de endemismo, e também comporta a maior biodiversidade de peixes dulcícolas do mundo (MALABARBA; MALABARBA, 2007; CHELLAPPA et al. 2009).

A diversidade global de peixes de água doce tem uma estimativa até agora de quase 13.000 espécies; sendo a ictiofauna dulcícola da região Neotropical constituída como a mais diversificada em número de espécies e densidade populacional, esta contribui para quase 31% da quantidade mundial de peixes. E possivelmente cerca de 30 a 40% da fauna de peixes de água doce da América do Sul ainda resta ser descrita; e muitas das espécies descobertas ainda não possuem estudos que relatem sua biologia (VARI; MALABARBA, 1998; TORRES; MATOSO; ARTONI, 2004; AGOSTINHO; PELICICE; GOMES, 2008; LÉVÊQUE et al., 2008; CHELLAPPA et al., 2011).

O Brasil detém a maior diversidade biológica em relação aos dezessete países megadiversos do planeta, com cerca de 13% da biota mundial total, e neste contexto, o país ocupa o primeiro lugar do mundo no número de peixes de água doce, ou seja, a mais diversa ictiofauna dulcícola, representando cerca de 55% de espécies; no qual, abriga o bioma Caatinga, que contém o nível de endemismo de 57% em peixes, e é o único bioma restrito ao território brasileiro, abrangendo 70% da região do clima semiárido do Nordeste do Brasil, com uma parte no Estado de Minas Gerais (ALVIM; PERET, 2004; TORRES; MATOSO; ARTONI, 2004; LEAL et al., 2005; QUEIROZ; RAPINI; GIULIETTI, 2006; BUCKUP; MENEZES; GHAZZI, 2007; CECAT, 2016).

As espécies ícticas de água doce que ocorrem na Caatinga representam uma fauna muito bem adaptada, em relação às condições climáticas e ao regime hidrológico instável da região, com sobrevivência somente das espécies mais resistentes; além de sofrerem a influência da ação antrópica, que têm impactado seriamente na redução da composição da fauna nativa (ROSA et al., 2003; CHELLAPPA, 2011).

No que diz respeito a composição da fauna ictífa das bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte, dentre as sete de maior relevância (Piranhas-Assu, Apodi-Mossoró, Trairi, Ceará-Mirim, Potengi, Jacu e Curimataú), um estudo em 2014 apontou que 64% das espécies são nativas e 6% são exóticas, sendo a ordem Characiformes a mais representativa com 42% de espécies (NASCIMENTO et al., 2014). Recentemente, houve o relato da descrição de uma espécie nova, o cascudo *Parotocinclus seridoenses*, encontrada no semiárido potiguar, na região da bacia do alto rio Piranhas-Assu, na qual, provavelmente é endêmica da Caatinga semiárida (RAMOS et al., 2013).

Os peixes são de suma importância em relação a vários aspectos, por exemplo, para o equilíbrio ecológico, o fator socioeconômico, o conhecimento acadêmico-científico e para as pesquisas biomédicas.

Os peixes desempenham um papel fundamental na cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos; e é relevante recurso nutricional para os seres humanos, sendo responsável por 16,7% do consumo da população mundial, como fonte de proteína animal, cujo dado registrado em 2010 (FAO, 2014); atividades com peixes geram bilhões de dólares de renda direta e indireta em todo o mundo, sendo significativo na economia de vários países (BRAGA; BORNATOWSKI; VITULE, 2012).

O conhecimento da fauna íctica local, contribui para futuros planos de manejo pesqueiro sustentável, além da manutenção de espécies nativas e aquelas com alto valor comercial; por isso, a realização de inventários da ictiofauna são relevantes também para a compreensão da diversidade e conservação dos peixes, sobretudo, considerando a velocidade com que as ações humanas afetam os ecossistemas aquáticos (SAMPAIO et al., 2012).

No âmbito de ensino e pesquisa, os peixes estão envolvidos nos estudos de biologia evolutiva, de ecomorfologia (TEIXEIRA; BENNEMANN, 2007; SAMPAIO; GOULART, 2011; SILVA-CAMACHO et al., 2014), de etnoecologia (RAMIRES et al. 2015), de comportamento animal, e na piscicultura; esta última atualmente no Brasil no emprego de métodos biotecnológicos, como o melhoramento genético de algumas espécies (BLANCK; TAKAKO, 2015).

O peixe dulcícola conhecido como Tilápia, está sendo aplicado nas pesquisas como um biomaterial na medicina regenerativa, devido ao potencial e segurança biológica do colágeno obtido de escamas, pele e osso, pois, cujo colágeno apresenta propriedades bioativas, incluindo excelente biocompatibilidade, baixa antigenicidade e alta biodegradabilidade e potencial de crescimento celular (YAMADA et al., 2014; YAMAMOTO et al., 2014).

A espécie *Danio rerio* – peixe-zebra ou Zebrafish – é um peixe de água doce, que inicialmente utilizado como um bom organismo modelo *in vivo* da biologia do desenvolvimento, nos vários estudos de embriogênese, migração celular, formação de órgãos, além de comportamento, sono, neurociência e envelhecimento. Atualmente, a sua utilização expandiu-se para outras áreas de pesquisas biomédicas, como na farmacologia, na pesquisa clínica como um modelo para várias doenças (por exemplo, cardiovasculares e de câncer), e na investigação dermatológica para a cicatrização de feridas cutâneas (CHAKRABORTY et al., 2009; RAKERS et al., 2010; KARDASH, 2012; RICHARDSON et al., 2013; HUITING; LAROCHE; FENG, 2015).

Os estudos recentes estão elucidando o grau de conservação entre os seres humanos e o Zebrafish, nos quais, indicam a presença de muitos genes conservados, por exemplo, pois eles compartilham 82% de alvos associados às doenças e um grande número de vias do metabolismo de medicamentos; além disso, a fisiologia deste peixe é muitas vezes mais bem conservada entre os humanos, do que a fisiologia de roedor (por exemplo, na eletrofisiologia cardíaca); devido a sua aplicação abrangente, esta espécie tornou-se um modelo predileto e promissor nas pesquisas biomédicas (KARDASH, 2012; MACRAE; PETERSON; 2015).

Os peixes da ordem Characiformes são muito difundidos nas águas doces da África e da região Neotropical; e nesta especialmente nos grandes sistemas fluviais da América do Sul, apresenta uma alta proporção de espécies detritívoras das duas famílias intimamente relacionadas: Prochilodontidae e Curimatidae (BOWEN, 1983; GUISANDE et al., 2012).

Dentre a diversidade de peixes neotropicais, consistirá este estudo sobre o teleósteo *Steindachnerina notonota* (Curimatidae), conhecido popularmente no Rio Grande do Norte como Piabussú. Tal espécie é endêmica da caatinga, e importante na manutenção do equilíbrio ecológico nos ambientes de água doce do Semiárido Brasileiro, por ser animal de hábito detritívoro; por isso, esta espécie tem futuro promissor na aplicação como bioindicadora ambiental, visto que, muitos poluentes acumulam-se no fundo dos corpos d'águas. As informações sobre o seu trato digestório são poucas, assim, serão caracterizados muitos aspectos estruturais ainda não descritos. Abordagem sobre as adaptações morfológicas do seu trato digestório, e como relacionam-se com o seu hábito alimentar é o enfoque deste trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância do Estudo Morfológico do Trato Digestório

Os peixes apresentam uma diversidade morfofuncional no trato digestório, sobretudo os teleósteos, pelo fato de exibirem um elevado número de espécies e ocuparem diferentes posições na cadeia alimentar, assim paralelamente, é notável a diversidade em todos os planos corporais destes animais, ressaltada tanto na anatomia externa como interna (MALABARBA; VARI, 1998; KHOJASTEH, 2012).

A história da investigação da morfologia do trato digestório de peixes iniciou-se com a primeira descrição simples de sua anatomia geral, sendo realizada por Aristóteles a mais de 2000 anos, em sua obra *Historium Animalia*. Com o advento dos estudos da anatomia comparada, houve um empenho significativo para compreender a diversidade anatômica dos peixes e dos vertebrados em geral, começando com as obras de Cuvier – 1805, Rathke – 1820 e 1837, Edinger – 1877, Opperl – 1896, e Hopkins – 1895. Já com os avanços da tecnologia, a partir da microscopia óptica, da microscopia eletrônica de varredura e transmissão; de técnicas de coloração, como a histoquímica e imunohistoquímica; e entre outras, contribuíram de tal modo que o nível de detalhes progrediram para os estudos dos órgãos, tecidos, células, e ainda ao nível molecular (WILSON; CASTRO, 2011).

O trato digestório dos peixes atrai o interesse de muitos pesquisadores devido ao elevado grau de variações estruturais, sendo bem maior do que em outros vertebrados; e pelas espécies ícticas demonstrarem hábitos e comportamentos alimentares diversos (MENIN, 1988).

Os estudos morfofuncionais do trato digestório dos peixes são de ampla relevância, pois:

- (1) São considerados ferramentas eficazes para a compreensão dos mecanismos de ingestão, digestão e absorção dos alimentos, ou seja, fornecem um contexto para a compreensão da organização topográfica dos órgãos especializados; conseqüentemente, para uma essencial elucidação dos mecanismos anátomo-histofisiológicos relacionados (KHOJASTEH, 2012; WILSON; CASTRO, 2011; SANTOS et al., 2015);

- (2) Identificam diferenças na anatomia macro e microscópica do canal alimentar entre várias espécies (KHOJASTEH, 2012), possibilitando uma abordagem comparativa e evolutiva, tanto entre os peixes e com os outros vertebrados;
- (3) Permitem inferir com boa margem de segurança, os hábitos alimentares de diferentes espécies (MENIN, 1988), podendo acrescentar análise do conteúdo estomacal, e assim, esclarecem aspectos relacionados com características do local de alimentação, ou seja, proporcionando subsídio na interpretação da dinâmica de alimentação e da ocupação espacial dos peixes (ecologia/comportamento alimentar) (SEIXAS FILHO et al, 2001; BECKER et al., 2010; PESSOA et al., 2013);
- (4) Relacionam com o estágio de desenvolvimento do indivíduo (ANGELESCU; GNERI, 1949; SEIXAS FILHO et al, 2001), ou seja, sendo possível estudos ontogenéticos;
- (5) Atuam como caráter seguro na identificação sistemática das espécies, por exemplo, pela dentição oral, ou pelo arranjo das alças intestinais (HOWES, 1982; HARDER, 1958; SILVA et al., 2004);
- (6) Demonstram as especializações dos órgãos no desempenho de outras funções não digestórias, tais como osmorregulação, respiração e defesa (WILSON; CASTRO, 2011);
- (7) Têm relação com o estado nutricional (ANGELESCU; GNERI, 1949; SEIXAS FILHO et al, 2001): podendo ter aplicação em pesquisas de desenvolvimento nutricional (como o melhoramento de protocolos de nutrição de peixes), na preparação de dietas e manejo alimentar, deste modo, para embasar estudos direcionados na implementação de técnicas de cultivo de espécies com valor econômico (ROTTA, 2003; HERNÁNDEZ; PÉREZ GIANESELLI; DOMITROVIC, 2009; KHOJASTEH, 2012);
- (8) Esclarecem as alterações patológicas e/ou fisiológicas, quer relacionadas com doenças infecciosas, contaminação ambiental ou dietas artificiais (aplicada na piscicultura); visto que os peixes podem atuar como bioindicadores de poluição ambiental, por exemplo, principalmente servindo de base para análises toxicológicas, já que áreas intestinais absorvem partículas de alimento contaminado, como também ocorre modificações na

estrutura dos rastros branquiais, resultado da influência de poluição (RIBEIRO; FANTA, 2000; CARRASSÓN et al., 2006);

- (9) Contribuem no emprego de informações biológicas para o manejo das espécies (SANTOS et al., 2015), especialmente em programas de preservação de peixes nativos para o seu uso sustentável, e assim, não provocar o desencadeamento do desequilíbrio no ecossistema e nem extinção;
- (10) No emprego de pesquisas fisiológicas: como a identificação de genes que medeiam à fisiologia digestória do vertebrado, por exemplo, o Zebrafish é um modelo valioso para o metabolismo lipídico de mamíferos (FARBER et al., 2001; ANDERSON; CARTEN; FARBER, 2011);
- (11) E, pelo fato, que tais estudos morfológicos, ainda serem escassos para a ictiofauna neotropical (CANAN et al., 2012; PESSOA et al., 2013).

2.2 Aspectos Estruturais

O trato digestório dos peixes é constituído pela boca, cavidade bucofaríngea e pelo tubo digestório, no qual, este é formado geralmente por esôfago, estômago e intestino, além de cecos pilóricos (ou cecos intestinais) (ZAVALA-CAMIN, 1996).

Topograficamente, a divisão mais utilizada no Brasil, o trato digestório dos peixes divide-se em quatro regiões: intestino cefálico (boca e cavidade bucofaríngea), intestino anterior (esôfago e estômago), intestino médio (intestino propriamente dito) e intestino posterior (porção final do trato, e que inclui o reto); porém em alguns casos, não há distinção morfológica clara entre intestino médio e intestino posterior; e embriologicamente, o epitélio do intestino anterior é de origem ectodérmica, e do intestino médio é de origem endodérmica (BÉRTIN, 1958; MENIN, 1988; CASTRO, 2002; WILSON; CASTRO, 2011).

As estruturas citadas anteriormente compoem o trato, exibem muitas variações, além de pregas, valvas, esfíncteres e muitas outras particularidades.

O sistema digestório é formado pelo trato digestório e pelas glândulas anexas, que são a vesícula biliar, o pâncreas e o fígado; no caso de algumas espécies, o tecido pancreático localiza-se difuso no fígado, denominado de pâncreas intra-hepático ou hepatopâncreas; e os peixes não possuem glândulas salivares (ROTTA, 2003).

O trato digestório é compartilhado com o sistema respiratório, principalmente pela presença das brânquias e das valvas orais (estas envolvidas na mecânica respiratória) (RODRIGUES; MENIN, 2006b) na cavidade bucofaríngea, e em alguns casos, pela presença de uma conexão entre a bexiga e o esôfago através do ducto pneumático, nos denominados peixes fisóstomos.

Há os chamados órgãos de respiração aérea acessória do trato digestório, que evoluíram em um número de peixes, como um meio de sobreviver em períodos de hipóxia aquática; cujos órgãos são: o esôfago (famílias Umbridae e Blenniidae), o estômago (Loricariidae e Trichomycteridae) e o intestino (Cobitidae e Callichthyidae), nos quais, possuem características morfológicas que são indicativos do aumento das trocas gasosas, que incluem: aumento da vascularização; presença de capilares intra-epiteliais com uma concomitante redução da distância sangue-lúmen; aumento da área da superfície luminal; presença de corpos lamelares produtores de surfactantes; e presença de esfíncteres musculares isolando a região respiratória de outras regiões do trato (WILSON; CASTRO, 2011; NELSON, 2014).

Na maioria das espécies dos peixes investigados, o trato digestório é estruturalmente bem inervado, por exemplo, a boca e a região perioral são ricas em terminações nervosas (ROTTA, 2003); assim como a presença da inervação autonômica que inclui tanto os nervos intrínsecos locais (o sistema nervoso entérico) e os nervos extrínsecos (simpático e parassimpático) (OLSSON, 2011).

2.3 Hábitos Alimentares

Os peixes necessitam de nutrientes obtidos dos alimentos para o crescimento, a reprodução e a sobrevivência (LAGLER, 1977). Conforme Nikolsky citado por Moraes, Barbola e Guedes (1997), as espécies íctias estão adaptadas para alimentação de um determinado item, ou conjunto de itens (ampla variabilidade).

Na maioria dos teleósteos, ocorre a plasticidade trófica, que é um aspecto especialmente marcante atribuído à ictiofauna dulcícola tropical, no qual, os peixes podem mudar de um alimento para outro, pela preferência de um determinado item alimentar num dado período, ou caso ocorram mudanças na abundância relativa de determinados recursos alimentares. Esta flexibilidade trófica é inerente às variações espaciais, temporais, ontogenéticas, individuais e comportamentais (ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001).

De acordo com Fugi e Hahn (1991), “o conhecimento do hábito alimentar em peixes é de fundamental importância no delineamento da estrutura trófica do ecossistema, bem como do nível trófico ocupado pelas espécies”.

Na literatura, existem muitas classificações das categorias tróficas em peixes, sendo que conforme Wilson e Castro (2011), os peixes são classificados nos seguintes hábitos alimentares, baseados na natureza do alimento: herbívoros, carnívoros, onívoros e detritívoros.

No entanto, as designações de subdivisões destas categorias, são amplas, e às vezes, são problemáticas, porque os autores fazem suas próprias denominações/subclassificações.

Wootton citado por Andrian, Peretti e Bosco (2005), classifica os herbívoros na subdivisão em: “browsers” (pastadores – alimentam-se de partes dos vegetais superiores), “grazers” (roçadores – exploram as algas de substratos) e fitoplantívoros.

As espécies que alimentam-se de animal vivo são generalizadas como carnívoras, e as subdivisões especializadas desta categoria são variadas, a depender da denominação do autor (ANDRIAN; PERETTI; BOSCO, 2005); por exemplo, podem ser: ictiófago ou piscívoro (peixes), carcinófago (camarões), malacófago (moluscos), teutófago (cefalópodos), insetívoro (insetos), invertívoros (invertebrados), hematófagos (sangue e muco) e lepidófagos (escamas de outros peixes).

Vários autores empregam outros termos complementares, por exemplo, micrófagos e macrófagos (STEVENS; HUME, 2004), além de filtradores, planctívoros ou planctófagos, bentófagos, necrófagos, frugívoros e granívoros (HORN et al. 2011).

Os peixes onívoros como apresentam uma dieta mista, muitas vezes, de acordo com a disponibilidade do ambiente; assim, os autores explanam sobre a onivoria considerando frequentemente os principais alimentos, por exemplo, citam como: onívoro com forte tendência à carnivoria, tendência à herbivoria, tendência à insetivoria, ou tendência à frugivoria.

2.4 Adaptações Morfológicas Tróficas

Segundo Pillay citado por Moraes, Barbola e Guedes (1997), a natureza do alimento ingerido irá depender primeiro da morfologia e do comportamento alimentar, e em segundo momento irá depender da quantidade e composição do alimento disponível no ambiente. Conforme Fugi (1993), embora exista considerável plasticidade na dieta de peixes de comunidades tropicais, a morfologia do trato digestório de muitas espécies restringe o espectro alimentar.

A morfologia do trato gastrointestinal dos peixes mostra muitas variações específicas relacionadas com a dieta, a filogenia do hábito alimentar, a forma do corpo, além de características que refletem a diferenciação funcional (BECKER et al., 2010).

Diversos autores relatam a correlação entre a morfologia do trato digestório e os hábitos alimentares dos peixes, ou seja, a partir de diferenças nas características estruturais anatômicas e histológicas, tornam-se possível diagnosticar o regime alimentar de uma espécie; cujas características são apontadas como adaptações e modificações (SEIXAS FILHO et al., 2001; SILVA, GURGEL e SANTANA, 2005).

As adaptações são variações morfológicas decorrentes da ação de fatores do ambiente sobre o organismo, de caráter permanente, produzidas na evolução filogenética; já as modificações são variações morfológicas de caráter temporário, produzidas no ciclo ontogenético do indivíduo (ANGELESCU; GNERI, 1949; SEIXAS FILHO et al., 2001). Salientando que, possivelmente algumas adaptações nos peixes são inexistentes comparado aos vertebrados terrestres, visto que determinados alimentos disponíveis são encontrados somente no ambiente aquático (ROTTA, 2003).

As adaptações morfológicas tróficas dos peixes podem ser evidenciadas pela presença, posição, formato e tamanho de uma estrutura ou órgão em particular e pelas suas várias peculiaridades (ROTTA, 2003).

A boca e a cavidade bucofaríngea tem grande significância nas inferências acerca do hábito alimentar relacionada à forma de seleção, apreensão e condução do alimento, cujas as adaptações que podem ser analisadas são, por exemplo: forma, posição e tamanho da boca; amplitude da fenda oral; forma da rima oral; presença de barbilhões (apêndices quimiorreceptores – possuem corpúsculos gustativos, atuando como receptores gustativos à distância); estrutura dos lábios; língua; presença de valvas orais (auxilia na prevenção ao

escape do alimento); presença/ausência das dentições oral e faríngea (tipo, disposição e a orientação dos dentes orais funcionais; e dentes faríngeos situados nas placas faríngeas; além da presença de áreas dentíferas faríngeas); presença de rastros branquiais; forma, tamanho e padrão da mucosa que reveste a cavidade bucofaríngea; ainda a presença do órgão palatal ou do órgão epibrânquial (RODRIGUES; NAVARRO; MENIN, 2006; RODRIGUES; MENIN, 2006a; RODRIGUES; MENIN, 2006b).

De forma geral, os peixes que alimentam-se do que está acima dele, possuem a boca na posição superior, vivem na superfície ou junto dela, ou ainda sobre o fundo; os com boca na posição terminal, podem explorar em relação à tomada do alimento; e os que possuem a boca na posição inferior alimentam-se do que está abaixo dele, junto ao fundo. E certas espécies, possuem uma boca prostrátil, no qual, projetam os ossos da maxila e/ou mandíbula, causando uma forte sucção, favorecendo capturar presas à distância (ROTTA, 2003; HELFMAN et al., 2009; BEMVENUTI; FISCHER, 2010).

Os lábios são comumente carnudos nos peixes herbívoros, atribuídos ao pastejo e filtragem; já nos carnívoros, em geral, são delgados e com poucas modificações; e algumas espécies têm os lábios com papilas gustativas, como a cascuda-escura (*Hypostomus commersoni*) (ROTTA, 2003), ou lábios muito desenvolvidos (Blennidae e Labridae), e outras podem estar ausentes (Scaridae) (MAKINO, 2010).

Os peixes ósseos podem exibir dentes localizados nos lábios, na maxila (maxilar e pré-maxilar), na mandíbula (dentário), ou situados no palato da cavidade bucal (vômer, palatino e ectopterigóide), no assoalho da cavidade (língua) e na faringe; ou seja, também como dentes faríngeos, por exemplo, podendo ocorrer em almofadas próximas aos arcos branquiais, e formando um único conjunto (Figura 1) (LAGLER et al., 1977; ZAVALA-CAMIN, 1996; STEVENS; HUME, 2004; BEMVENUTI; FISCHER, 2010).

Os dentes nos lábios em peixes Mugilidae, são empregados para raspar algas fixadas em substratos duros; e já em espécies de *Semaprochilodus*, os dentes dos lábios eram usados para remover alimento fixado nas árvores, no caso, quando estas ficam submersas em época de enchentes (ZAVALA-CAMIN, 1996).

Os peixes possuem uma ampla variedade de dentes, com diferentes formas e tamanhos (ROTTA, 2003). Os tipos de dentes encontrados nos peixes neotropicais da ordem Characiformes, estão ilustrados na figura 2.

Geralmente, as diferenças na dentição significa indicação de diferenças na preferência alimentar, e assim serve como ferramenta para avaliar a dieta (ROTTA, 2003; SAMPAIO; GOULART, 2011).

A morfologia dos dentes mostrou-se sendo uma indício filogenético significativo, pois diferentes tipos de dentição encontrados em linhagens da ordem Characiformes, apresentaram tendências consistentes para alguns tipos de dentes (ou sua ausência) e uma clara associação com os tipos de alimentos relatados para serem explorados por essas espécies (Figura 3) (GUISANDE et al., 2012).

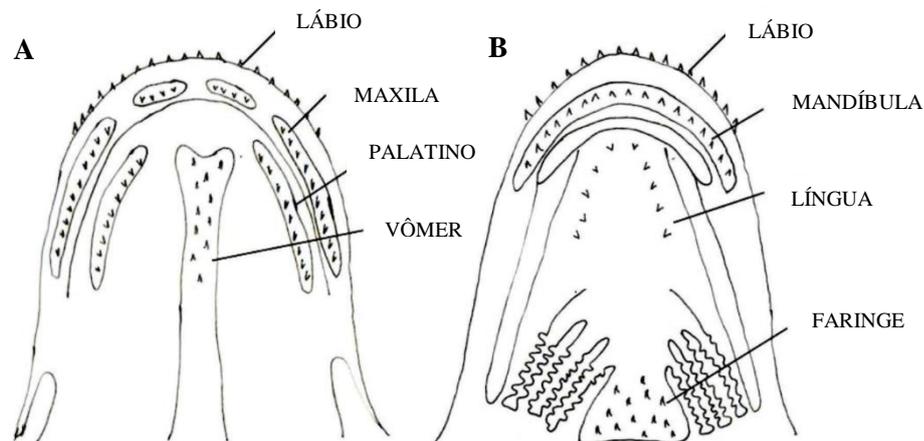


Figura 1 – Esquema da cavidade bucofaríngea em secção horizontal, evidenciando a dentição nos peixes, em geral - Adaptado. **A** – Teto da cavidade (maxila). **B** – Assoalho da cavidade (Mandíbula).

Fonte: SAMPAIO; GOULART, 2011.

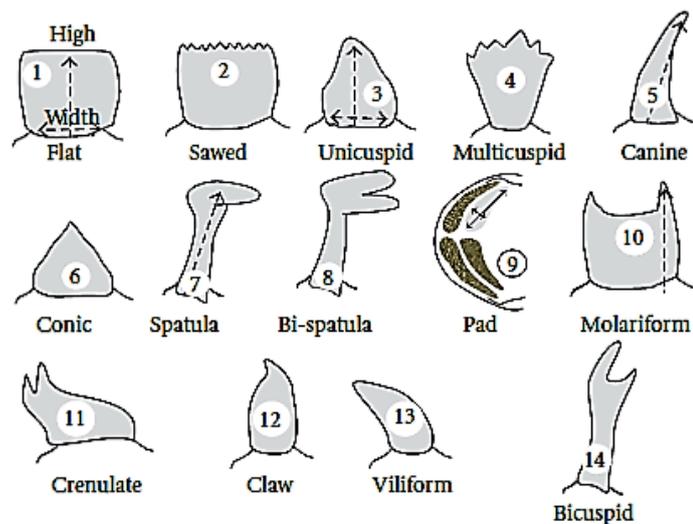


Figura 2 – Tipos de dentes de acordo com a forma, encontrados nos peixes neotropicais da ordem Characiformes.

Fonte: GUISANDE et al., 2012.

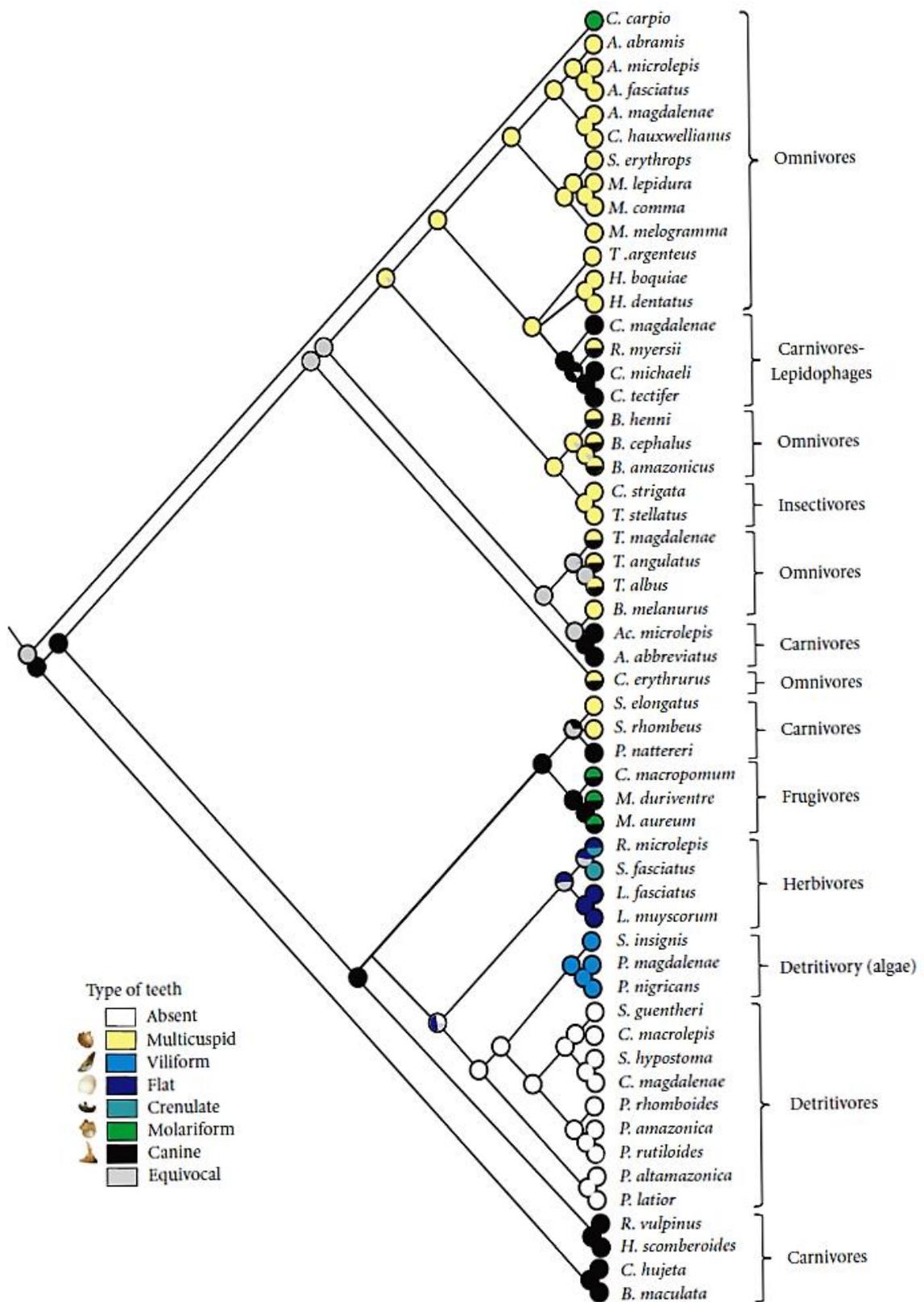


Figura 3 – Cladograma da reconstrução dos tipos ou ausência dos dentes correlacionados com a filogenia do hábito alimentar, dos peixes neotropicais da ordem Characiformes.

Fonte: GUISANDE et al., 2012.

Os dentes orais têm como função à apreensão da presa, como também ajudam na sua deglutição, e raspagem de alimento (RODRIGUES; MENIN, 2006a). Em espécies carnívoras, predadoras, possuem comumente dentes caninos e pontiagudos; e em espécies herbívoras e onívoras, contrastando com os carnívoros, os dentes não são muito desenvolvidos, visto que está correlacionado com a natureza da dieta, sendo composta por exemplo, de animais pequenos, sementes e algas (RODRIGUES; MENIN, 2005; RODRIGUES; MENIN, 2006b).

Os dentes faríngeos têm sido estudados na correlação com possíveis funções segundo com os distintos hábitos alimentares: nos carnívoros, como prensão do alimento (evita o escape da presa); nos herbívoros, a trituração do alimento; nos onívoros, a maceração de organismos de corpo mole e algas (SCHUINGUES et al., 2013).

Os rastros branquiais são formações cartilaginosas ou ósseas, em geral, alongadas, enfileiradas na parte interna dos arcos branquiais, apresentando adaptações relacionadas ao tamanho do alimento ingerido, que envolvem as seguintes funções: (a) agregar o alimento particulado; (b) prevenir ao escape do material alimentar da cavidade bucofaríngea (alguns casos, os rastros possuem dentículos, que promovem captura, apreensão, e até raspagem do alimento); (c) reter (por filtragem) os alimentos pequenos que poderiam escapar por entre os rastros; (d) auxiliar na orientação durante a deglutição, por exemplo, seja para o posicionamento dos itens alimentares maiores, antes da condução para o esôfago, ou para evitar a regurgitação; (e) e além da participação na proteção dos filamentos branquiais (ZAVALA-CAMIN, 1996; RODRIGUES; MENIN, 2006b; SAMPAIO; GOULART, 2011).

Por exemplo, os peixes carnívoros podem apresentar rastros branquiais com desenvolvimentos variados, sendo mais rudimentar nos peixes ictiófagos; e em peixes planctívoros, os rastros são finos, longos, numerosos e muito próximos entre si (ANGELESCU; GNERI, 1949; RODRIGUES; MENIN, 2006a; SAMPAIO; GOULART, 2011).

As espécies da família Mugilidae possuem rastros secundários em forma de pequenos ganchos, surgindo do próprio rastro, que aumenta a capacidade de filtragem; como também em outros peixes, algumas espécies exibem muco nos rastros, e deste modo, aumenta o poder de retenção em relação aos organismos menores (ZAVALA-CAMIN, 1996).

Na região posterior da cavidade bucofaríngea, pode-se apresentar dois tipos de estruturas (órgãos), denominados órgão palatal e órgão epibrânquial.

O órgão palatal é uma estrutura muscular e quimiossensitiva que forma o teto da faringe anterior, responsável na retenção seletiva de partículas de alimento, e sendo presente no interior da cavidade bucofaríngea dos peixes cypriniformes; porque nestes peixes faltam os

dentos orais e palatais, e assim, toda a maceração dos alimentos ocorre na região da faringe; e isto é especialmente importante nos peixes que alimentam-se de sucção bentônica, tais como os peixes sugadores da família Catostomidae (maioria alimentam-se de macroinvertebrados bentônicos, material vegetal, algas, ou zooplâncton, mas algumas espécies são planctívoros pelágicos), e alguns da família Cyprinidae (Figuras 4 e 5) (CALLAN; SANDERSON, 2003; FINGER, 2008; DOOSEY; BART JR, 2011; PEREIRA, 2014).

A morfologia do órgão palatal varia consideravelmente entre os peixes cypriniformes, sendo mais diversificada em termos de tamanho e forma na família Catostomidae. E as quatro espécies da ordem Characiformes estudadas (*Astyanax mexicanus*, *Bryconamericus ricao*, *Curimata peruana*, e *Ichthyoelephas humeralis*), não há o órgão palatal no teto da faringe anterior (DOOSEY; BART JR, 2011).

Os sinônimos de termos e frases usadas para descrever o órgão palatal nos peixes cypriniformes foram: “Geschmacksorgan”; “organe palatin”; “Palatal organ of Valatour”; “Palatal organ”; “Muscular cushion”; “Pharyngeal pad”; “Thick pad of connective tissue”; “Large, thick pad of connective tissue and epithelium”; “Supra-pharyngeal pad”; “Palatine organ”; “Pharyngeal cushion”; “Posterior papillose pad”. No entanto, o termo órgão palatal é escolhido, porque está entre os nomes mais antigos e consistentemente aplicados na literatura (DOOSEY; BART JR, 2011).

Na parte posterior da faringe, é uma região ocupada por uma almofada de maceração (Chewing Pad) queratinizada (Figura 4), no qual, esta estrutura está na extremidade posterior do órgão palatal, presente nos peixes catostomídeos, ou em um processo do esqueleto em ciprinídeos; sua forma varia, mas é geralmente ovóide, ou nos ciprinídeos em forma de losango, e em Catostomidae, a forma é semilunar e as margens laterais estendem dorsalmente em torno do órgão; e serve como uma superfície de oclusão para os dentes faríngeos, já que os dentes faríngeos moem contra a almofada para macerar os alimentos (DOOSEY; BART JR, 2011).

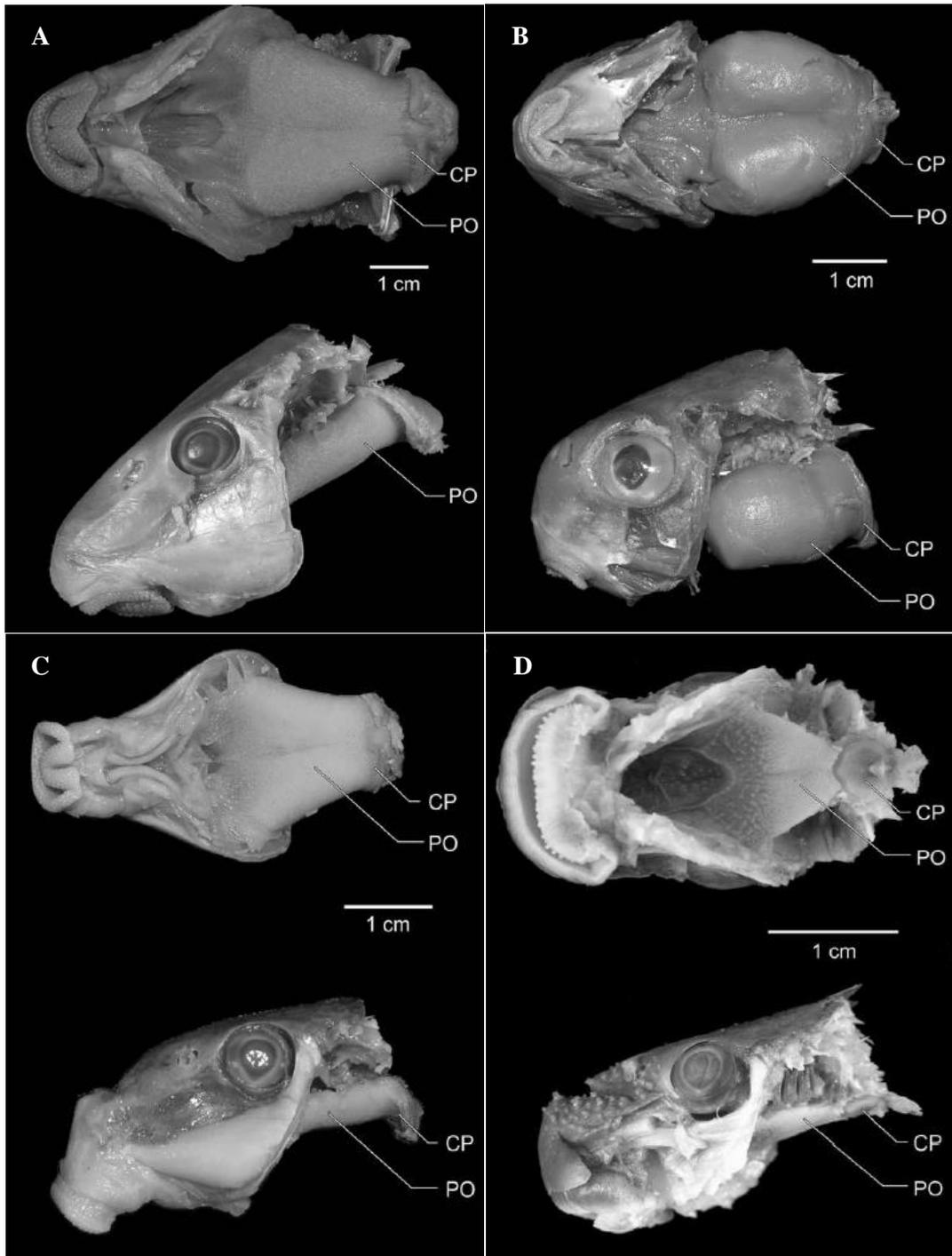


Figura 4 – Partes dorsais das cabeças que ilustram o órgão palatal (PO) e a almofada de maceração (CP - chewing pad) em vista ventral (cima) e lateral (baixo). Opérculos e arcos faríngeos (branquiais) foram removidos dos espécimes. **A** – *Catostomus occidentalis*. **B** – *Carpiodes velifer*. **C** – *Hypentelium etowanum*. **D** – *Labeo cylindricus*.
 Fonte: DOOSEY; BART JR, 2011.

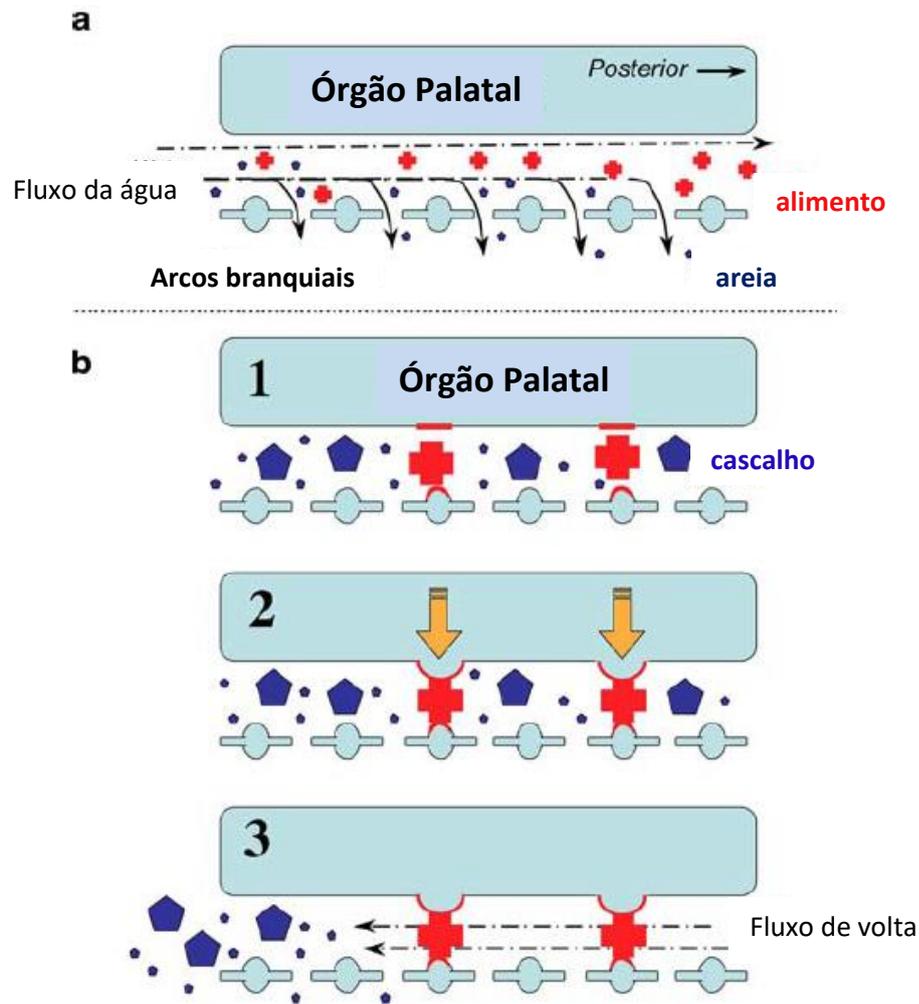


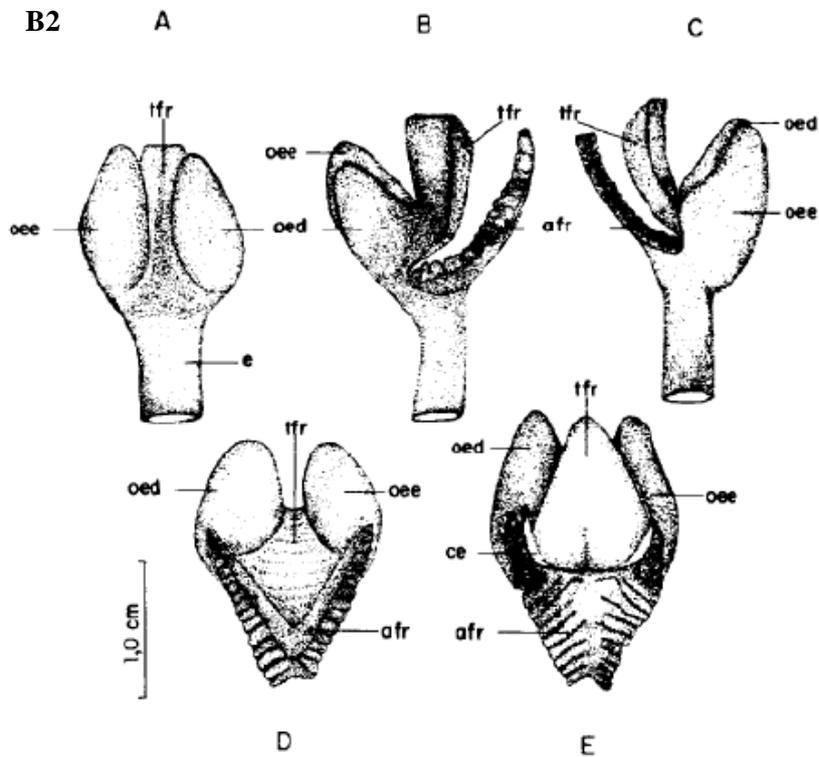
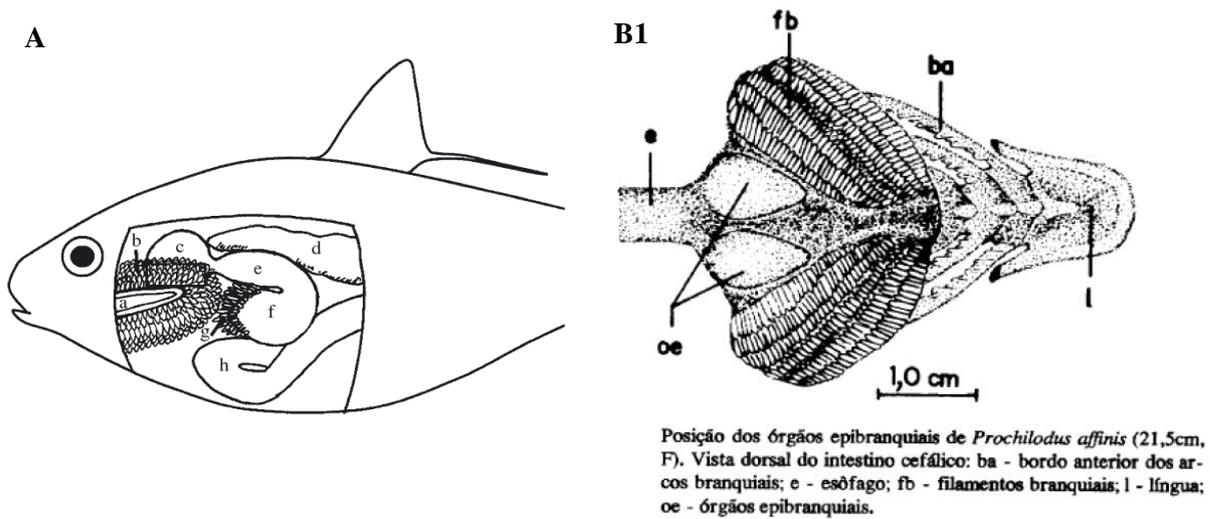
Figura 5 – Desenhos esquemáticos de como o órgão palatal e o aparelho branquial separa a alimento do substrato sob condições diferentes. **a** – Quando as partículas de alimento são bastante pequenas para serem suspensas na água, os arcos branquiais servem como um filtro de fluxo cruzado (Callan; Sanderson, 2003). Como a água passa através dos arcos branquiais, as partículas mais pesadas, por exemplo, areia; caem para fora enquanto o alimento mais leve (cruzes vermelhas pequenas) é levada para trás em direção posterior da faringe. **b** – Uma sequência (1-3), mostrando como as partículas maiores de alimentos e partículas maiores do substrato (por exemplo, cascalho); o alimento está ativamente ordenado por aprisionando das suas partículas (cruz vermelha) entre o órgão palatal e o assoalho da boca. **(1)** As partículas de alimentos ativam os corpúsculos gustativos sobre o órgão palatal e os arcos branquiais (linhas vermelhas). **(2)** Isto provoca o reflexo de protrusão do órgão palatal para pressionar as partículas de alimentos contra os arcos branquiais e mantê-los no lugar. **(3)** O fluxo de volta, então, resulta em expelir a matéria inorgânica para fora da boca ou através dos espaços entre os arcos.

Fonte: FINGER, 2008.

Os órgãos epibrânquiais são estruturas tubulares enigmáticas, sendo bilateralmente pareadas, encontradas na cavidade bucofaríngea, exatamente na porção posterior da faringe, de muitos peixes que alimentam-se por filtração (micrófagos); e assumem pelo menos sete diferentes tipos de morfologias, nas quais, diferem em posição, forma e estrutura (Figuras 6 e 7); sendo presentes em algumas famílias não relacionadas de peixes (HANSEN et al., 2014; HOLLEY et al., 2015). No entanto, tanto as famílias que apresentam estes órgãos, como também os seus tipos morfológicos carecem de uma imprescindível revisão atualizada e consistente.

Na maioria dos casos, os órgãos epibrânquiais compreendem uma série de sacos cegos ou tubos, mas às vezes, esses tubos são abertos (contínuos) ou vestigiais; nos quais, estes tubos sempre alinham-se com os arcos branquiais e são apoiados por ossos epibrânquiais modificados; e em muitos casos, estes órgãos são exclusivamente associados com o quarto arco branquial (direito e esquerdo) (HANSEN et al., 2014).

A denominação de “órgãos epibrânquiais” é mais utilizada contemporaneamente, porém verificar-se que ao longo dos anos, diversos autores empregaram muitas denominações, como: “Kiemenschnecke”; “accessorischen kiemenorgane”; “epigonal kiemenorgane”; “diverticule pharyngien”; “diverticule pharyngien suprabranchial”; “sac pharyngien”; “organo epibranchiale”; “accessory branchial organ”; “organes pharyngiens accessoires”; “organe suprabranchial”; “gill-helix”; “pharyngeal pouch”; “rachensacke”; “pharyngeal pockets”, “pharyngeal organs”; “suprabranchial organ”, “gill snail”; “accessory gill organ”; “cruminal organ”, e outros (NELSON, 1967; BERTMAR; KAPOOR; MILLER, 1969; MENIN, 1988; MENIN; MIMURA, 1991; PASLEAU; DIOGO; CHARDON, 2009; HANSEN et al., 2014).

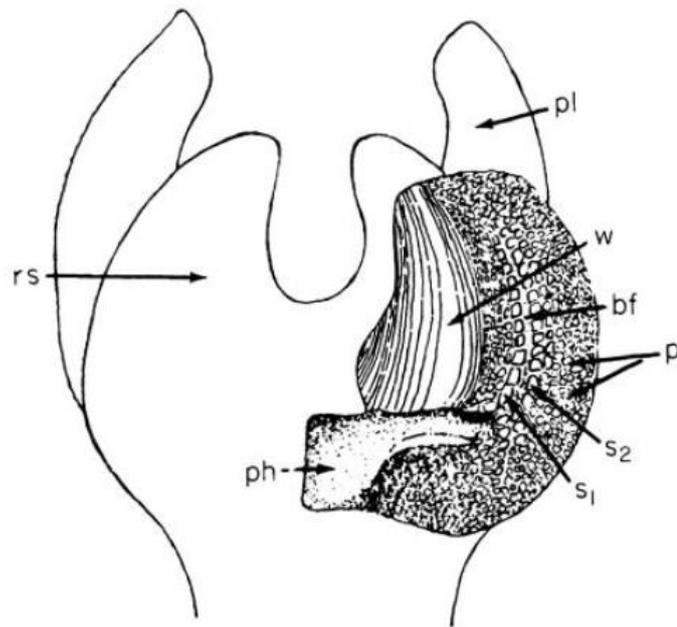


Órgãos epibrânquiais de *Prochilodus affinis* (21,1cm, F). A. Vista póstero-dorsal; B. Vista lateral direita; C. Vista lateral esquerda; D. Vista frontal; E. Vista frontal, com o teto da faringe rebatido, evidenciando o canal de entrada.

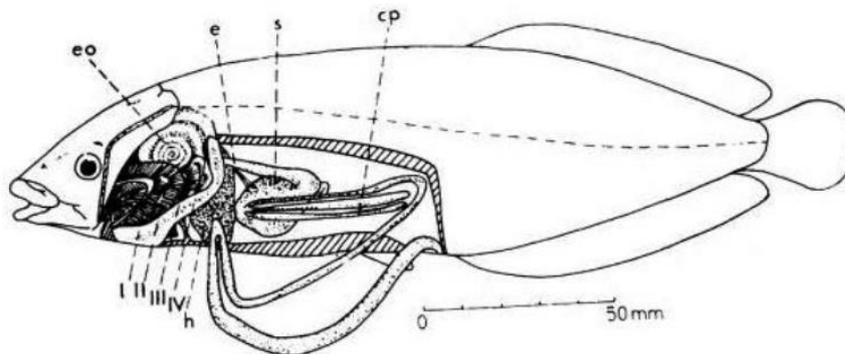
afr - assoalho da faringe; ce - canal de entrada; e - esôfago; oed - órgão epibrânquial direito; oee - órgão epibrânquial esquerdo; tfr - teto da faringe.

Figura 6 – Órgãos epibrânquiais. **A** – Visão lateral do órgão epibrânquial de um espécime da família Clupeidae. O espécime *Dorosoma cepedianum* com parte da parede do corpo e opérculo removidos, para ilustrar os locais das estruturas: (a) cavidade bucofaringea; (b) filamentos branquiais nos arcos branquiais; (c) órgão epibrânquial; (d) bexiga natatória; (e) esôfago; (f) estômago mecânico (moela); (e + f) intestino anterior; (g) cecos pilóricos; (h) intestino. **B1 e B2** – Órgão epibrânquial de um espécime da família Prochilodontidae; nos quais, nos *Prochilodus* são do tipo 1 (forma de sáculo primitivo expandido).

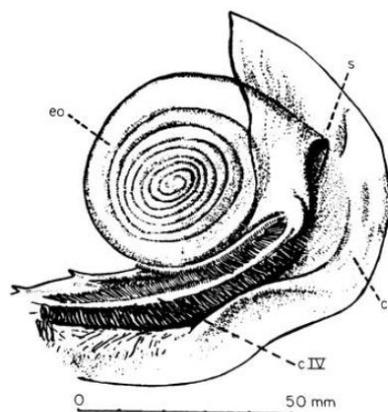
Fonte: MENIN; MIMURA, 1991; HOLLEY et al., 2015.



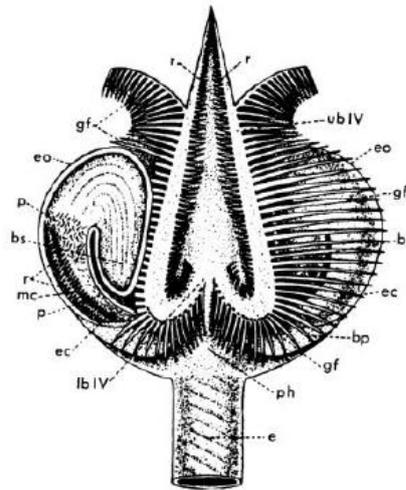
A Dorsal aspect of sac-like epibranchial organs (Type 1) of *Curimatus vittatus*; right sac opened. pl, fourth epibranchial; w, adipose tissue; bf, tributary canal; p, papillae; s₂, s₁, modified gillrakers; ph, pharynx; rs, epibranchial organ. (From Heim, 1935.)



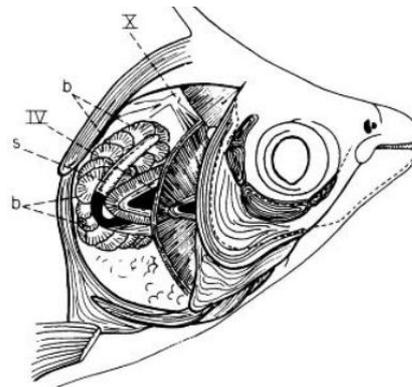
B1 Lateral view of a dissected osteoglossid, *Clupisudis niloticus*, showing position of spiral tube epibranchial organ (Type 3). eo, epibranchial organ; e, esophagus; s, stomach; cp, pyloric caeca; h, heart; I-IV, branchial arches. (Modified from d'Aubenton, 1955.)



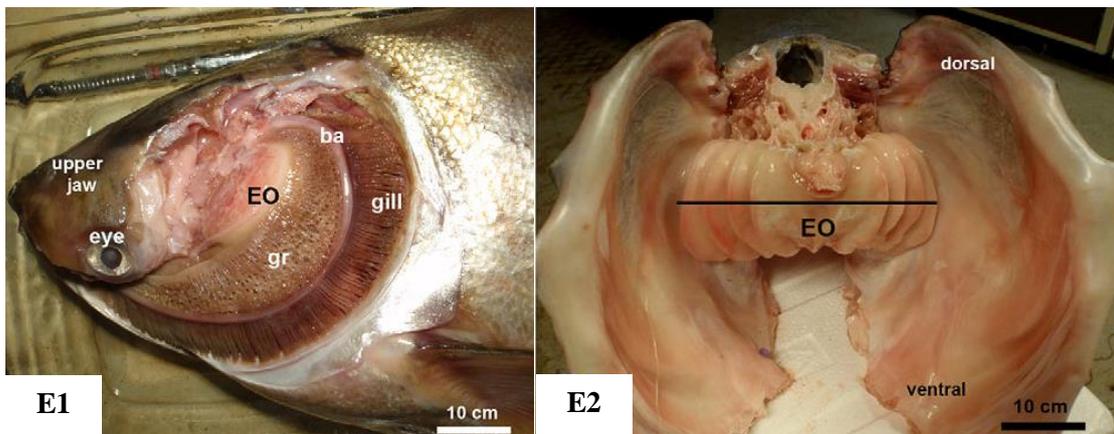
B2 Lateral view of epibranchial organ (Type 3) of *Clupisudis niloticus*; spiral tube extending in spiral with gillrakers present to terminus. eo, epibranchial organ; s, exit for water from epibranchial organ; cs, shoulder girdle; cIV, fourth ceratobranchial. (Modified from d'Aubenton, 1955.)



C Diagram of ventral view of entrance canal-blind sac epibranchial organs of *Chanos chanos* (Type 5); right organ cut horizontally to show position of marginal channel and gillrakers along the entrance canal. From top left to top right: r, gill-rakers; gf, gill filaments; eo, epibranchial organ; p, papillae; bs, blind sac; mc, marginal channel; ec, entrance canal; lbIV, lower branch of arch IV; e, esophagus; ph, pharynx; bp, bony plate; ubIV, upper branch of arch IV. (Modified from Kapoor, 1954.)



D Dissected head of *Citharus citharus* showing position of the tube and leaf-like lobuli that compose the epibranchial organ (Type 7). b, leaf-like lobuli; s, tube; IV, fourth branchial arch; X, vagus nerve. (Modified from Sagemehl, 1887.)



Gross morphology of the epibranchial organ in *H. molitrix* and *H. nobilis*. (E1) The epibranchial organ (EO) of *H. molitrix* is located behind the eye adjacent to the upper jaw and surrounded by the branchial arches (ba). The gill rakers (gr) are closely associated with the EO. (E2) Upper portion of the body of *H. molitrix* dissected to show paired EO with four ridges on each side of the paired organs.

Figura 7 – Imagens de alguns tipos morfológicos dos órgãos epibranquiais. **A** – Tipo 1. **B1 e B2** – Tipo 3. **C** – Tipo 5. **D** – Tipo 7. **E1 e E2** – Tipo relatado em 2014.

Fonte: BERTMAR; KAPOOR, 1969; HANSEN et al., 2014.

Nos teleósteos, o esôfago é um tubo, podendo ser curto, largo e retilíneo; e o estômago apresentam variados formatos e regiões; e ambos os órgãos são adaptados estruturalmente aos tipos de regimes alimentares (FRANCO, 1994; MAKINO, 2010).

O estômago nos piscívoros, é bastante alongado; nos onívoros, é um saco sifonóide e, em peixes detritívoros-iliófagos (ingerem lodo), pode-se ter um estômago com uma região química, e outra região mecânica (a “moela” - analogia à das aves); esta é uma estrutura altamente muscularizada e sem glândulas, com função de trituração do alimento ingerido juntamente com o sedimento do substrato (SILVA, 2004; MÔNACO; RESENDE, 2012).

Há espécies que são ditas gástricas, e agástricas (ausência de estômago verdadeiro), e estas, podem ter a parte proximal do intestino com um alargamento, sendo um pseudo-estômago, denominado de bulbo intestinal; com finalidade temporária de armazenamento do alimento, podendo ter ou não diferenciação histológica em relação ao intestino verdadeiro, e reconhecido visualmente apenas com conteúdo (ZAVALA-CAMIN, 1996; OLSSON, 2009).

Os peixes agástricos são, por exemplo: Cyprinidae, Cobitidae, Cypridontidae, Gobiesocidae, Gobioidi, Blennidae, Scaridae (WILSON; CASTRO, 2011).

O intestino varia em forma, arranjo e comprimento. De acordo com Fryer e Iles citado por Giora e Fialho (2003), o comprimento do intestino está diretamente relacionado à categoria trófica da espécie, sendo ordenado deste modo: carnívoros < onívoros < herbívoros < detritívoros.

Blazquez (1995) ressalta que as variações e as especializações morfológicas pertinentes para alimentação, são consideradas uma maneira de diminuir a competição entre as espécies, fundamental para a manutenção da cadeia trófica em ecossistemas aquáticos.

2.5 Peixes Detritívoros

❖ Detritívoro e Iliófago

Os peixes detritívoros consomem material orgânico particulado depositado no fundo ou na vegetação submersa, que é frequentemente misturado com partículas minerais sem valor nutritivo (sedimentos inorgânicos). Este material orgânico particulado é derivado de corpos de organismos mortos ou fragmentos destes, excreções deixadas por organismos vivos, vegetais mortos (rico em lignina e celulose), pequenas quantidades de microinvertebrados, algas filamentosas, além de microorganismos associados, como fungos e bactérias (YOSSA; ARAÚJO-LIMA, 1998; PEREIRA, RESENDE, 1998).

Segundo Fugi (1993), os peixes detritívoros alimentam-se basicamente de detritos orgânicos em estágios moderados de decomposição (ingerindo partículas maiores).

Dentro dos peixes detritívoros, existe um regime alimentar especializado, denominado do tipo iliófago¹; que consomem quase que exclusivamente finas partículas de matéria orgânica (em fases avançadas de decomposição) do lodo, ou seja, tipicamente associado com sedimentos moles em ambientes lênticos e lóticos; nos quais, estão contidos sedimentos inorgânicos (parcela mais presente na dieta), detritos orgânicos, algas, diatomáceas e perífiton (FUGI, 1993; MORAES; BARBOLA; GUEDES, 1997; BOWEN; GU; HUANH, 2006).

A detritivoria está presente em apenas uma pequena porcentagem de espécies de peixes; e muitas espécies são consumidores ocasionais (por exemplo, podem mudar para consumir detritos como uma dieta temporária, quando os alimentos preferidos não estão disponíveis), ao passo que outras, são generalistas e altamente especializadas (BOWEN, 1983; YOSSA; ARAÚJO-LIMA, 1998).

As famílias detritívoras dulcícolas mais conhecidas são Prochilodontidae, Curimatidae (estas duas são tipicamente detritívoras) e Loricariidae da região neotropical; alguns Citharinidae, Cichlidae e poucos Cyprinidae; além da Família Mugilidae que têm ampla distribuição geográfica, presente nos ecossistemas tropicais e subtropicais de todo o mundo, sendo em águas marinhas costeiras, estuários e águas doces, com a maioria das espécies

¹ Este termo também tem sido escrito na língua inglesa como iliophago, illiophago, and ileophago, porém a grafia original de ilyophago proposta por Allen em 1936 é a preferencial (BOWEN; GU; HUANH, 2006).

tipicamente estuarino-costeira (BOWEN, 1983; GERKING, 1994; DELARIVA; AGOSTINHO, 2001; BOWEN; GU; HUANH, 2006; FISCHER; PEREIRA; VIEIRA, 2011).

Os peixes da família Citharinidae são nativos da África (BOWEN, 1983; MOREIRA, 2007).

Na família Cichlidae (ordem Cichliformes), a distribuição geográfica abrange a África, o vale do rio Jordão no Oriente Médio, sul da Índia e Sri Lanka, Madagascar, Irã, Cuba e Ilha de São Domingos, América Central, América do Norte e América do Sul (FAVERO; POMPEU; VALLADARES, 2010).

Na família Cichlidae, por exemplo, as espécies dos gêneros *Oreochromis* e *Tilapia*, que são membros originários dos ciclídeos africanos, foram introduzidas em diversos lagos e reservatórios brasileiros, sendo consideradas espécies exóticas no Nordeste do Brasil (CHELLAPPA et al., 2003; LEÃO et al., 2011; ZAGANINI; VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2012).

A família Cyprinidae (ordem Cypriniformes) é totalmente ausente na região neotropical, ocorrendo na América do Norte, África e Eurásia (BOWEN, 1983; BOWEN; GU; HUANH, 2006).

❖ Comportamento dos hábitos alimentares

Os teleósteos dulcícolas apresentam uma plasticidade ou adaptabilidade trófica (ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001), todavia, esta adaptação é limitada pelo comportamento alimentar, aparato morfológico e capacidade digestória.

Para Gerking (1994), os peixes em relação ao comportamento dos seus hábitos alimentares, podem ser designados como:

- **Generalistas** – não demonstra preferência marcante por uma fonte alimentar específica, fazendo uso de uma alimentação com um amplo espectro de alimentos (dentro do seu hábito alimentar determinado – observação pessoal);
- **Especialistas** – implica em uma dieta restrita a uma quantidade relativamente pequena de itens e normalmente caracterizados por notáveis adaptações morfológicas tróficas;
- **Oportunistas** – que alimentam-se por uma fonte não habitual de sua dieta, ou aproveita-se de uma fonte de alimento abundante ou incomum.

Gerking (1994) explana que um oportunista pode também alimentar-se de alguma outra fonte de alimento, quando o presente é muito explorado ou sofre um declínio sazonal, porém, poderia ser acrescentando outro termo, pois, entendo que a palavra mais apropriada seria o termo “Facultativo”, visto que os oportunistas podem descartar uma fonte de alimento comum sempre que outra mais vantajosa surge. Já o comportamento alimentar facultativo dos peixes seria:

- **Facultativos** – que alimentam-se de tipos diferentes de fonte alimentar, ou seja, quando ocorre mudança dos itens alimentares, em função do alto consumo pela comunidade aquática, e de uma queda acentuada ou escassez do seu tipo preferencial de alimento no ambiente. E não exibindo um comportamento de tirar vantagem sobre algum alimento (oportunismo).

Uma vez que muitas espécies íctias são generalistas, o restante da discussão concentra-se em especialistas e oportunistas, como também dos facultativos. Salientando que, quase todos os peixes são oportunistas em seus hábitos alimentares, exceto os especialistas restritos; e nestes, embora concentrem suas energias em um tipo restrito de alimento, e raramente ampliam sua dieta, deve-se levar em consideração que a maior parte das dietas especializadas possa demonstrar alguma flexibilidade em sua composição (GERKING, 1994; ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001).

No contexto do comportamento dos hábitos alimentares, os peixes detritívoros são identificados, por exemplo, como:

- **Detritívoro Generalista**

Os peixes da família Loricariidae (ordem Siluriformes) são algumas vezes considerados como detritívoros (muitas espécies), existindo algumas controvérsias a respeito; de tal modo, que um estudo de revisão em 2012, categorizaram como detritívoros generalistas e herbívoros (PEREIRA; RESENDE, 1998; GERMAN et al., 2010; LUJAN; WINEMILLER; ARMBRUSTER, 2012; OLIVEIRA; ISAAC, 2013). Como hábito alimentar herbívoro, outro estudo relata uma subdivisão em mais categorias específicas para as espécies de locarídeos, como algívoros (algas), perifitívoros (perifíton), granívoros (sementes), e xilófagos (madeira); além de já serem citados como iliófagos (SALVADOR-JR; SALVADOR; SANTOS, 2009).

- **Detritívoro Especialista**

- Detritívoro-Iliófago (“comedores de lodo”)

Os peixes detritívoros-iliófagos estão nas famílias Prochilodontidae, Curimatidae, e Citharinidae (por exemplo, as espécies do gênero *Citharinus*), estas pertencentes à ordem Characiformes; e na família Cyprinidae, incluindo os membros do gênero *Labeo* na África e Ásia, e o gênero *Cirrhinus* na Ásia (BOWEN; GU; HUANH, 2006; MOREIRA, 2007; PERESSIN; GONÇALVES; BRAGA, 2012).

Olaosebikan e Nzeh (2008) realizaram um estudo em dois detritívoros africanos *Labeo senegalensis* e *L. coubie*, sobre a caracterização anatômica e histológica dos tratos digestórios.

- **Detritívoro Facultativo**

Os peixes conhecidos como Tilápias têm sido mostrados responderem às mudanças no seu ambiente, através de uma alimentação facultativa; vários exemplos de estudos comentam a sua plasticidade trófica, que têm suscitado a especulação de que pelo menos algumas populações de Tilápias podem ter evoluído para aproveitar uma ampla variedade de recursos alimentares, nos quais, têm apresentado hábitos de onívora, herbívora ou detritívora (DOUPÉ; KNOTT, 2010).

Bowen, Gu e Huanh (2006) citaram as espécies do gênero *Tilapia* como iliófaga.

Zaganini, Vidotto-Magnoni e Carvalho (2012) consideraram *Oreochromis niloticus* como espécie detritívora (os detritos foram constantes na dieta de quase todas as classes de tamanho) e *Tilapia rendalli* como herbívora, no reservatório de Barra Bonita (Rio Tietê, São Paulo, Brasil); estes autores também abordaram que *Oreochromis niloticus* também tem sido considerado detritívora em reservatórios da Colômbia (CALA; BERNAL, 1997), e onívora no Lago Paranoá (Distrito Federal, Brasil) (STARLING et al., 2002); e a espécie *T. rendalli* foi definida como herbívora, no reservatório de Iraí, no Estado do Paraná (ABILHOA, 2005) e no rio Zambezi, na África (WINEMILLER; KELSO-WINEMILLER, 2003), porém apresentou uma alimentação de detritívoros no rio Tibagi, no Paraná (OLIVEIRA; BENNEMANN, 2005).

A espécie *Dorosoma cepedianum* (Família Clupeidae) consome zooplâncton e fitoplâncton, além de outras formas de vida quando estão disponíveis, e consome detritos

bentônicos, quando o plâncton está escasso; sendo identificada como onívora de alimentos de suspensão, ou detritívora de alimentos de suspensão, em distribuições não homogêneas de minúsculas partículas (< 1 mm), e ainda como tendo alimentação de suspensão facultativa (MUNDAHL; WISSING, 1988; HEIDMAN et al., 2012; HOLLEY et al., 2015).

- **Detritívoro Oportunista**

- Detritívoro-Invertívoro (invertebrados)

A espécie *Satanoperca pappaterra* (Cichlidae) é típico peixe que vive no fundo, no qual, que embora os estudos mostrem que foi caracterizada como um detritívoro-invertívoro, alimentando-se de uma mistura de detritos e organismos bentônicos (invertebrados), mostrou-se que só incluem os tipos de alimentos na sua dieta, desde que associados ao substrato, e o que parece é que sejam selecionados de acordo com sua abundância no ambiente (HAHN; CUNHA, 2005; SILVA; NATALI; HAHN, 2012).

Casemiro et al. (2008) comentam que as pesquisas de disponibilidade de alimentos no ambiente, são essenciais para dar suporte à conclusão de que *S. pappaterra* é uma espécie oportunista.

2.6 O curimatídeo *Steindachnerina notonota*

Os peixes da família Curimatidae (Toothless characiforms), de modo geral, são popularmente conhecidos como saguirú, birus ou manjubas, e é composta por oito gêneros, nos quais, são amplamente distribuídos nas principais bacias hidrográficas da região Neotropical; sendo distinguíveis de todos os outros Characiformes principalmente pela ausência de dentição, uma característica em adultos, visto que os dentes estão presentes apenas da fase juvenil (PERESSIN; GONÇALVES; BRAGA, 2012; QUEIROZ et al., 2013).

As espécies desta família têm várias modificações do corpo associadas com aquisição e processamento de alimentos, por exemplo, destacando a perda de dentição oral, modificações na boca, na superfície do palato, nos arcos branquiais, e no trato digestório; cujas adaptações estão relacionadas para as espécies obterem o alimento que comumente está presente junto ao substrato no fundo de ambientes aquáticos (NETTO-FERREIRA; VARI, 2011; QUEIROZ et al., 2013).

O gênero *Steindachnerina* é o segundo em termos de número de espécies dentre os gêneros de Curimatidae, tendo 24 espécies conhecidas (Figura 8) (NETTO-FERREIRA; VARI, 2011). Já existem alguns estudos genéticos dos curimatídeos, envolvendo algumas espécies do gênero *Steindachnerina* (OLIVEIRA et al., 2002; BRASSESCO et al., 2004; SANTOS et al., 2006; DE ROSA et al., 2007; VENERE et al., 2008; MARTIN et al., 2009; SAMPAIO et al., 2011; SAMPAIO et al., 2016).

A espécie *Steindachnerina notonota* (Miranda-Ribeiro, 1937), conhecida popularmente no Brasil como saguirú, piabussú, piabaçu, sabarú, saburú, biruba e branquinha (Figura 9); trata-se de uma espécie endêmica da caatinga do semiárido brasileiro, ou seja, encontrada em rios, lagoas e açudes da região Nordeste, principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, ecorregião do Maranhão-Piauí e região centro-nordeste do Brasil (SILVA; GURGEL; SANTANA, 2005; MONTENEGRO et al., 2011). Esta espécie de peixe de água doce encontra-se em importantes bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte: bacia do rio Apodi/Mossoró, bacia do rio Piranhas/Assu, bacia do rio Punaú e bacia do rio Pirangí (NASCIMENTO et al., 2014).

O curimatídeo *S. notonota* apesar de apresentar porte reduzido e pouco valor comercial, é comumente consumido pela população local e tem grande importância ecológica, como elo na cadeia alimentar, ou seja, representa um importante recurso alimentar para peixes carnívoros (inclusive aqueles relevantes economicamente), como também participa da

reciclagem da matéria orgânica, deste modo, na depuração dos corpos d'água submetidos à poluição orgânica (PEREIRA; RESENDE, 1998; AMORIM-TEIXEIRA; GURGEL, 2004; MONTENEGRO et al., 2011; PESSOA et al., 2013).

A literatura registra para a espécie *S. notonota*, o trabalho de Azevedo et al. (1938) que evidencia a biologia geral da espécie e seus caracteres merísticos e anatômicos internos, e os estudos de Amorim-Teixeira (2002) e Amorim-Teixeira e Gurgel (2004), os quais relataram o comportamento alimentar e dinâmica da nutrição desta espécie no açude Riacho da Cruz, no Rio Grande do Norte.

No entanto, em relação a estudos sobre esta espécie, trabalhos existentes sobre a alimentação de *S. notonota* classificam seu hábito alimentar baseando-se unicamente na ocorrência dos itens presentes em suas dietas, não considerando os aspectos morfológicos do trato digestório. O estudo mais recente com esta espécie foi realizado por Silva, Gurgel e Santana (2005), no qual, foram feitas análises morfohistológicas do tubo digestório de *S. notonota*. Porém, uma análise da morfologia completa do trato digestório, incluindo as várias estruturais que compõem a cavidade bucofaríngea e entre outras do trato, ainda não existe descrita na literatura.

Diante das considerações supracitadas e de uma escassez de trabalhos voltados para pesquisas da morfofisiologia animal, torna-se importante realizar uma caracterização anatômica e histológica de todo o trato digestório do *Steindachnerina notonota*, uma vez que irá fornecer subsídios para futuros estudos morfológicos e da ictiofauna, incluindo sua aplicação como espécie promissora como bioindicadora ambiental, por consumir também poluentes presentes no lodo do fundo dos ambientes aquáticos dulcícolas. Visto que, Martinez, Guedes e Simonato (2008) e Meto et al. (2015) já realizaram estudos com peixes detritívoros, avaliando o comprometimento da contaminação na vida aquática, em relação aos níveis de pesticidas (inseticidas, fungicidas, herbicidas e acaricidas) e toxicidade à exposição de óleo diesel, nos quais, causaram danos funcionais nos órgãos, como nas brânquias, fígado, músculos e vísceras.

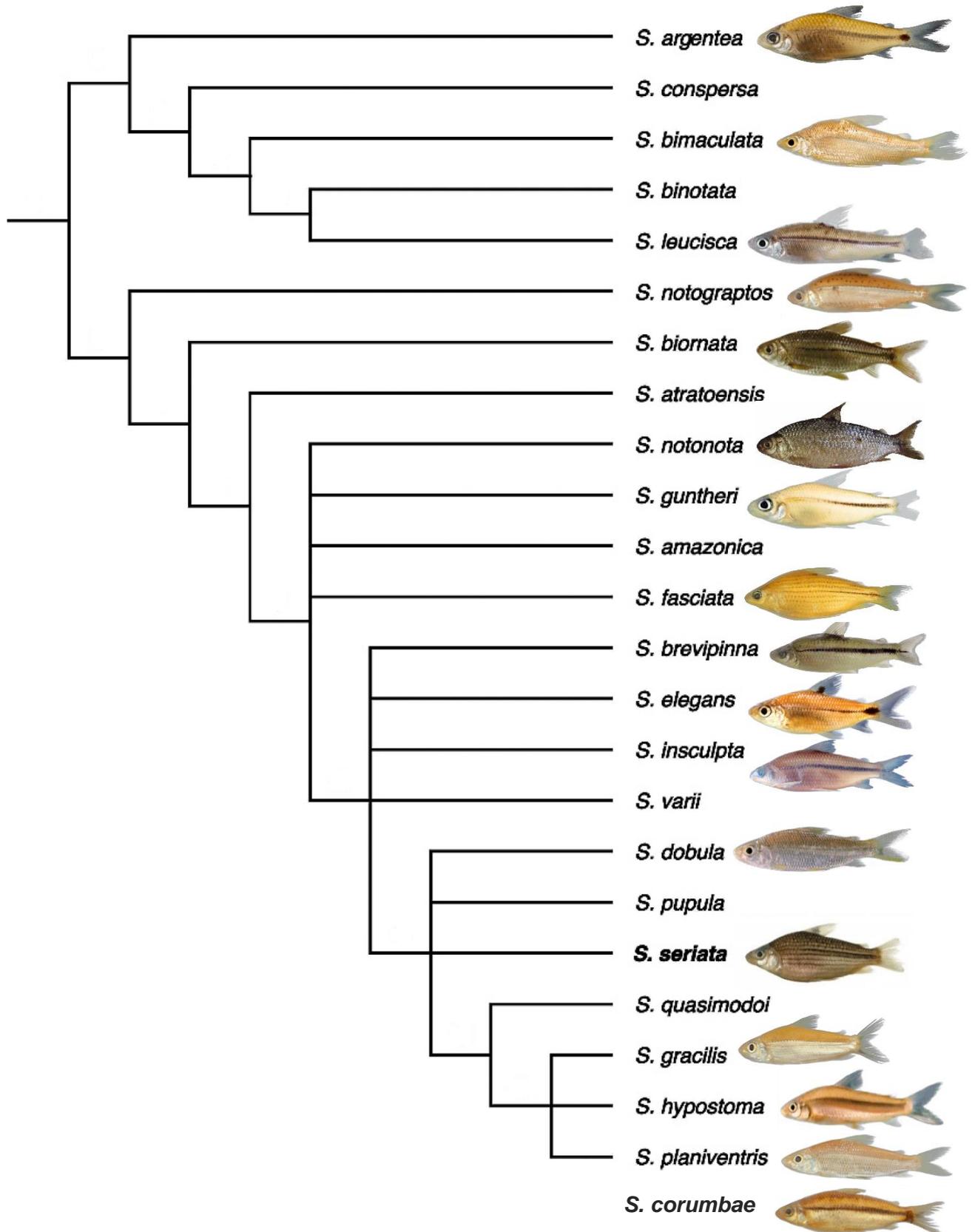


Figura 8 – Cladograma hipotético das relações filogenéticas entre as espécies de *Steindachnerina* (Não avaliada a espécie *S. corumbae*). Ver o trabalho de Lucinda e Vari (2009) para explicação detalhada destas relações. Fonte: NETTO-FERREIRA; VARI, 2011; PROJETO SACI, 2016 (Disponível em: <<http://www.projeto-saci.com/curimatidae/sem-subfamilia/steindachnerina-notograptos>>. Acesso em: 12 maio 2016).

Megaclasse Osteichthyes

Superclasse Actinopterygii

Classe Actinopteri

Subclasse Neopterygii

Infraclasse Teleostei

Megacorte Osteoglossocephalai

Supercorte Clupeocephala

Corte Otomorpha

Subcorte Ostariophysi

Seção Otophysa

Superordem Characiphysae

Ordem Characiformes

Subordem Characoidei

Família Curimatidae

Gênero *Steindachnerina*

Espécie *notonota*



© Lenilda Teixeira

1 cm

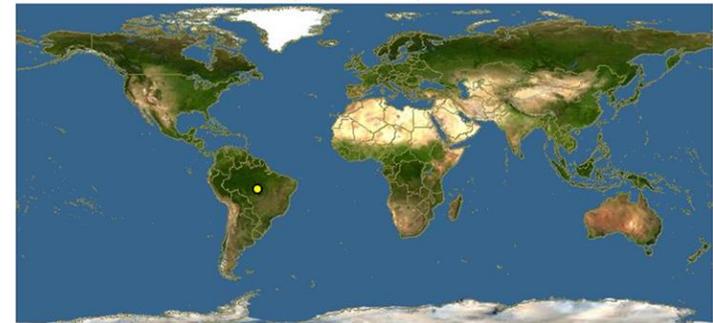


Figura 9 – Espécie em estudo *Steindachnerina notonota*, com nome popular Piabussú no RN, e sua distribuição geográfica (ponto amarelo no mapa): América do Sul - Brasil. Ver a nova classificação filogenética dos peixes ósseos (baseada principalmente em dados moleculares – versão 3), que encontra-se disponível no site DeepFin.org.: <https://sites.google.com/site/guilleorti/home/classification>. Fonte: NETTO-FERREIRA; VARI, 2011; BETANCUR et al., 2013; FISHBASE, 2016.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho consiste em analisar os aspectos morfológicos do trato digestório de uma espécie de peixe teleósteo neotropical: *Steindachnerina notonota*, relacionando com seu hábito alimentar detritívoro-iliófago em ambiente dulcícola; contribuindo assim para ampliação de informações acerca da caracterização da anatomia macro e microscópica do seu canal alimentar; e de possíveis variações estruturais entre os espécimes estudados.

3.2 Objetivos Específicos

- Descrever anatomicamente o trato digestório de *S. notonota*;
- Caracterizar, por meio de estudo ultraestrutural de varredura, os rastros branquiais;
- Analisar, histologicamente, o intestino cefálico (somente os rastros branquiais do segundo arco branquial e o órgão epibrânquial), o intestino anterior (esôfago e estômago), o intestino médio (bolsa cecal, cecos pilóricos, segmento proximal e segmento distal), e o intestino posterior;

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da Área de Coleta

Os espécimes utilizados neste estudo foram provenientes do Rio Ceará-Mirim, em uma área que situa-se entre as coordenadas 5°37'47" de Latitude S e 35°37'9" de Longitude W (Figura 10); no município de Taipu, localizado na mesorregião do Leste Potiguar, do Estado do Rio Grande do Norte-RN, região Nordeste do Brasil. Este município é inserido totalmente na região semiárida, e distancia 50 Km da capital do Natal (IBGE, 2014; FEMURN, 2016).

O Rio Ceará-Mirim compõe uma das principais bacias hidrográficas do Estado, ocupa uma superfície de 2.635,7 Km², no qual, corresponde cerca de 4,9% da área estadual, com nascente no município de Lages-RN, e foz no Oceano Atlântico, na localidade do município de Extremoz-RN, com um percurso de aproximadamente 162 km (IDEMA, 2009; IGARN, 2014).



Figura 10 – Localização da área de coleta em GPS (balão vermelho): Município de Taipu, do Estado do Rio Grande do Norte-RN (região nordeste do Brasil).
Fonte: GOOGLE EARTH /GOOGLE MAPS, 2016.

4.2 Coleta dos Espécimes

Neste estudo, foram capturados 10 espécimes adultos de *Steindachnerina notonota*, de ambos os sexos, sendo 5 fêmeas e 5 machos, evidenciados pela caracterização das gônadas. As coletas realizaram-se no mês de agosto de 2015, caracterizado como período muito seco (EMPARN, 2016); e utilizou-se um picaré e uma rede de espera de 2 cm de entre nós opostos.

Em campo, os espécimes vivos foram colocados em um balde com água proveniente do próprio rio, e mantidos com oxigenação por compressor de bomba de ar à pilha, portátil para aquário (Jad D-200) (Figura 11), com finalidade para sobrevivência e transporte dos peixes, ao Laboratório de Técnicas Histológicas, no Departamento de morfologia – CB/UFRN.

A espécie *S. notonota* tem exemplar depositado na coleção ictiológica da universidade com o número voucher UFRN 902.

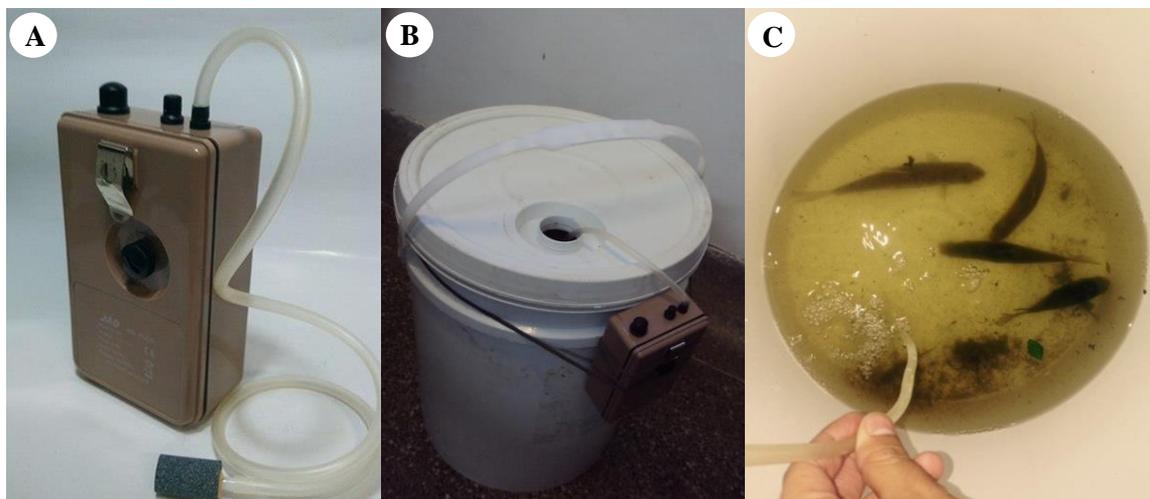


Figura 11 – Transporte e conservação dos espécimes de *Steindachnerina notonota*. **A** - Compressor de bomba de ar à pilha para aquário; **B** - Balde com bomba de aquário para transporte dos espécimes coletados; **C** - Espécimes vivos colocados no balde com oxigenação.

4.3 Nota Bioética

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – CEUA/UFRN, protocolo nº 064/2015 (anexo).

A eutanásia dos espécimes coletados foi de acordo com as recomendações das diretrizes da prática de eutanásia do CONCEA/MCTI (BRASIL, 2013); sendo realizada no Laboratório de Técnicas Histológicas, do Departamento de morfologia – CB/UFRN.

Os peixes foram colocados por imersão em solução tamponada, no recipiente contendo o anestésico benzocaína na concentração de 100 mg/L de água durante dez minutos ou mais - até a perda do equilíbrio e cessação dos batimentos operculares, seguido do método físico de secção da medula espinal.

4.4 Procedimento Anatômico

Após a eutanásia, os animais foram medidos e pesados, deste modo, realizou-se a biometria, registrando os dados individuais referentes ao comprimento total (cm), comprimento padrão (cm) – distância da ponta do focinho até o final do pedúnculo caudal (Figura 12), e peso total (g). Para medição dos comprimentos utilizou-se um paquímetro em metal 6" - 150 mm x 1 mm (Western), e a verificação do peso feito com uma balança eletrônica (AD330-Marte).

Logo depois, foi efetuada uma incisão ventral mediana a partir do opérculo até ao ânus, e até o nível da linha lateral, retiraram-se as gônadas, e com a exposição das estruturas do trato digestório, os espécimes foram conservadas no fixador formol 10%.

Todas as estruturas foram analisadas utilizando um estereomicroscópio - Leica M80 (Leica Biosystems) para caracterização macroscópica das estruturas, e foram efetuadas fotografias com a câmera digital Sony Cyber-shot dsc-w730, no Laboratório de Microscopia Celular e Tecidual, do Departamento de morfologia – CB/UFRN.

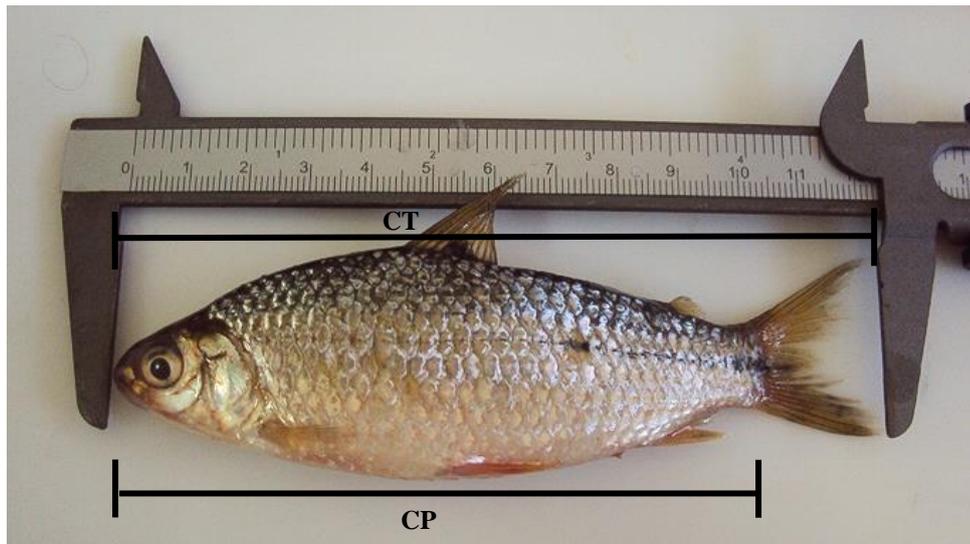


Figura 12 – Medição em centímetros do comprimento total (CT) e do comprimento padrão (CP) nos espécimes de *S. notonota*, utilizando um paquímetro.

4.5 Procedimento Histológico para Microscopia de luz

No Laboratório de Técnicas Histológicas, do Departamento de morfologia – CB/UFRN, após 24 horas de fixação, o material biológico destinado para o processamento histológico sofreu seccionamento. O intestino cefálico (somente os rastros branquiais do segundo arco branquial e o órgão epibranchial), o intestino anterior (esôfago e estômago), o intestino médio, e o intestino posterior, foram seccionados e os fragmentos obtidos submetidos à histotécnicas de rotina (desidratação, diafanização, inclusão e microtomia à 4 μm). Estas estruturas foram coradas com protocolos histológicos convencionais por Hematoxilina e Eosina (HE) (MAIA, 1979), e especiais, PAS - Ácido Periódico Schiff, método reativo para mucoproteína (BEHMER et al., 1976). Após a confecção das lâminas, foram analisadas em microscópio de luz, no qual, realizaram-se as microfotografias das lâminas.

A obtenção das imagens microscópicas foram pelo microscópio scanner zeiss: Axio Imager Z2, com sistema Metafer Vslide para 8 lâminas (Metasystems, GmbH, Germany), cujas objetivas utilizadas foram: 5x, 10x, e 20x; e pelo microscópio Nikon Eclipse 80i, com software Neurolucida (MBF Bioscience, Williston, VT, USA), utilizando as objetivas de 10x e 40x; realizada no Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra (IIN-ELS), em Macaíba-RN.

4.6 Procedimento para Microscopia Eletrônica de Varredura

Realizou-se um estudo ultraestrutural dos rastros branquiais de *Steindachnerina notonota*. Após a eutanásia, os rastros branquiais inseridos na cavidade bucofaríngea foram retirados e conservados em paraformaldeído 10%. Após a fixação, as amostras foram desidratadas em séries crescente de concentrações de álcool etílico (70%, 80%, 90% e 100%). Posteriormente a desidratação, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Caracterização Estrutural de Materiais (Departamento de Engenharia de Materiais/Centro de Tecnologia/UFRN). As amostras foram colocadas em um suporte metálico com auxílio de uma fita de carbono dupla-face para fixá-las, em seguida, o suporte foi colocado no porta-amostra no equipamento do MEV (Modelo: Hitachi Tabletop Microscope TM-3000), para análises e obtenção das microfotografias do material.

5 RESULTADOS

Os espécimes de *S. notonota* apresentaram comprimento total entre 6,4 a 13 cm, comprimento padrão entre 4,8 a 10,3 cm, e peso de 3,23 a 35,92g.

Os animais não foram evidenciados com um acentuado dimorfismo sexual nas suas características corporais, como por exemplo, coloração ou forma das nadadeiras, sendo confirmado o sexo somente a partir da presença das gônadas feminina e masculina.

O trato digestório de *Steindachnerina notonota* consiste do intestino cefálico (boca e cavidade bucofaríngea), do intestino anterior (esôfago e estômago), do intestino médio (subdividido em segmento intestinal proximal e segmento intestinal distal, além da bolsa cecal e os cecos pilóricos), e do intestino posterior.

5.1 INTESTINO CEFÁLICO

Boca e Cavidade Bucofaríngea

- Vista lateral e anterior

A boca de *S. notonota* localizada na porção anterior da cabeça, é do tipo terminal, ou seja, o ângulo da boca aberta é para frente (Figura 13). A rima oral, em vista anterior, é caracterizada pela forma de um “V” invertido, com os ramos abertos e voltados ventralmente. Possui uma pequena amplitude da fenda oral. O lábio superior é bem pigmentado (vários pontos pretos espalhados em uma área mais clara), voltado ligeiramente para baixo, e sendo mais desenvolvido (espesso) do que o lábio inferior. No centro da mandíbula há uma pequena protuberância de forma arredondada, que encaixa-se perfeitamente no sulco central da maxila. A mandíbula é em forma de pá (Figura 14). Em vista lateral, notou-se nas extremidades direita e esquerda da maxila (próximo das comissuras labiais), a presença de pregas labiais, que são soltas, voltadas ventrolateralmente, e sobrepostas às extremidades da mandíbula (Figura 14).

Com a remoção do opérculo, observa-se o aparelho branquial faringiano, situado na porção posterior da cabeça (Figura 13). O aparelho branquial faringiano é formado por quatro pares de arcos branquiais, nos quais, estão presentes os rastros branquiais (situados na superfície interna da curvatura dos arcos) e os filamentos branquiais (dispostos na superfície externa da curvatura) (Figura 15).

Os arcos branquiais I, II, III e IV são formados por dois ramos: o superior, mais curto, e o inferior, mais longo; e diminuem em tamanho do primeiro ao último par, assim como há uma nítida diminuição do ramo inferior.

No estereomicroscópio, os arcos separados e colocados de modo lateral, pode-se observar os rastros muito diminutos, sendo mais notados nos arcos I, II e III.



Figura 13 – Visão lateral da boca e do aparelho branquial faringiano de *S. notonota*.

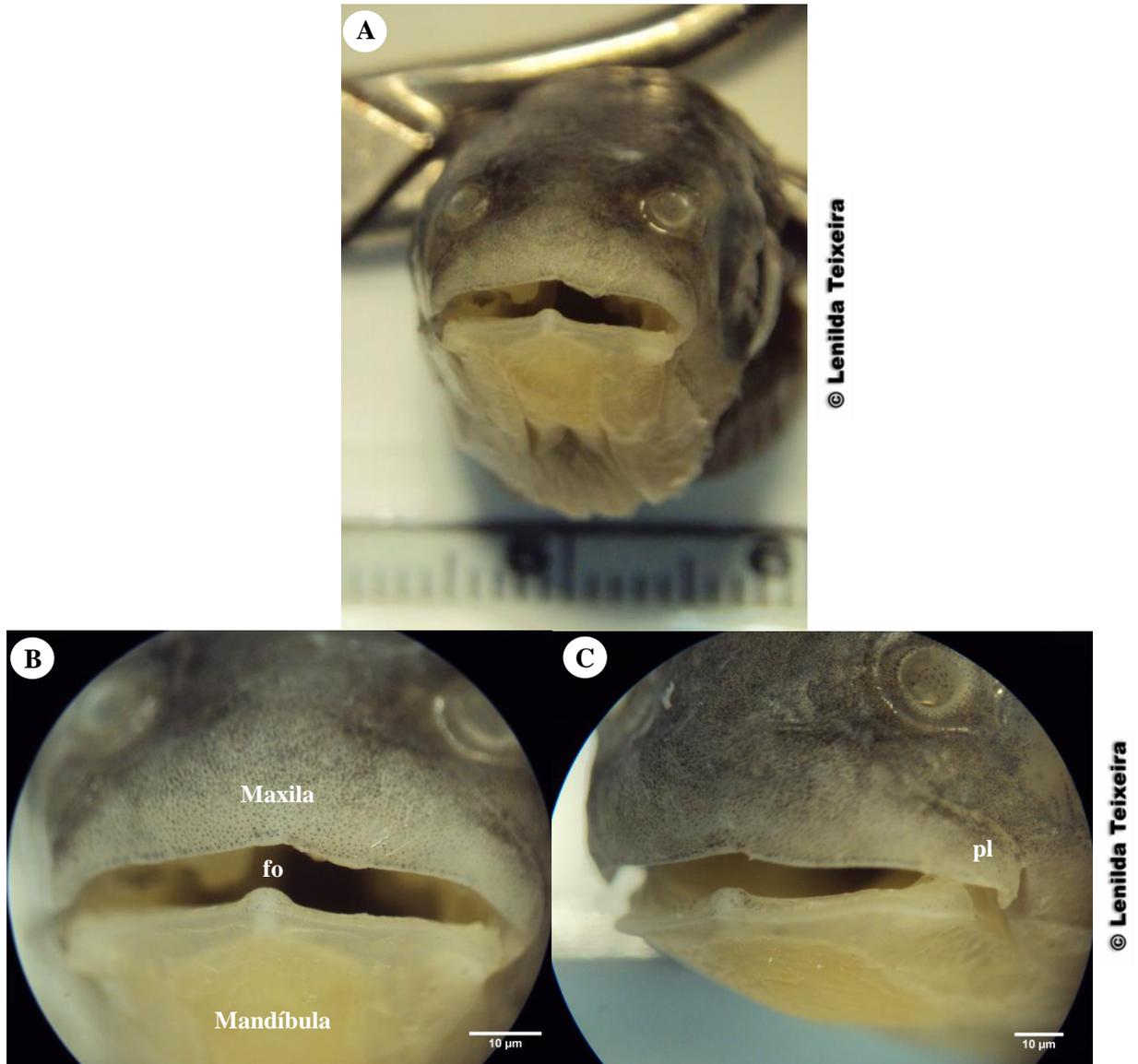


Figura 14 – Boca de *S. notonota*. **A** – Vista frontal; **B** – Vista frontal com maior aumento, evidenciando a fenda oral (fo); **C** – Vista lateral mostrando a prega labial (pl).

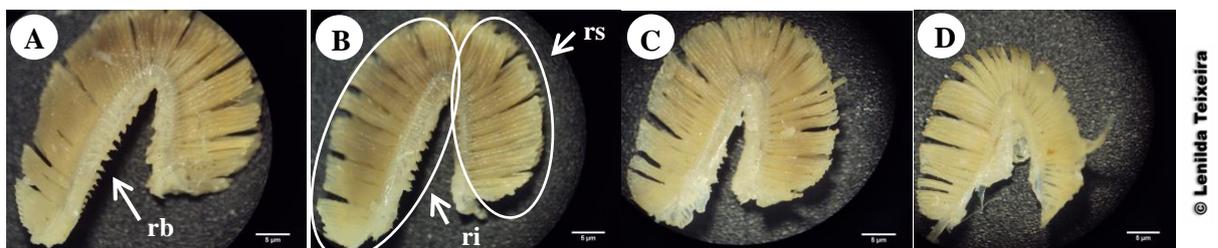


Figura 15 – Os arcos branquiais de *S. notonota*. **A** – arco I, com rastros branquiais (rb); **B** – arco II, evidenciando o ramo superior (rs) e o ramo inferior (ri); **C** – arco III; **D** – arco IV. Barra de escala: 5 µm.

- Vista interna

A cavidade bucofaríngea é caracterizada pela presença da valva oral e de um complexo bucofaríngeo, no teto; com ausência estrutural da língua, no assoalho; sendo totalmente desprovida de dentes; tendo ainda o aparelho branquial faringiano, e o órgão epibrânquial (Figuras 16 a 18).

A região bucal constitui a porção anterior da cavidade bucofaríngea, e situa-se delimitada, cranialmente, pelas bordas livres dos lábios, e caudalmente, pela primeira fenda branquial (tanto no teto como no assoalho).

A região faringiana é constituída, por sua vez, pela porção posterior da cavidade bucofaríngea, sendo delimitada, cranialmente, pela primeira fenda branquial (tanto no teto como no assoalho), e caudalmente, até a inclusão do órgão epibrânquial.

- Região bucal

No teto bucal da cavidade bucofaríngea (Figuras 16 e 17), logo após o lábio superior, encontra-se a valva oral superior (ou maxilar), com forma de arco, no qual, está fixada á maxila por meio da borda anterior ou de inserção; ficando a borda posterior livre, projetada para o interior da cavidade bucal, formando uma condição de barreira; sendo de consistência fina e lisa.

Em seguida, observa-se que o restante da área é ocupado pelas diversas elaborações de tecidos moles, que são modificações dos tecidos da mucosa, ou seja, composta pelos múltiplos corpos carnudos lobulados que formam o complexo bucofaríngeo; e este consistindo em torno de suas quatro principais subunidades anatômicas, que são:

(1) Processos lobulados anteriores (PLA) – são três pregas onduladas orientadas longitudinalmente: uma prega mediana e um par de pregas laterais, na porção mais anterior no teto da cavidade bucal;

(2) Processos lobulados posteriores (PLP) – localizados ventralmente em relação às órbitas (direita e esquerda), são protuberâncias carnudas e/ou corpos lobulados; que ao longo de toda a superfície de sua borda voltada para a cavidade, possuem várias papilas relativamente grandes;

(3) Abas posteromedianas: anterior (APA) e posterior (APP) – são abas carnudas localizados na região imediatamente anterior à área de fixação superior dos primeiros arcos branquiais; e na APA possui na sua borda livre, a presença de pequenas saliências (tipo franjas), no qual, a saliência que está no centro destaca-se por ser ligeiramente maior

(4) Processos lobulados do primeiro e segundo arcos branquiais (PLAB) – são dois corpos separados um do outro por um pequeno espaço, com forma de montes ovóides, localizados na região proximal da área de fixação superior do primeiro e segundo arcos branquiais.

O assoalho bucal é caracterizado como uma superfície lisa.

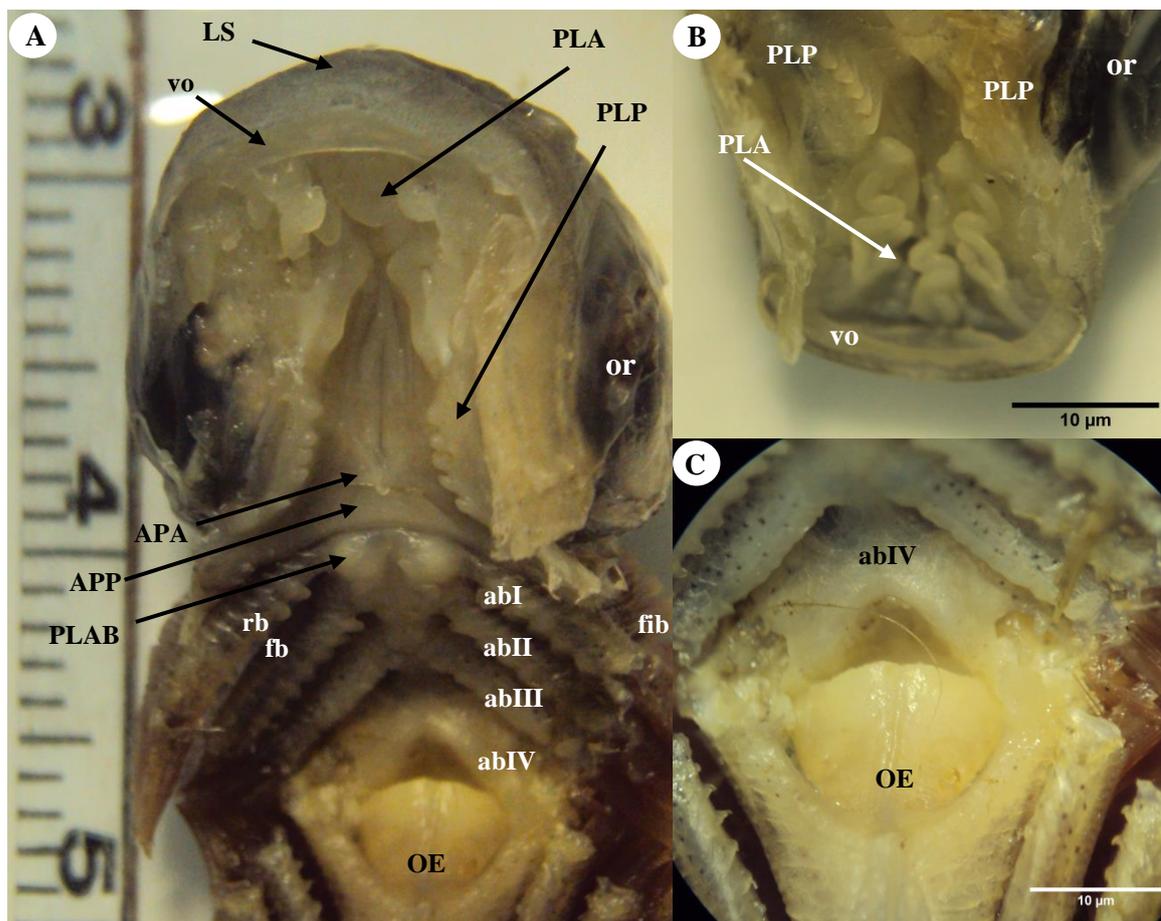


Figura 16 – Vista interna do teto da cavidade bucofaríngea com indicação das estruturas. **A** – Visão geral do complexo bucofaríngeo; **B** e **C** – Visão ampliada de algumas estruturas. **LS** - lábio superior; **vo** - valva oral; **or** - órbita; **PLA** - Processos lobulados anteriores; **PLP** - Processos lobulados posteriores; **APA** - Aba posteromediana anterior; **APP** - Aba posteromediana posterior; **PLAB** - Processos lobulados do primeiro e segundo arcos branquiais; **rb** - rastros branquiais; **fb** - fenda branquial; **fib** - filamentos branquiais; **abI** - arco branquial I; **abII** - arco branquial II; **abIII** - arco branquial III; **abIV** - arco branquial IV; **OE** - órgão epibranchial.

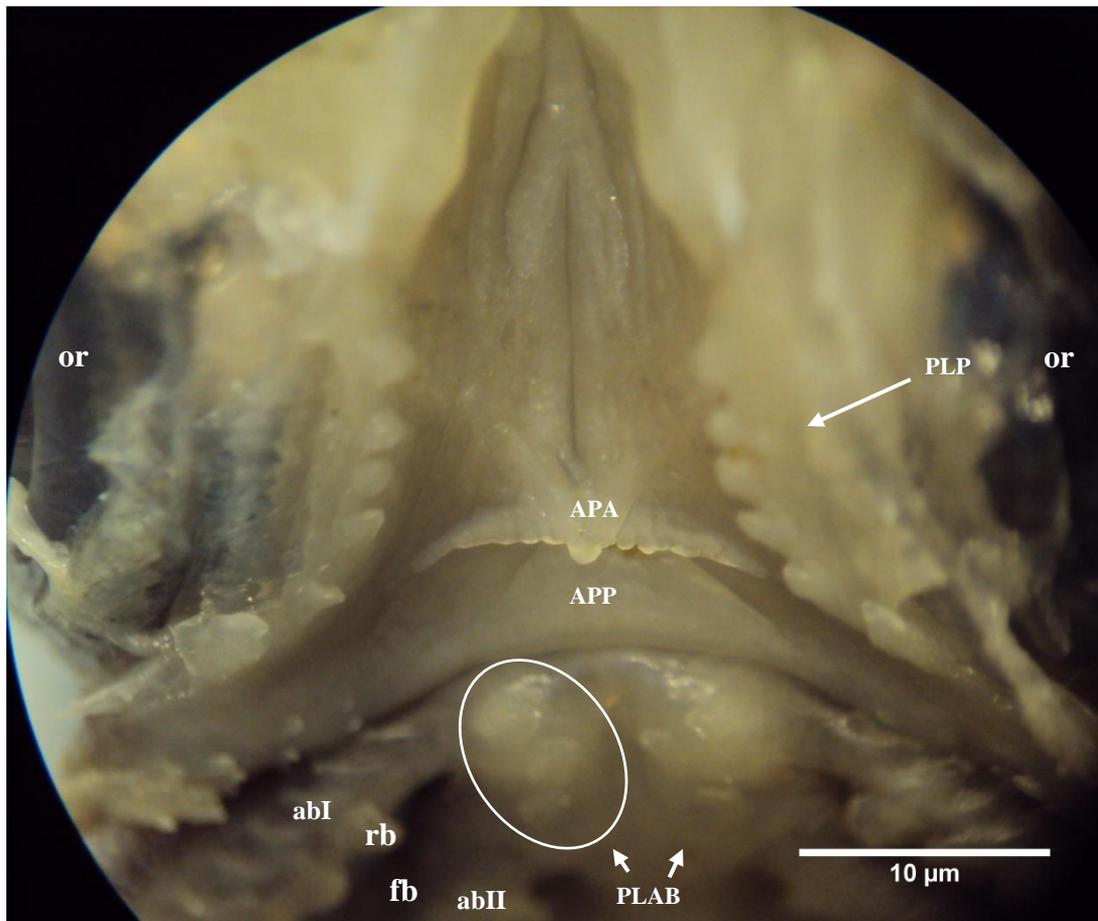


Figura 17 – Visão ampliada do complexo bucofaríngeo com indicação das estruturas. **or** - órbita; **APA** - Aba posteromediana anterior; **APP** - Aba posteromediana posterior; **PLAB** - Processos lobulados do primeiro e segundo arcos branquiais; **rb** - rastros branquiais; **fb** - fenda branquial; **abI** - arco branquial I; **abII** - arco branquial II.

➤ Região faringiana

O aparelho branquial faringiano está situado tanto do teto como do assoalho (Figuras 16 e 18). No teto faringiano estão presentes os ramos superiores dos arcos branquiais, e no assoalho faringiano estão os ramos inferiores; e um espaço central entre os arcos IV está situado o órgão epibrânquial.

No teto faringiano da cavidade bucofaríngea:

Os ramos superiores dos arcos branquiais I, II, III e IV têm duas faces: a lateral (voltada em direção ao opérculo) e a medial (voltada em direção ao interior da cavidade). Nos arcos IV têm as faces laterais, no entanto, uma parte das faces mediais estão unidas.

Os arcos também são formados por duas bordas: a anterior (superfície interna da curvatura), ocorre normalmente a presença dos rastros branquiais, porém, no ramo superior do arco IV não foram evidenciados rastros; e a posterior (superfície externa da curvatura), em que estão inseridos os filamentos branquiais. Todos os rastros são curtos e apresentam uma consistência aparentemente gelatinosa.

Em microscopia eletrônica de varredura foram observados maiores detalhes, somente os rastros do arco II, correspondendo ao seu ramo superior (Figura 19).

O ramo superior do arco II apresenta dois tipos de rastros: os com forma foliácea, com um sulco na região central e a base larga está inserida na borda anterior, ou seja, estes rastros estão todos situados na borda anterior, são distanciados de modo uniforme, e ocorrem em pequeno número; na face medial estão situados os rastros com forma de gancho pontiagudo, dispostos obliquamente (com direção encurvada), e são também distanciados de modo uniforme e estão em pequeno número.

Ao microscópico de luz, estes dois rastros mostraram-se revestidos por epitélio composto por células pavimentosas, com presença de botões gustativos e células mucosas. No rastro com forma de gancho pontiagudo, há vários botões gustativos dispostos em todo o seu comprimento; já no rastro com forma foliácea, observou-se menor número de botões (Figura 20).

No assoalho faringiano da cavidade bucofaríngea:

Os ramos inferiores dos arcos branquiais I, II, III e IV têm duas faces: a lateral e a medial. Nos arcos IV as faces laterais estão livres, porém, uma parte das faces mediais estão unidas.

Esses arcos também são formados por duas bordas: a anterior, na qual, estão os rastros; e a posterior, com os filamentos branquiais.

A microscopia eletrônica de varredura mostrou os detalhes dos rastros dos ramos inferiores dos arcos I, II, III e IV. Na área do assoalho faringiano, nos ramos inferiores, pode-

se visualizar os rastros branquiais, nos quais, são em grande número, sempre pareados e em conjunto e tendo na maioria das vezes os correspondes laterais unidos com os mediais nas bordas anteriores dos arcos; e em maior aumento, possuem a forma cônica com ponta recurvada (Figura 19).

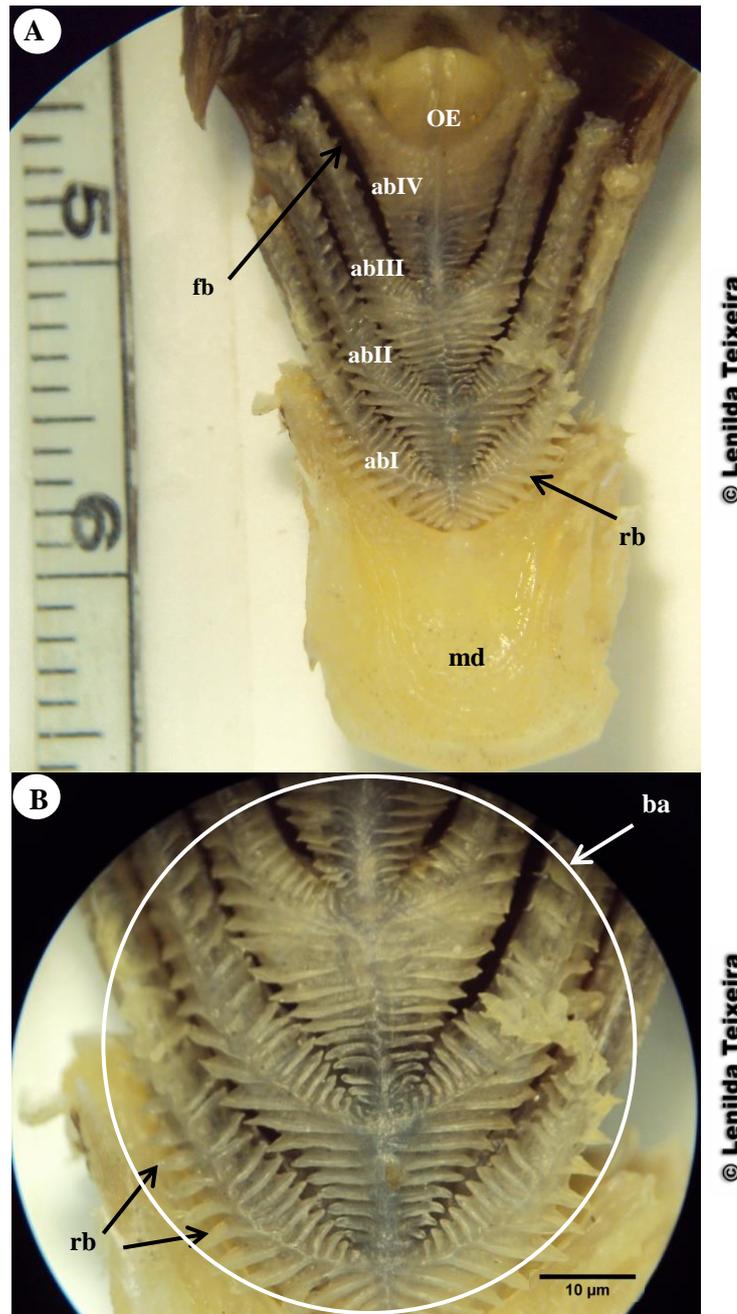


Figura 18 – Vista interna do assoalho da cavidade bucofaríngea com indicação das estruturas. **A** – Visão geral do assoalho; **B** – Visão ampliada do aparelho branquial faringiano. **md** - mandíbula; **rb** - rastros branquiais; **fb** - fenda branquial; **abI** - arco branquial I; **abII** - arco branquial II; **abIII** - arco branquial III; **abIV** - arco branquial IV; **OE** - órgão epibranchial; **ba** - representa o plano das bordas anteriores de cada par dos arcos branquiais.

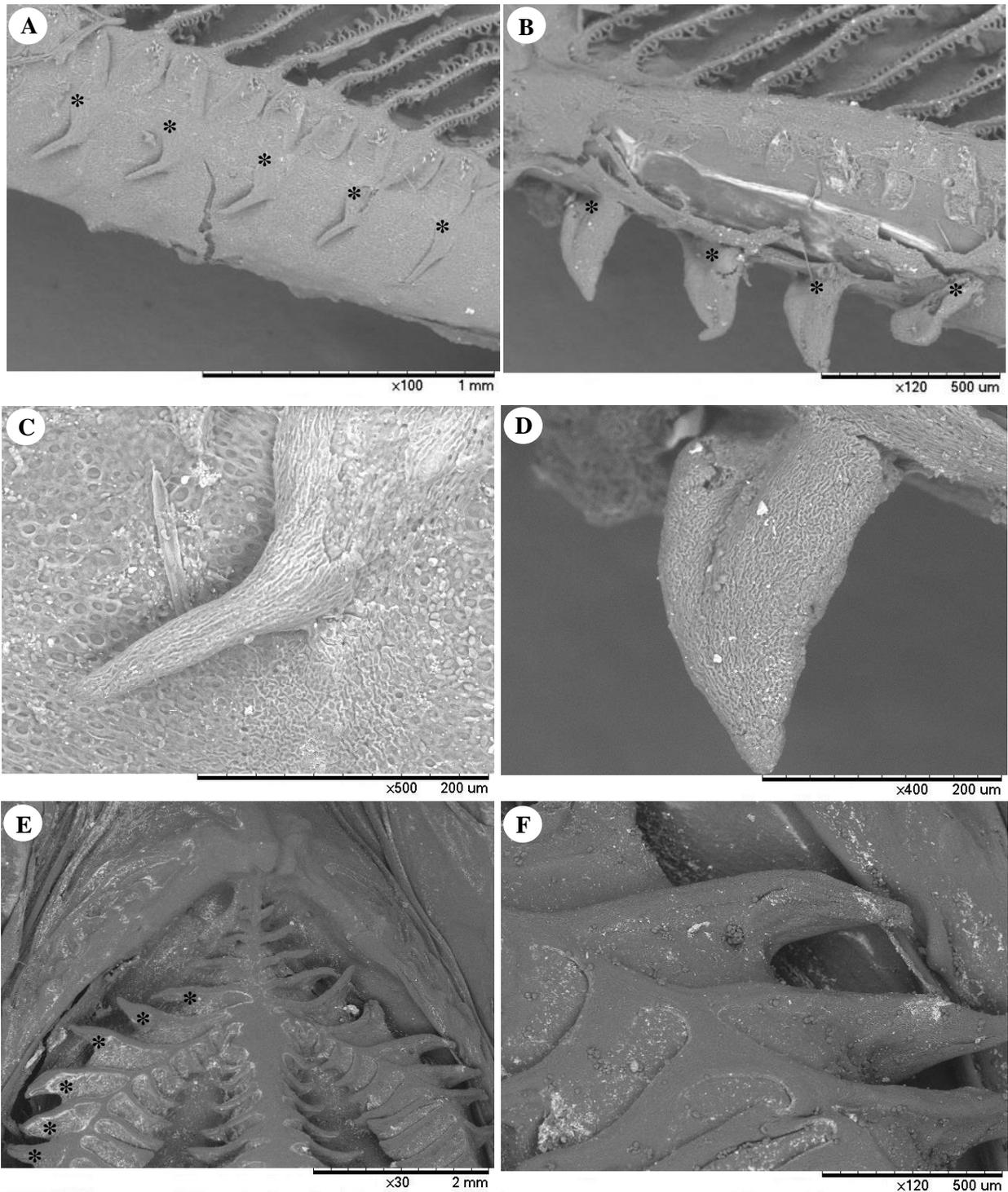


Figura 19 – Rastros branquiais de *S. notonota*. **A** – Ramo superior do arco branquial II situado no teto faringiano, evidenciando os rastros branquiais (*) com forma de gancho pontiagudo, na face medial do arco. **B** – Ramo superior do arco branquial II situado no teto faringiano, os rastros branquiais (*) com forma foliácea, na borda anterior do arco. **C** – Rastro branquial em maior aumento da fig. A. **D** - Rastro branquial em maior aumento da fig. B. **E** - Área do assoalho faringiano, nos ramos inferiores, pode-se visualizar os rastros branquiais (*) inseridos nos arcos. **F** - Rastro branquial da fig. E em maior aumento. MEV.

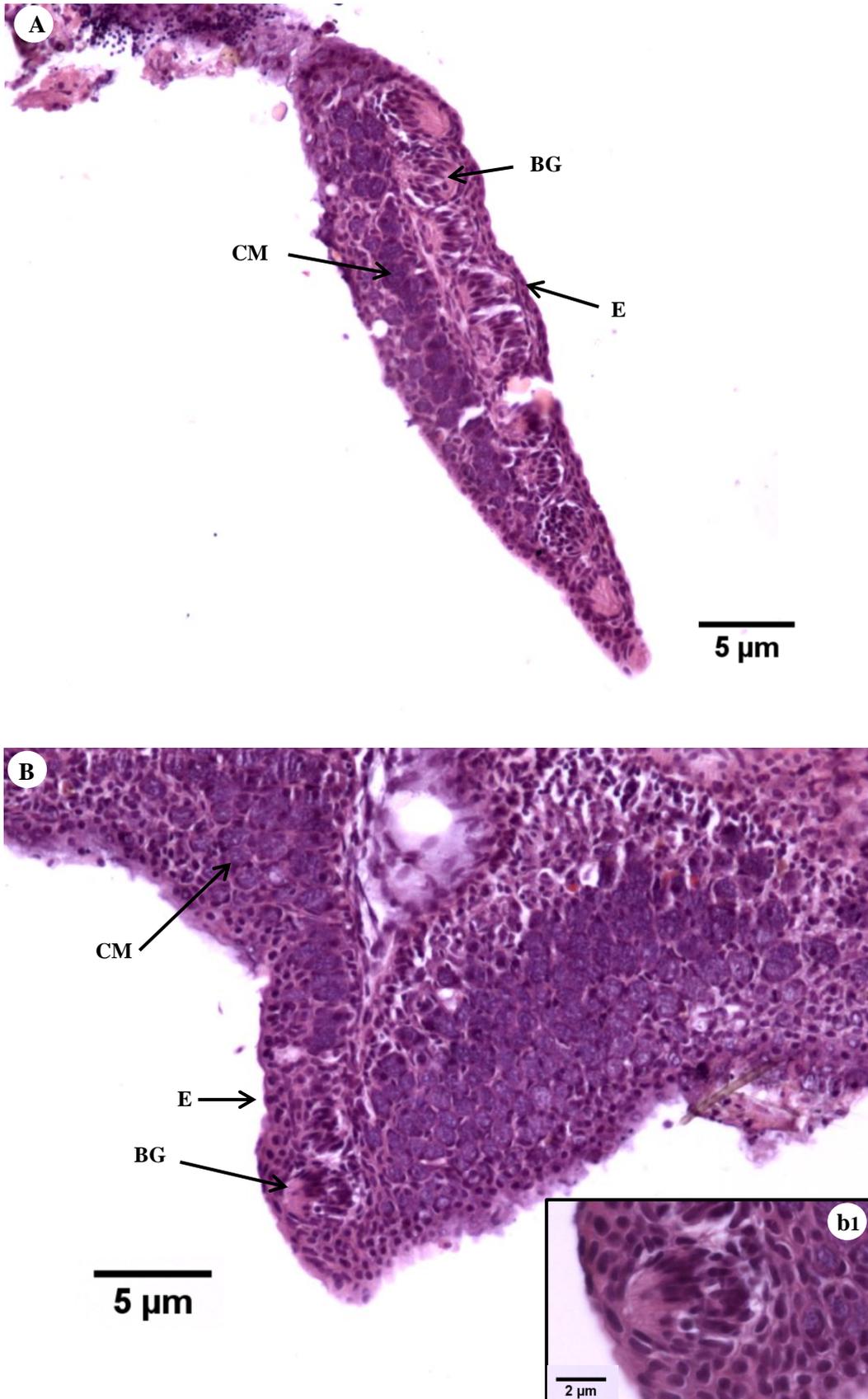


Figura 20 – Corte transversal dos rastos branquiais de *S. notonota*. **A** – Rastro com forma de gancho pontiagudo; **B** – Rastro com forma foliácea. **CM** - Células mucosas; **E** - Epitélio; **BG** - botão gustativo; **b1** – Ampliação do botão gustativo. HE.

O órgão epibrânquial da região faringiana:

O órgão epibrânquial de *S. notonota* é anatomicamente constituído por dois lobos unidos por um istmo (Figura 21).

Na vista posterior, os lobos, direito e esquerdo, estão situados entre os últimos pares dos arcos branquiais, nas laterais e ventralmente a eles. Localizam-se anteriormente ao esôfago. Cada lobo individualmente é um divertículo, com a ponta arredondada. Os lobos apresentam um pequeno espaço entre si na parte mediana, que na maioria das vezes, apresentam distância bem acentuada, e em alguns deles a separação é restrita a apenas um sulco mediano.

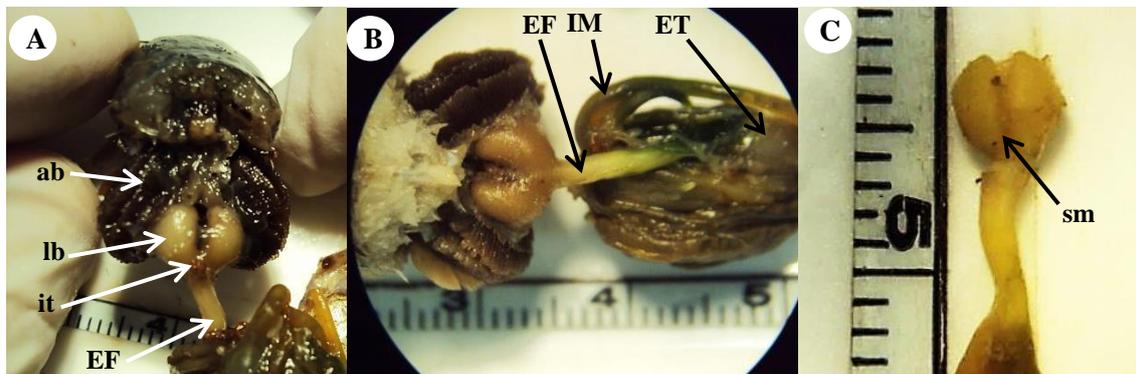


Figura 21 – O órgão epibrânquial de *S. notonota*. **A e B** - Vista posterior do órgão conectado aos últimos pares dos arcos branquiais e ao esôfago. **C**- Evidencia o sulco mediano. ab – arcos branquiais; lb – lobo; it – istmo; EF – esôfago; ET – estômago; IM – Intestino médio; sm – sulco mediano.

No corte transversal, histologicamente (Figura 22 a 24), caracteriza-se por ser um órgão com preenchimento de tecido conjuntivo, apresentando dois tipos de canais: o canal de entrada (presente centralmente em toda a extensão da estrutura) e os canais tributários (dois superiores e dois inferiores). O canal de entrada promove a separação em região superior e região inferior.

O órgão epibrânquial é unido aos arcos por um centro cartilaginoso do tipo hialino nas regiões súpero-laterais. A região ínfero-lateral apresenta feixes nervosos e vasos sanguíneos, nutrindo a estrutura faringiana.

A última camada tecidual é uma serosa que envolve musculatura predominantemente estriada, na região ventral e dorsal. Seu estroma também apresenta abundante tecido adiposo. Internamente apresenta cinco áreas com lúmen (os canais), cujos epitélios são distintos.

- (I) Canal de entrada: possui a forma de monte côncavo com aberturas próximas aos centros cartilagosos. Proporcionam comunicação ao aparelho branquial. A mucosa luminal do canal apresenta epitélio pseudoestratificado mucosecretório com células predominantemente positivas ao PAS, botões gustativos e bastante infiltração linfocitária, suportado em uma membrana basal evidente. A porção inferior da mucosa do canal possui epitélio sobreposto à lamina própria contendo espessa camada adiposa. Já o epitélio superior está apoiado em uma lâmina própria delgada ligada à musculatura estriada esquelética.
- (II) Canais tributários: são dois canais superiores com forma côncava, em anel incompleto, e dois canais inferiores dispostos obliquamente com formato retilíneo. Todos eles orientados lateralmente.

Nos canais dorsais tributários, a mucosa apresenta na região superior papilas delimitadas por criptas com revestimento de epitélio pseudoestratificado com células mucosas que reagem irregularmente ao PAS. As papilas possuem conjuntivo, contendo células que geralmente organizam-se em espiral seguidas da camada muscular estriada; a parte inferior tem a mucosa com epitélio pseudoestratificado com bastantes células mucosas positivas ao PAS, o que indica a grande ação secretória do epitélio. Diferente do epitélio da região superior.

Nos canais ventrais, são observadas as mesmas características histológicas, porém, ocorre a inversão do posicionamento das mucosas, cujas papilas estão na região inferior.

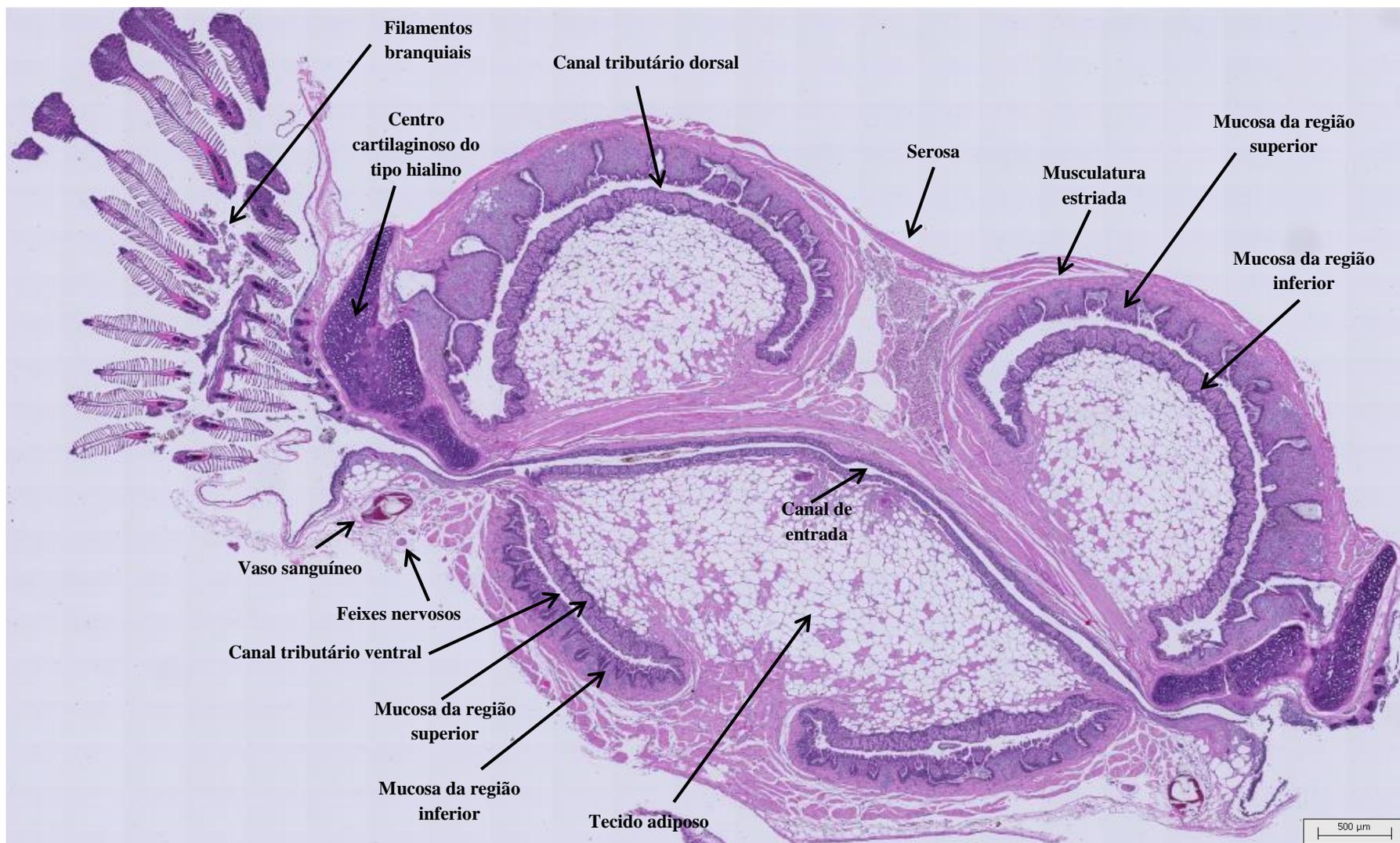


Figura 22 – Visão panorâmica do órgão epibranquial de *S. notonota*, em corte transversal. HE.

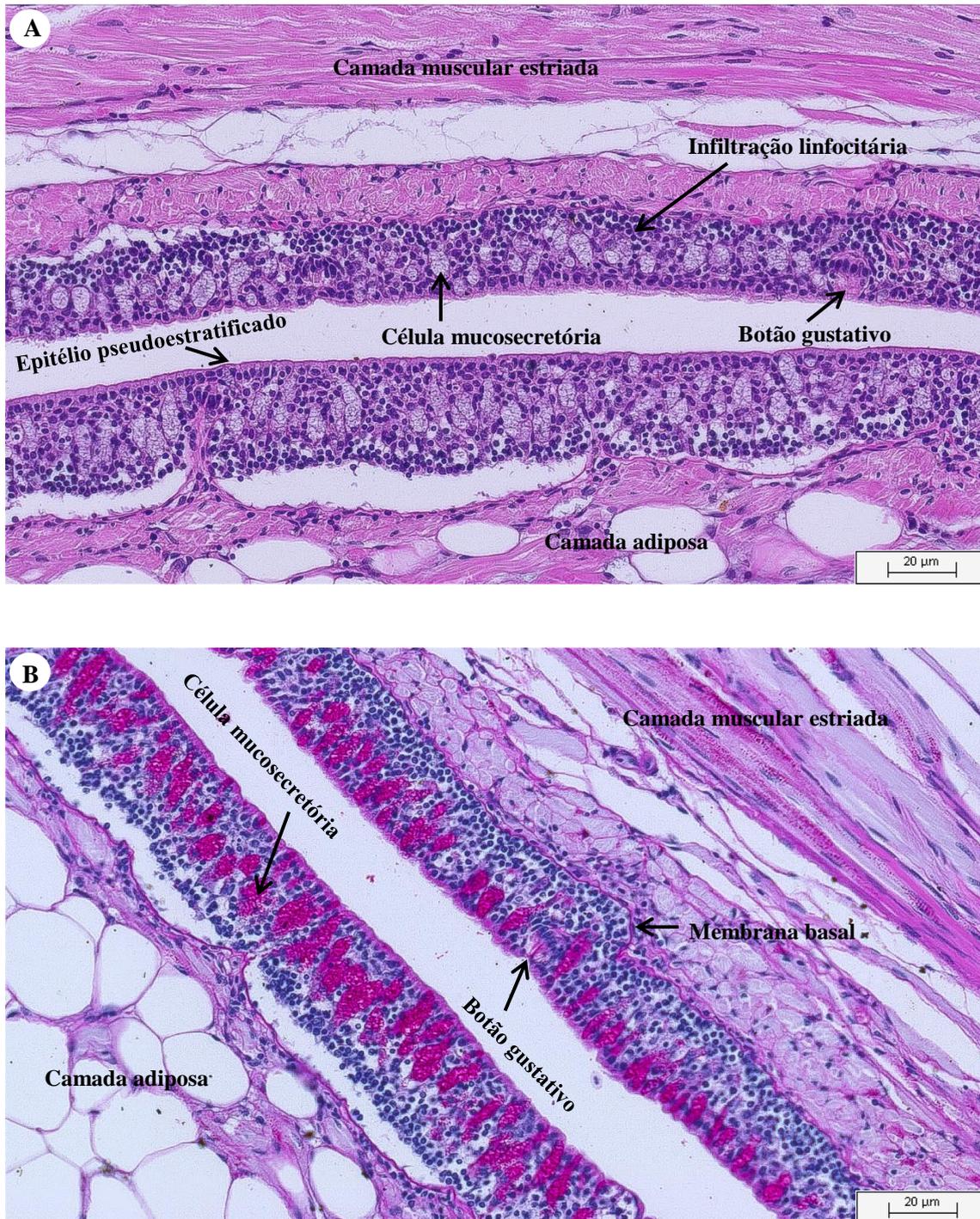


Figura 23 – Visão ampliada do canal de entrada do órgão epibranquial com indicação das estruturas. **A** – Coloração em HE; **B** – Coloração em PAS.

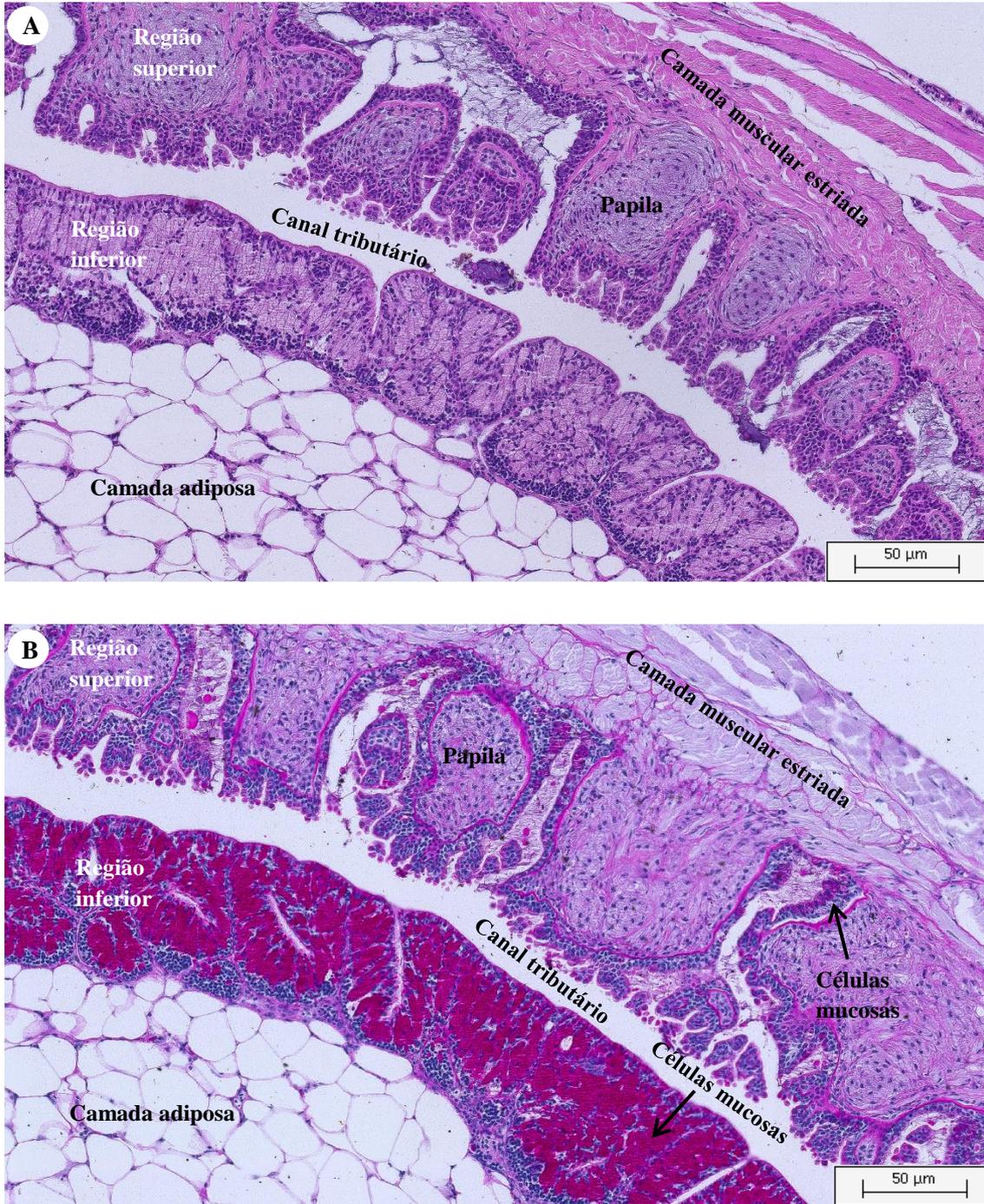


Figura 24 – Visão ampliada do canal tributário dorsal com indicação das estruturas. **A** – Coloração em HE. **B** – Coloração em PAS.

5.2 CAVIDADE PERITONEAL

A cavidade peritoneal de *S. notonota* possui um tamanho relativamente pequeno, ao comparar-se com sua massa muscular (Figura 25).

Os espécimes analisados estavam em estágio avançado de maturação gonadal. Na caracterização macroscópica dos pares de gônadas femininas e masculinas, estas preenchem uma ampla parte da cavidade peritoneal, de ambos os lados direito e esquerdo. Nas fêmeas, as gônadas tinham coloração amarelada, muito volumosas, com um grande número de oócitos visíveis a olho nu, e vasos sanguíneos evidentes. Já nos machos, as gônadas eram também grandes e tinham aspecto leitosas-esbranquiçadas.



Figura 25 – Espécime adulta de *S. notonota*, evidenciando a gônada feminina na cavidade peritoneal.

Os órgãos do tubo digestório *in situ* são comprimidos pelas gônadas, o intestino anterior está envolvido pelo intestino médio. Este apresenta suas alças intestinais enroladas sobre si mesmas de forma espiralada, no qual, está situado mais cranialmente na cavidade peritoneal, e ventralmente à bexiga natatória; por isso, os órgãos não preenchem totalmente a cavidade. E o intestino posterior desemboca no ânus, caudalmente, próximo à nadadeira anal (Figura 26).

Em vista ventral, o intestino médio com as partes anterior e média, sendo mais volumosas do que a parte posterior; no qual, está conformação anatômica é em relação aos machos, pois o padrão de enovelamento é maior do que nas fêmeas, e que na maioria das vezes, envolve totalmente o intestino anterior (esôfago e estômago). Apenas com a retirada

dos órgãos da cavidade peritoneal e com o desenrolamento das alças intestinais, é possível a visualização dos demais componentes do tubo digestório (Figura 27).

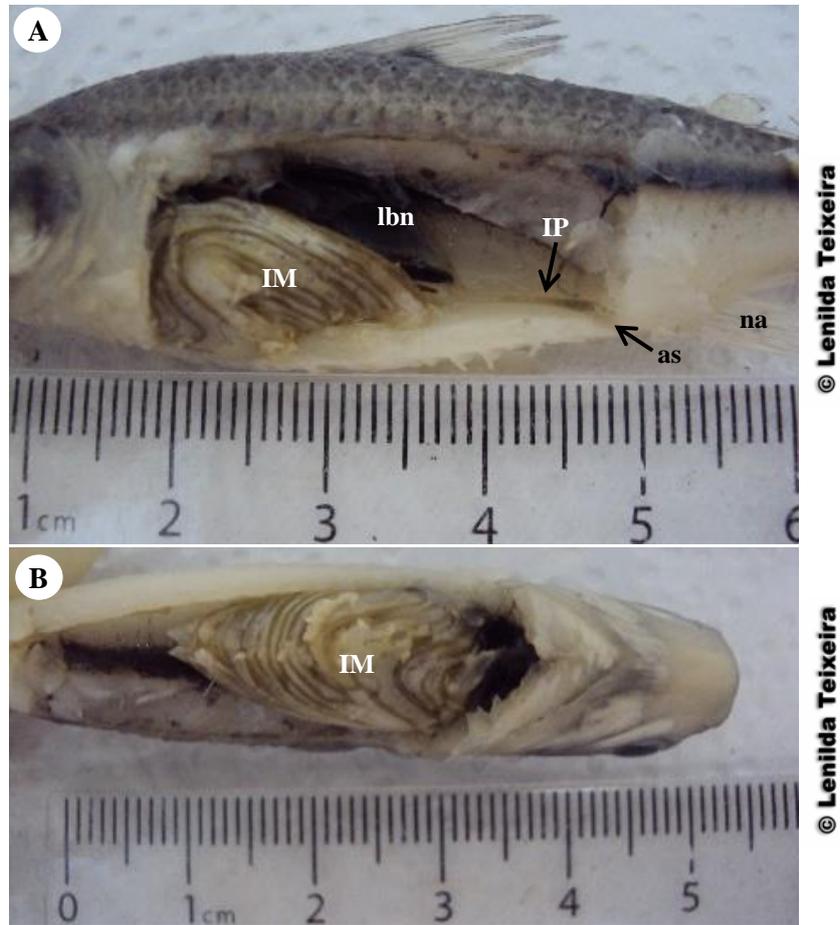


Figura 26 – Cavidade peritoneal de *S. notonota*. **A** – Vista lateral; **B** – Vista ventral. **IM** – Intestino médio enovelado; **IP** – intestino posterior; **lbn** – local da bexiga natatória; **as** – ânus; **na** – nadadeira anal.

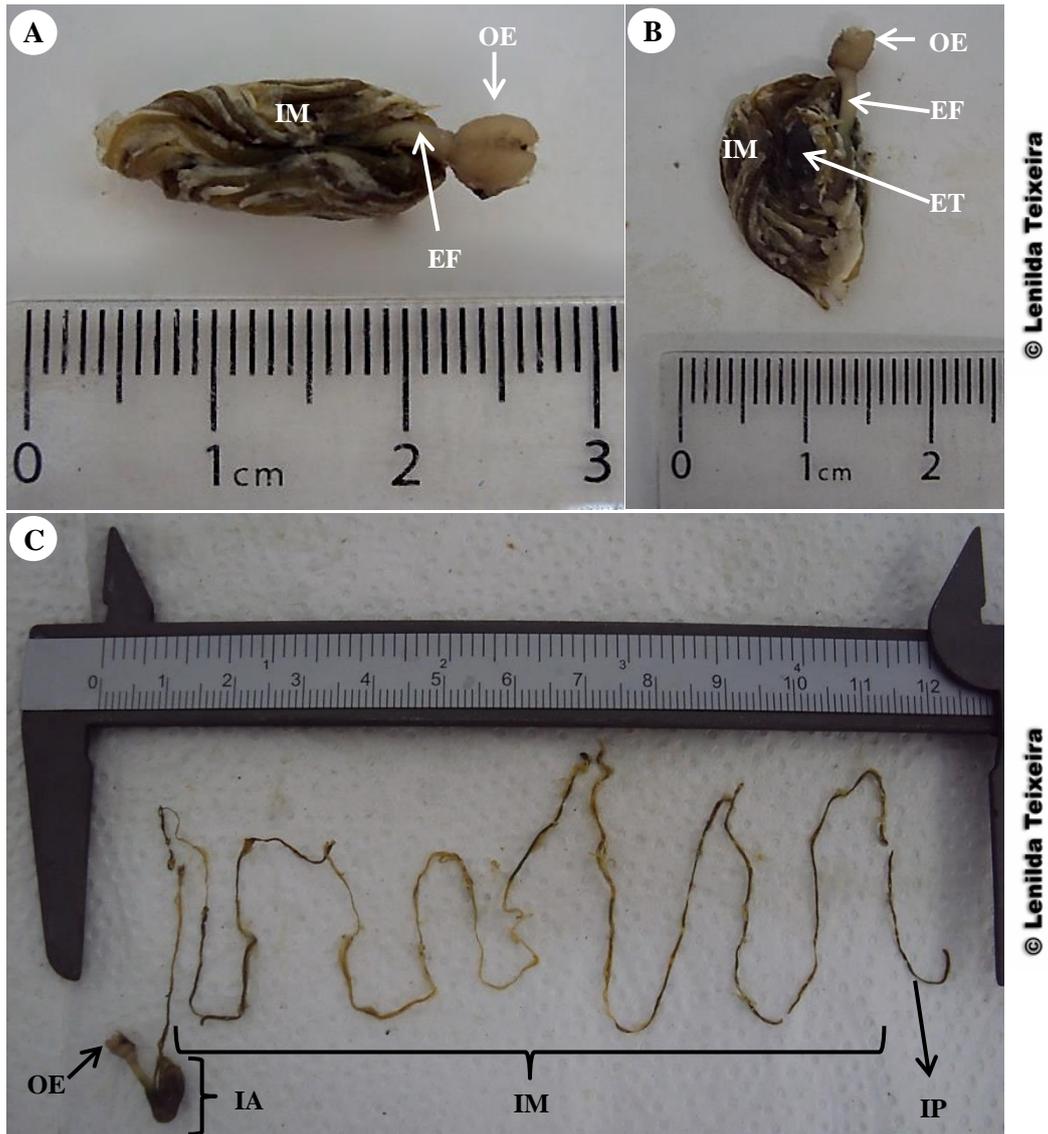


Figura 27 – Parte do trato digestório de *S. notonota* com indicação das estruturas (A, B e C). OE – órgão epibranquial; EF – esôfago; ET – estômago; IA – intestino anterior; IM – intestino médio; IP – intestino posterior.

5.3 INTESTINO ANTERIOR

Esôfago

O esôfago é um órgão tubular que possibilita a ligação da cavidade bucofaríngea ao estômago, por conectar-se aos órgãos epibrânquiais, e deste modo, permite a passagem do alimento. É uma estrutura cilíndrica, curta e de pequeno diâmetro.

A parede esofágica é pouco espessa, contudo elástica, e sua superfície interna apresenta pequenas pregas longitudinais paralelas entre si, contínuas à luz do órgão. Não há ocorrência de esfíncter entre o esôfago e estômago, contudo, anatomicamente nesta transição, existe um pequeno aumento na largura, e mudança de coloração, sendo a coloração amarelada no esôfago e marrom no estômago, e entre os órgãos geralmente existe a coloração verde, indicando alimento de origem vegetal (Figura 28).

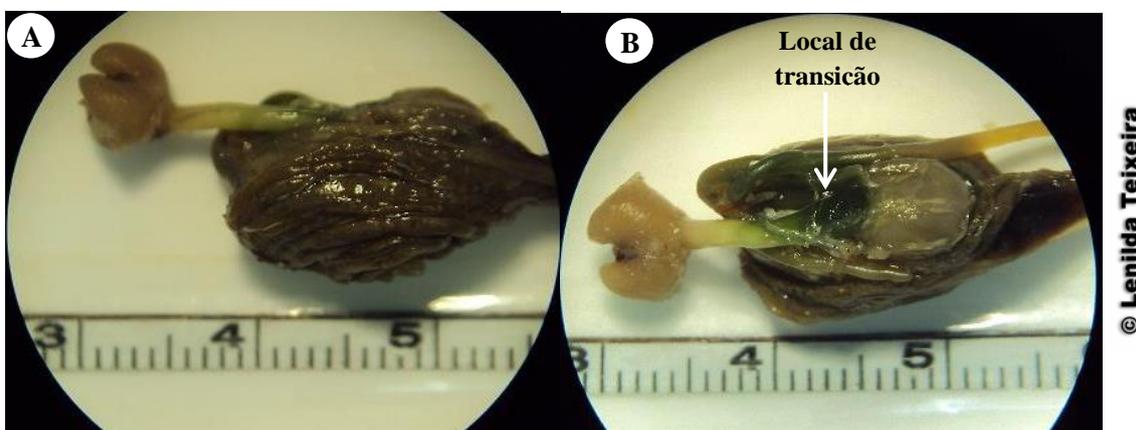


Figura 28 – Parte do trato digestório de *S. notonota*, evidenciando o esôfago (A) e o local de transição entre o esôfago e o estômago (B).

Histologicamente, a mucosa que origina as pregas esofágicas é constituída por um epitélio pseudoestratificado, não sendo evidenciada em nenhum momento a muscular da mucosa (Figura 29). O epitélio que reveste o esôfago é composto de células superficiais, por vezes pavimentosas, outras em maioria, cúbicas; e numerosas células secretoras. As células secretoras estão situadas entre as células superficiais, embora em alguns cortes, sejam

visualizadas sobrepostas à essas células. As células secretoras apresentam-se grandes e claras com núcleo achatado verticalmente entre os limites celulares ou na porção basal da célula. Na porção apical, há poros que se abrem entre as células superficiais. Estas células reagem regularmente ao PAS, e suas secreções parecem estar envolvidas com o deslocamento do alimento do esôfago ao estômago por serem mucosas.

A Submucosa é aglandular e rica em células adiposas.

A camada muscular do esôfago é formada por duas subcamadas musculares, uma interna circular e uma externa longitudinal, em ambas predominam fibras estriadas esqueléticas, mas fibras musculares lisas irão predominar na porção posterior do órgão, próximo ao estômago.

Envolve externamente o esôfago uma serosa constituída de tecido conjuntivo frouxo, apresentando alguns feixes nervosos e pequenos vasos, delimitada pelo mesotélio.

Microscopicamente, a transição do esôfago para o estômago, ocorre uma brusca substituição do epitélio pseudoestratificado esofágico, pelo epitélio cilíndrico simples estomacal (Figura 30).

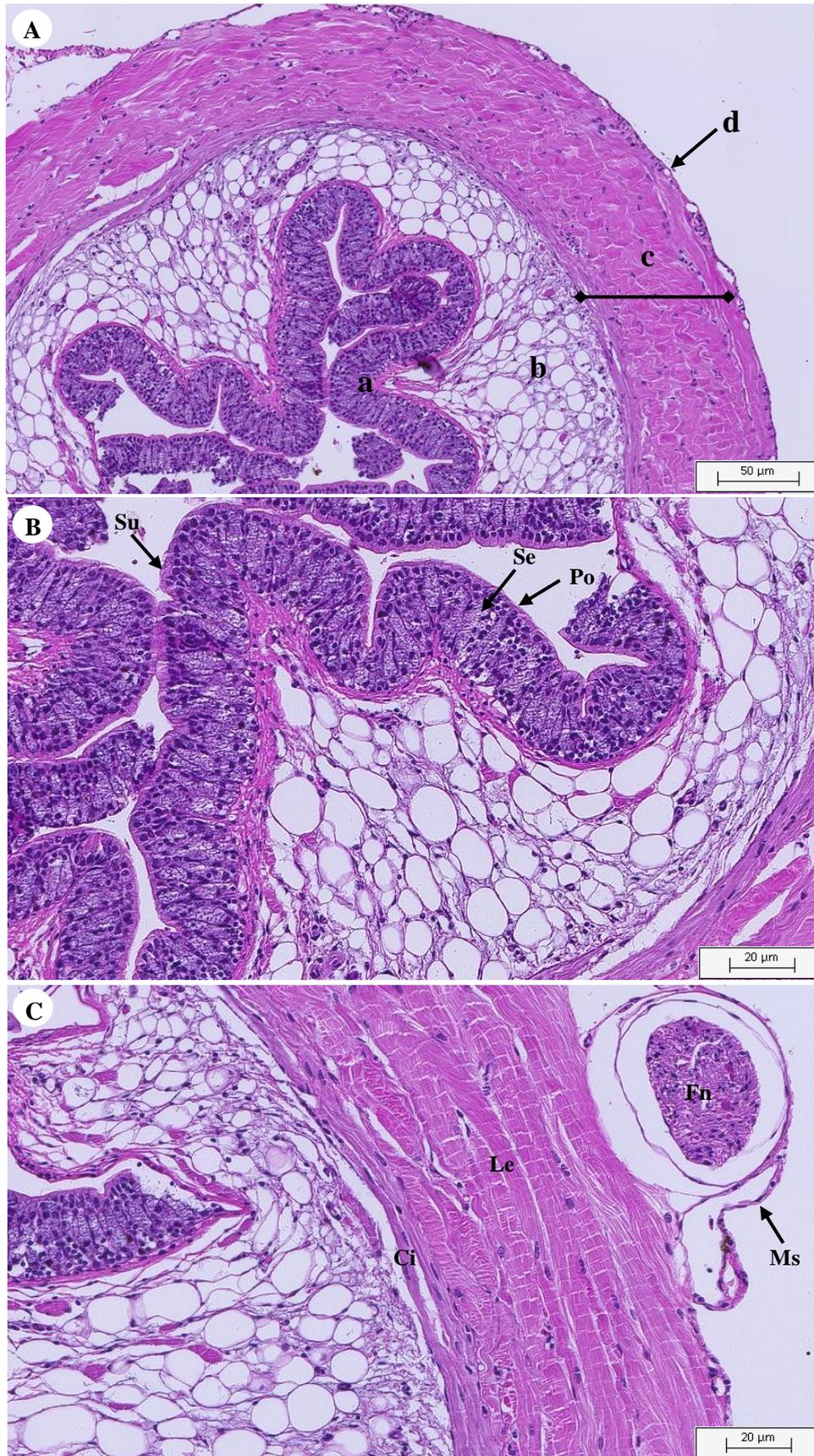


Figura 29 – Esôfago de *S. notonota*. **A** – Camadas: **a**) Prega esofágica, **b**) Submucosa, **c**) Muscular, **d**) Serosa; **B** – Epitélio pseudoestratificado: **Su**) Células superficiais, **Se**) Células secretoras, **Po** – poro da célula secretora. **C** – Camada muscular: **Ci**) circular interna, **Le**) Longitudinal externa; **Fn**) feixe nervoso; **Ms**) Mesotélio da serosa. HE.

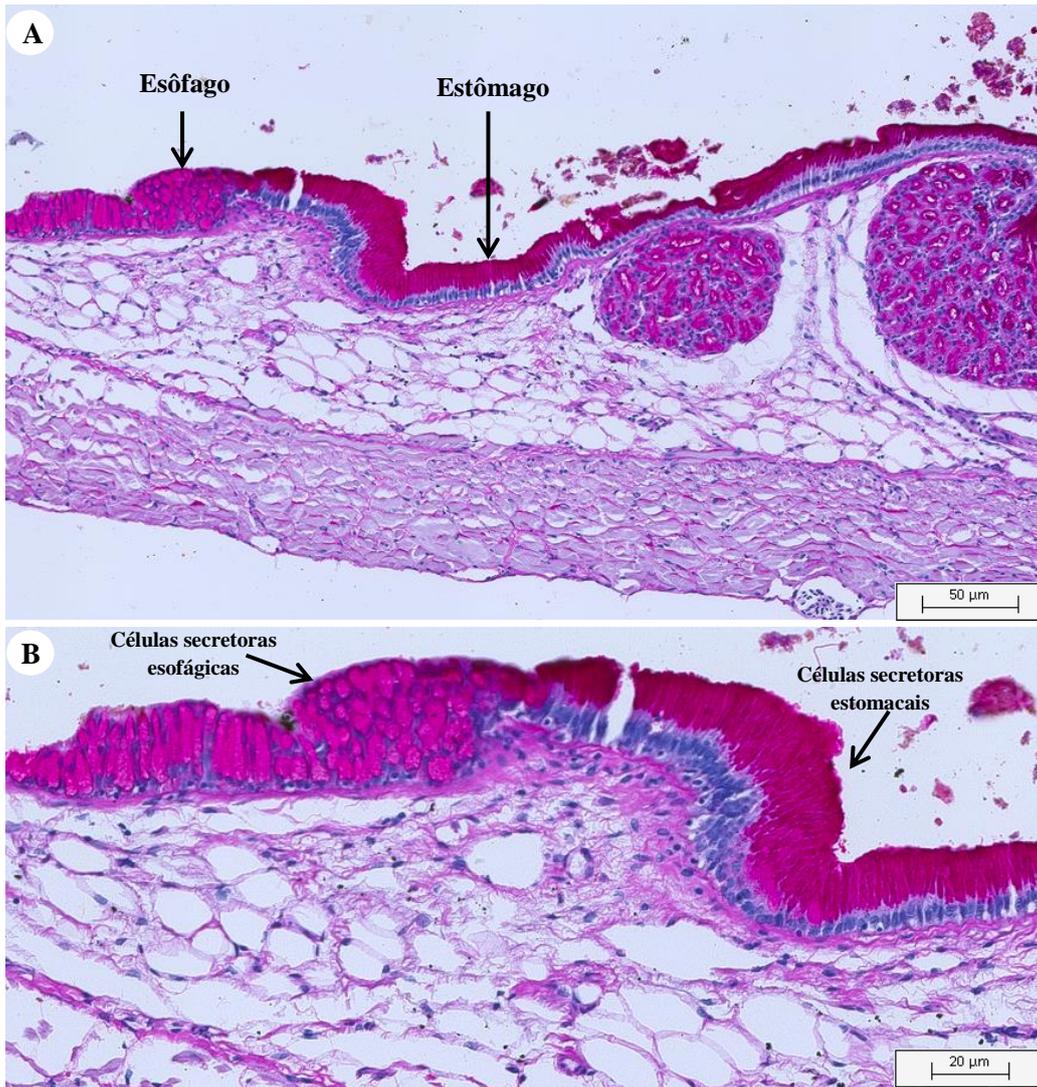


Figura 30 – Transição do epitélio esofágico para estomacal de *S. notonota*. **A** – Epitélio pseudoestratificado esofágico e epitélio cilíndrico simples estomacal; **B** – Maior aumento evidenciando as células secretoras do esôfago e do estômago da região cárdica. PAS.

Estômago

O estômago tem formato de “U” e apresenta três regiões: a primeira, ligada diretamente ao esôfago, apresenta paredes delgadas e aparência saculiforme, é denominada de região cárdica, responsável pelo início da digestão do alimento. A segunda, região fúndica, também sacular, é encurvada, em fundo cego, com paredes mais distendidas, relacionada também com digestão química, porém em menor intensidade ao comparar-se com a cárdica. A terceira região, conectada à fúndica, tem formato periforme (pêra), possui paredes muito espessas e rígidas, sendo o estômago mecânico (moela), denominado região pilórica, que está envolvida na trituração do alimento, mediante a quebra por ação mecânica. Na parte cranial da região pilórica, existe uma acentuada constrição, que corresponde ao esfíncter pilórico, cuja região está conectada à bolsa cecal, que na sua porção inicial evaginam os cecos pilóricos, ficando sobrepostos no estômago; e sua porção final sofre uma curvatura (parte espessa) e em seguida é contínua ao intestino médio (Figura 31).

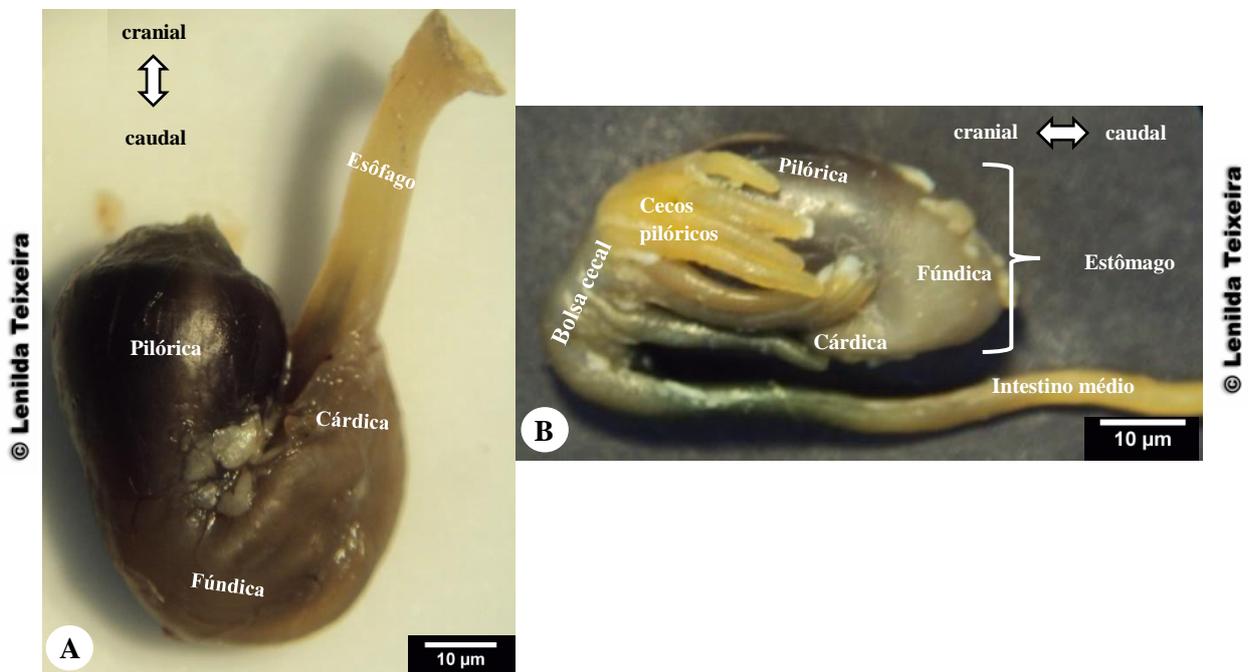


Figura 31 – Imagens macroscópicas do esôfago, das regiões do estômago e o início do intestino médio, com indicação das estruturas (A e B).

Histologicamente, o revestimento epitelial em toda extensão do estômago em *S. notonota* é do tipo cilíndrico simples mucossecretor. As células secretoras cilíndricas são predominantes e homogeneamente distribuídas por toda a luz do órgão, equivalendo-se em forma e tamanho. São PAS positivas com grânulos de secreção bem visíveis situados na porção mediano-apical. Estas células possuem núcleo esférico e localizado na porção basal da célula. Criptas ou fossetas gástricas estão dispostas regularmente por toda a mucosa, diferenciando-se em número, tamanho e profundidade dependendo da região considerada. São invaginações do epitélio de revestimento para dentro da lâmina própria que estabelecem ligação com a porção secretora das glândulas tubulares gástricas.

As glândulas gástricas quando presentes localizam-se sempre na lâmina própria. As células que as compõem não foram classificadas, devido à necessidade de colorações mais específicas.

A muscular da mucosa e a submucosa do estômago de *S. notonota*, não são evidenciadas em nenhuma das regiões deste órgão.

A camada muscular do estômago, ao contrário do esôfago, apresenta uma camada interna com fibras musculares lisas orientadas longitudinalmente, e outra externa, com fibras orientadas circularmente.

Externamente à camada muscular situa-se a serosa, formada de uma fina camada de tecido conjuntivo, quase imperceptível, sobre a qual repousa o mesotélio.

Cada região do estômago apresenta organização histológica diferenciada, devido ao desenvolvimento de funções fisiológicas características de cada porção. Sendo desse modo, cada região descrita separadamente a seguir:

Região cárdica - Possui mucosa muito desenvolvida, com numerosas fossetas gástricas de pequena profundidade e glândulas tubulares gástricas longas, ocupando toda a lâmina própria. Apresenta camada muscular longitudinal interna, e externa circular, recobrimdo-a está a camada serosa, que é pouco vascularizada (Figura 32).

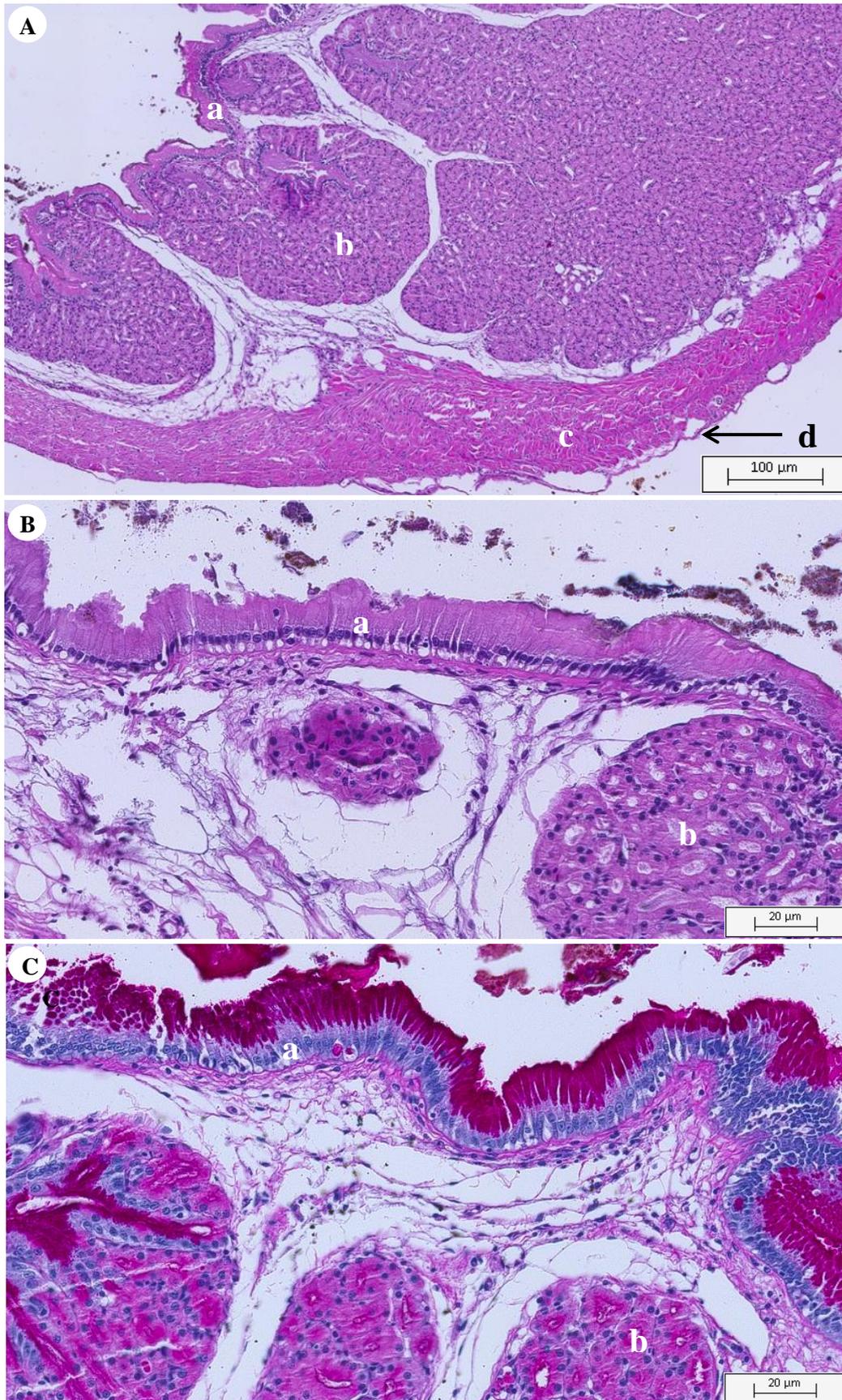


Figura 32 – Região cárdica estomacal de *S. notonota*. **A e B** – Coloração em HE; **C** – Coloração em PAS. **a)** Epitélio cilíndrico simples mucossecretor, cujas células secretoras são PAS positivas; **b)** Glândula tubular; **c)** Camada muscular; **d)** Serosa.

Região Fúndica - Células mucossecretoras do seu epitélio demonstram alta atividade através do PAS, a ponto de ser formada uma camada de muco muito espessa revestindo a luz nesta porção, o que não acontece na região cárdica onde existe pouco muco. Essa camada de muco se torna mais acentuada no estômago pilórico. Nesta região, as fossetas encontram-se mais profundas, enquanto as glândulas gástricas são mais curtas; ambas em menor quantidade do que na região cárdica. Não foram visualizadas separadamente: muscular da mucosa, submucosa e nem muscular longitudinal, contudo é bem evidente a camada muscular lisa circular, muito desenvolvida (Figura 33).

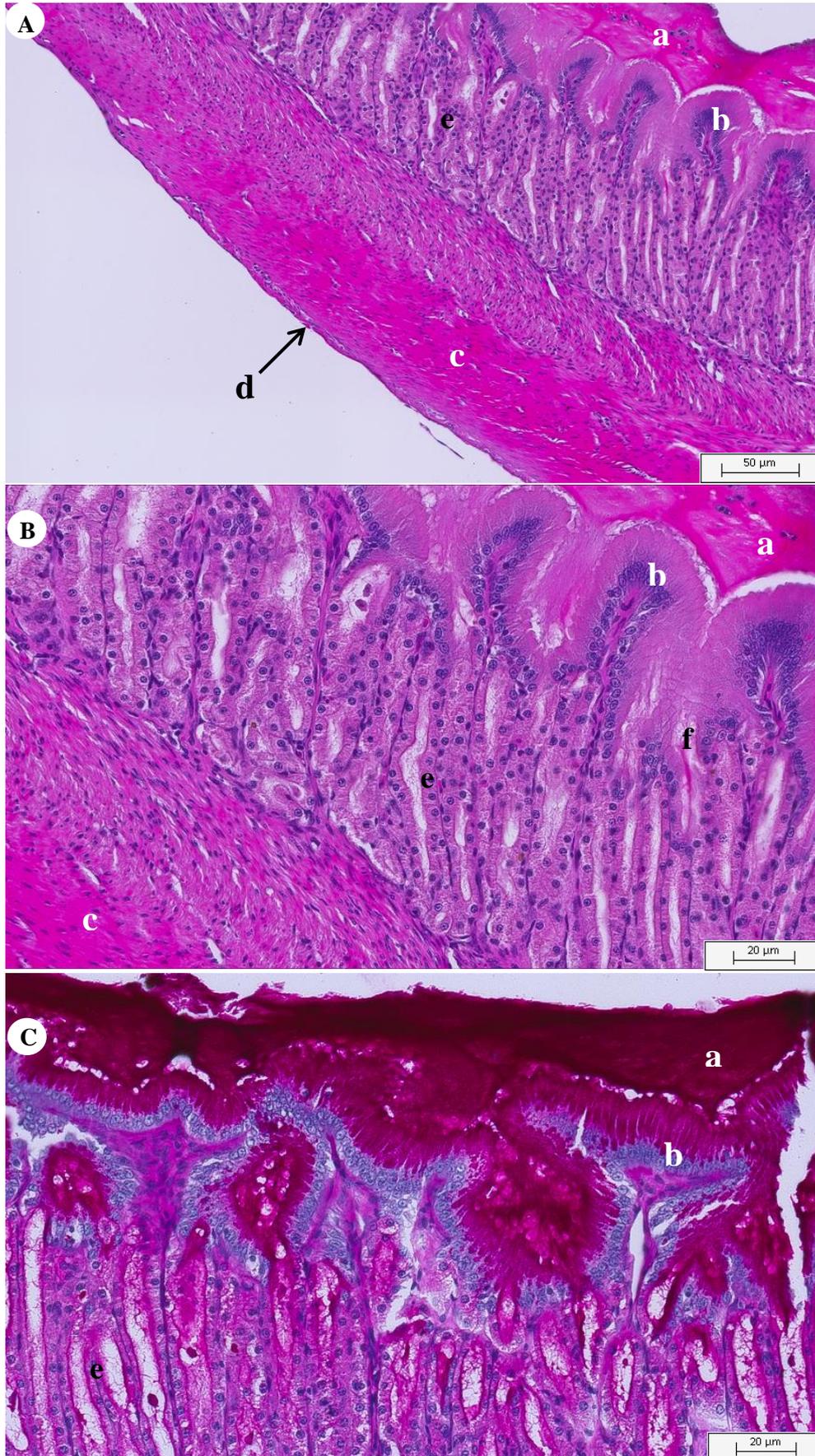


Figura 33 – Região fúndica estomacal. **A e B** – HE; **C** – PAS. **a)** Camada de muco; **b)** Epitélio cilíndrico simples mucossecretor (células secretoras PAS positivas); **c)** Camada muscular; **d)** Serosa; **e)** Glândula gástrica; **f)** Fosseta gástrica.

Região pilórica - Apresenta cobrindo a superfície luminal uma camada de muco excepcionalmente mais desenvolvida que nas regiões anteriores. A mucosa desta porção juntamente com a muscular circular forma de quatro a seis grandes pregas primárias longitudinais que tornam a luz do órgão reduzida. O epitélio de revestimento recobre pequenas pregas secundárias, e não origina criptas. Não há muscular da mucosa, observando-se apenas o conjuntivo da lâmina própria, que constitui as pregas secundárias conectadas diretamente à camada muscular. Na lâmina própria, as glândulas gástricas não são encontradas, apenas existem alguns vasos. A camada muscular hipertrofiada constitui aproximadamente três quartos da parede do estômago pilórico, é formada predominantemente de fibras musculares lisas dispostas circularmente com abundante vascularização. A camada longitudinal não é evidenciada. Recobre o órgão uma serosa muito delgada (Figuras 34 e 35).

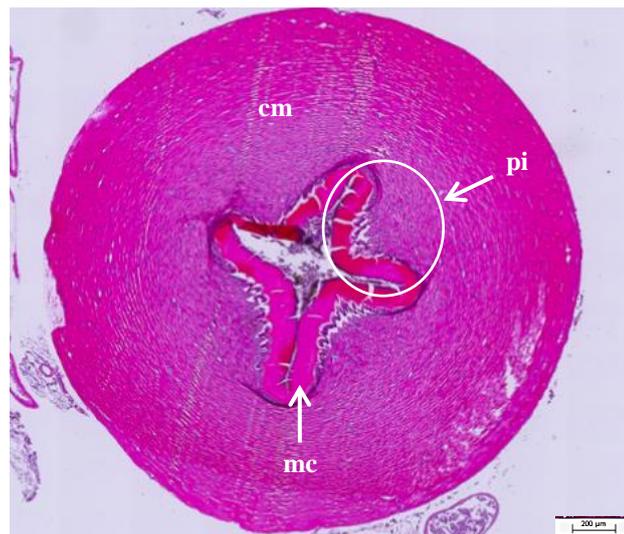


Figura 34 – Visão panorâmica da região pilórica do estômago de *S. notonota*. **mc** – muco; **pi** – prega primária; **cm** – camada muscular. HE. Barra: 200 µm.



Figura 35 – Região pilórica estomacal de *S. notonota*. **A e B** – HE; **C** – PAS. **a)** Muco; **b)** Epitélio cilíndrico simples mucossecrator, cujas células secretoras são PAS positivas; **c)** Camada muscular; **d)** Serosa; **ps)** Prega secundária; **vs)** Vaso sanguíneo.

5.4 INTESTINO MÉDIO

O intestino é típico de peixes iliófagos, muito longo e fino, intensamente enovelado, formando um espiral, com suas circunvoluções das alças intestinais unidas por tecido adiposo (Figura 36).

O intestino médio é contínuo ao intestino posterior, formando um longo tubo cilíndrico, no qual, a distinção morfológica apenas é evidenciada microscopicamente. A bolsa cecal e os cecos pilóricos fazem parte do intestino médio.

A análise histológica do intestino médio demonstrou dois tipos de regiões, sendo subdividido em dois segmentos: o segmento intestinal proximal (parte inicial contínua à bolsa cecal) e o segmento intestinal distal (apresenta maior comprimento e é contínuo ao intestino posterior).

Na figura 36, pode-se notar macroscopicamente uma prega helicoidal disposta internamente do tubo intestinal, na qual, foi observada tanto no intestino médio como no intestino posterior.

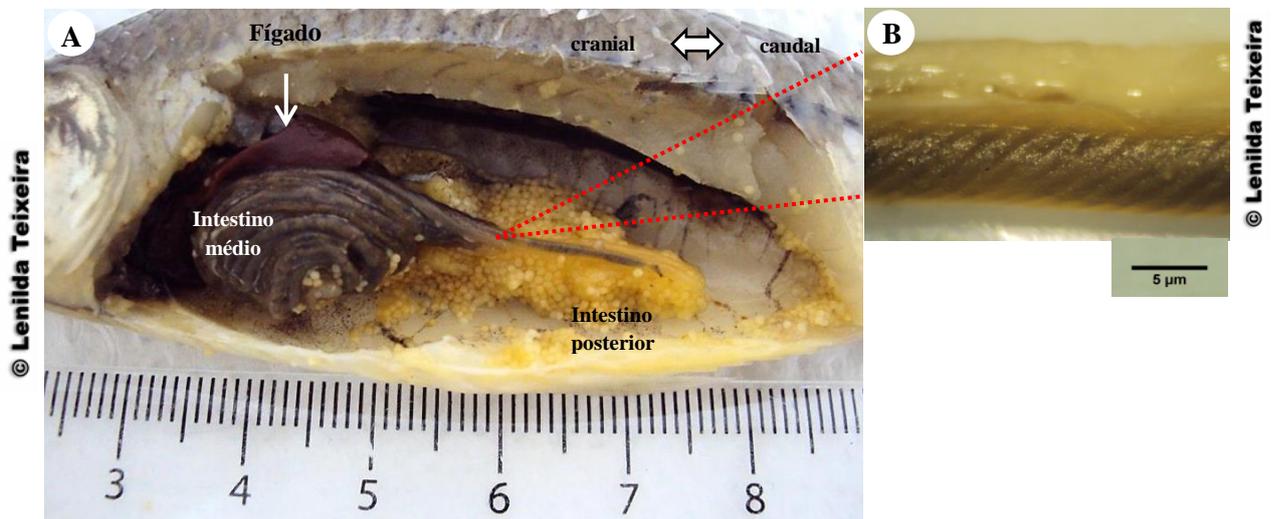


Figura 36 – Imagem do intestino médio e no intestino posterior (A) e a prega helicoidal interna no tubo intestinal (B).

Bolsa cecal

A bolsa cecal possui pregas mucosas sendo o epitélio cilíndrico simples, com enterócitos e pouquíssimas células caliciformes positivas ao PAS. A camada mucosa está situada acima da submucosa, após esta segue a camada muscular circular lisa, e parte envolvida pela serosa. Como a bolsa está conectada sobre o esfíncter pilórico, microscopicamente foi possível a visualização da ligação destas estruturas (Figura 37), porém possivelmente existe compartilhamento da camada muscular externa, pois não foi visualizada a adventícia.

O esfíncter pilórico possui o epitélio cilíndrico simples, com todas as células mucosas na parte apical, que reagem positivamente ao PAS, e não apresenta a camada submucosa. A camada muscular é bastante desenvolvida.

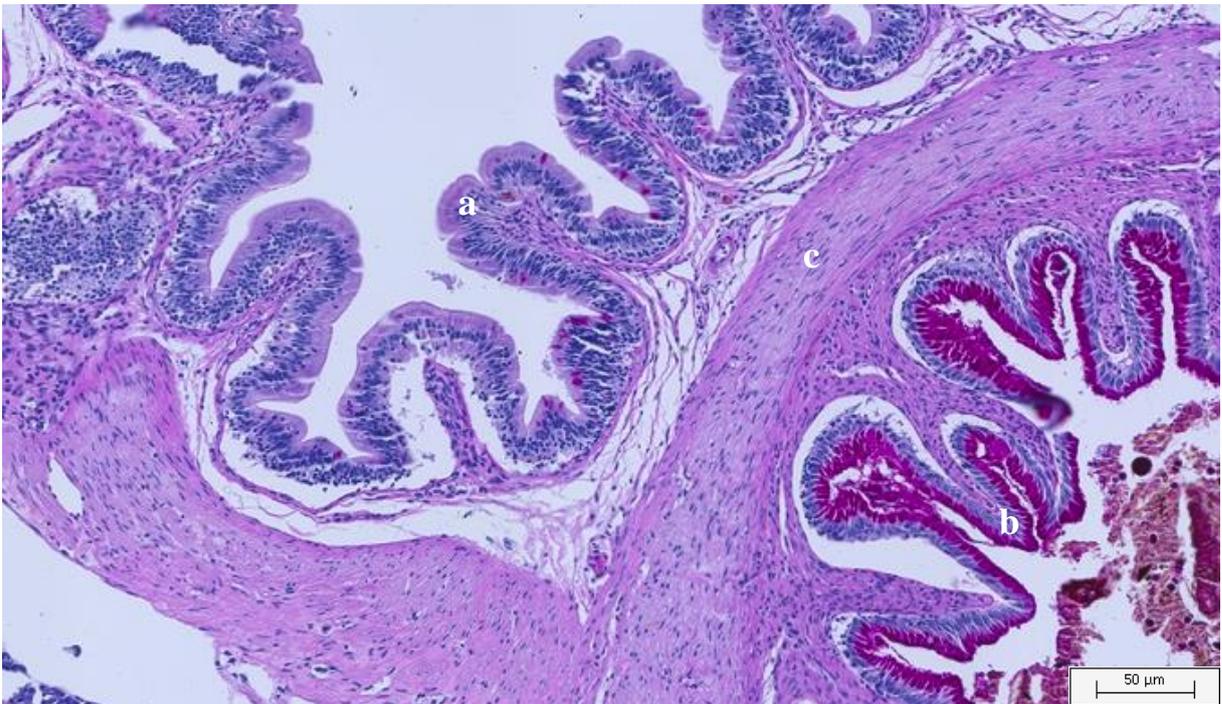


Figura 37 – Bolsa cecal e esfíncter pilórico de *S. notonota*. a) Epitélio da bolsa cecal; b) Epitélio do esfíncter pilórico; c) Camada muscular compartilhada entre as estruturas. PAS.

Cecos Pilóricos

Os cecos pilóricos, também denominados de cecos intestinais, são um conjunto de pequenas estruturas tubulares de fundo cego, variando em tamanhos curtos e longos, inseridos cranialmente na bolsa cecal. Sua função ainda é muito discutida. Para muitos autores, os cecos ampliam a superfície interna do intestino, aumentando a absorção dos nutrientes.

Microscopicamente, observa-se uma mucosa, aglandular, com longas pregas semelhantes às vilosidades, compostas de epitélio cilíndrico simples e lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo, contendo muitos linfócitos e vasos sanguíneos (Figuras 38 e 39). Por meio de coloração específica em PAS, visualiza-se o epitélio com poucas células caliciformes intervaladas nos enterócitos (Figura 39). Não foi observada a camada submucosa. A camada muscular circular é muito delgada recoberta por serosa.

Os cecos pilóricos apresentam o mesmo tipo de epitélio do intestino.

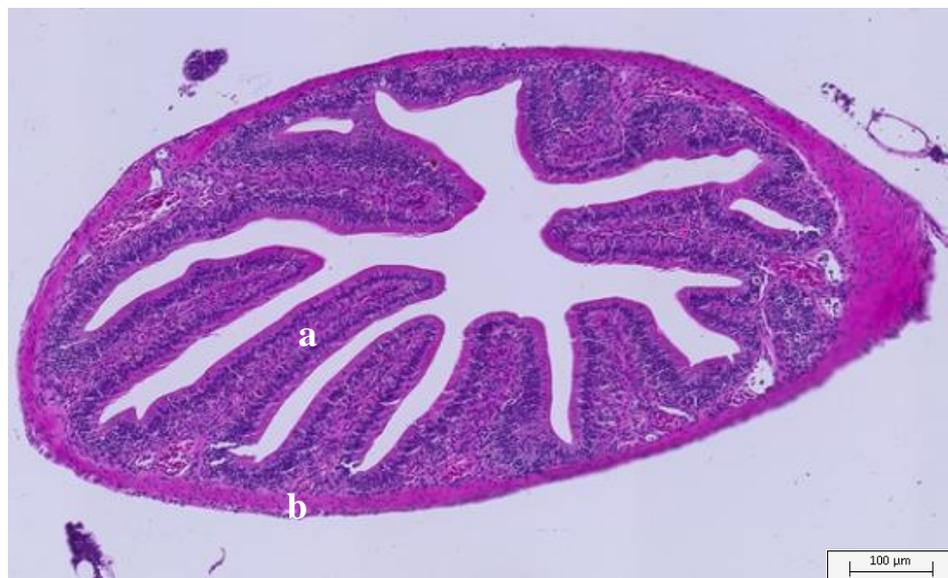


Figura 38 – Visão geral do ceco pilórico de *S. notonota*. **a)** Camada mucosa; **b)** Camada muscular. HE.

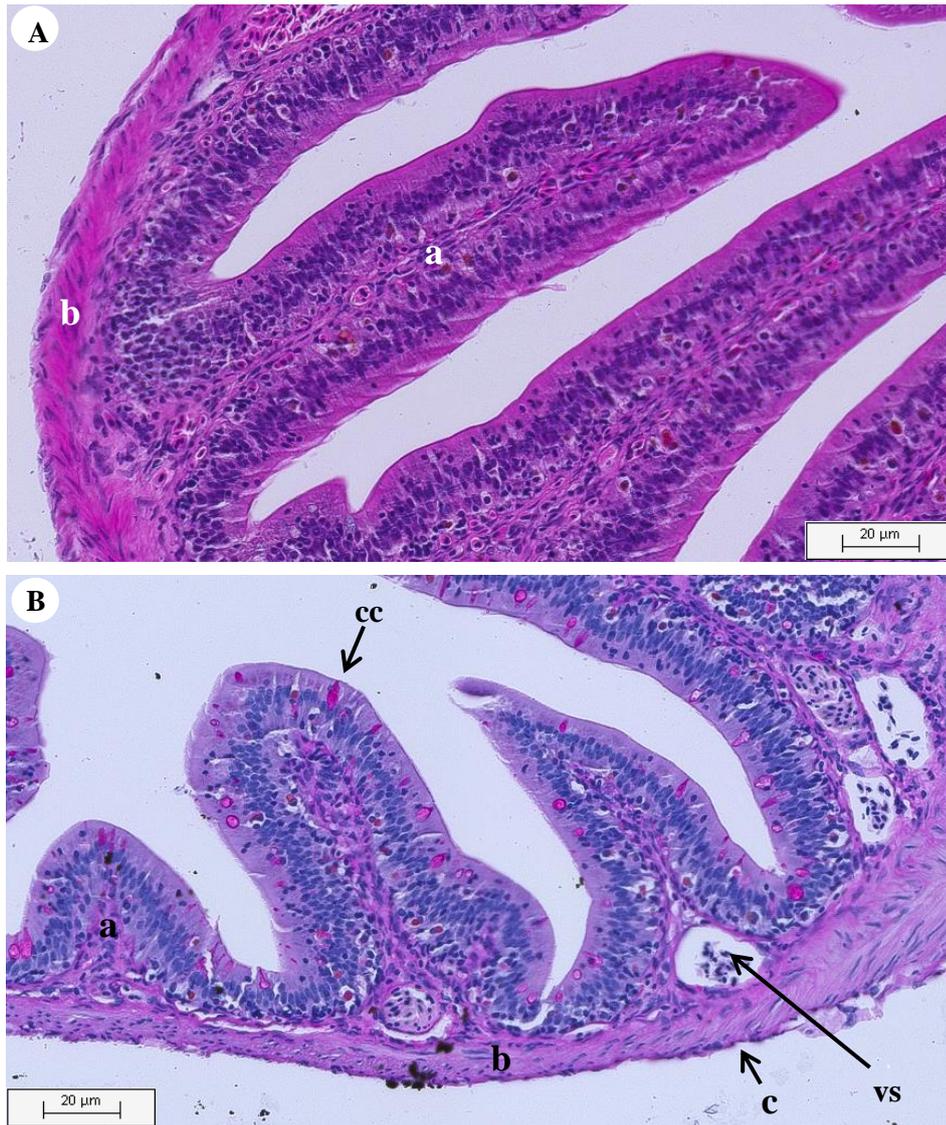


Figura 39 – Parte do ceco pilórico de *S. notonota*. **A** – Coloração em HE; **B** – Coloração em PAS. **a)** Camada mucosa; **b)** Camada muscular; **c)** Camada serosa; **cc)** Célula caliciforme; **vs)** Vaso sanguíneo.

Segmento Intestinal Proximal

No segmento anterior do intestino médio, são observadas as vilosidades intestinais revestidas por epitélio cilíndrico simples, com enterócitos e rico em células caliciformes que reagem positivamente ao PAS. Ao comparar com o segmento distal do intestino médio e o intestino posterior, é perceptível o maior número de células caliciformes neste segmento proximal (Figuras 40 e 41).

A submucosa não existe em nenhum segmento do intestino médio. Já a camada muscular lisa circular, tem os feixes dispostos longitudinalmente, com presença de vasos sanguíneos, sendo envolvida pela camada serosa.

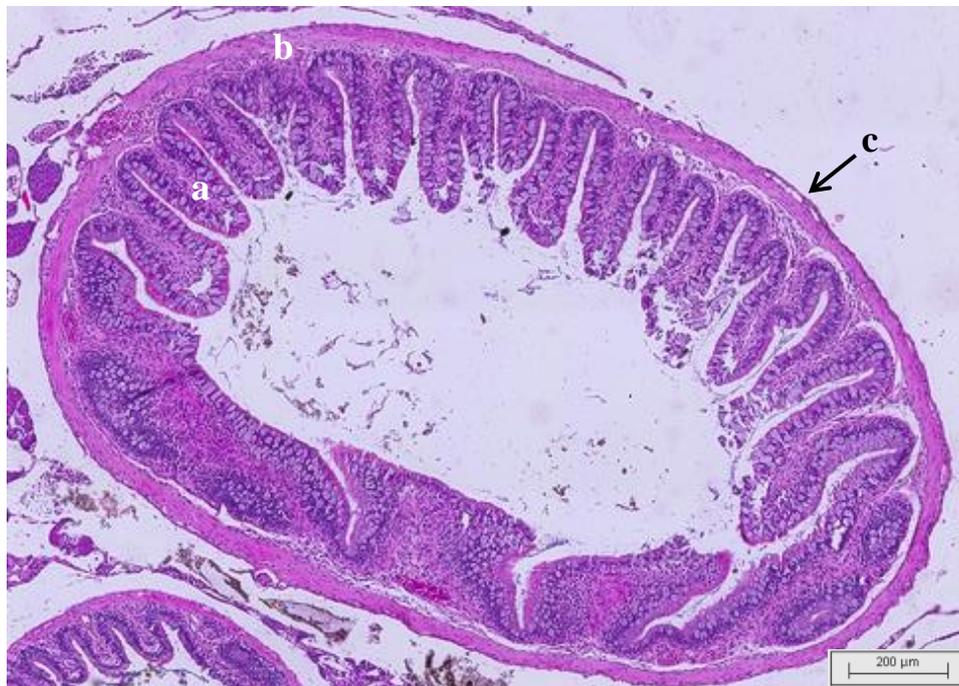


Figura 40 – Visão geral do segmento proximal do intestino médio de *S. notonota*. **a)** Camada mucosa; **b)** Camada muscular; **c)** Camada serosa. HE.

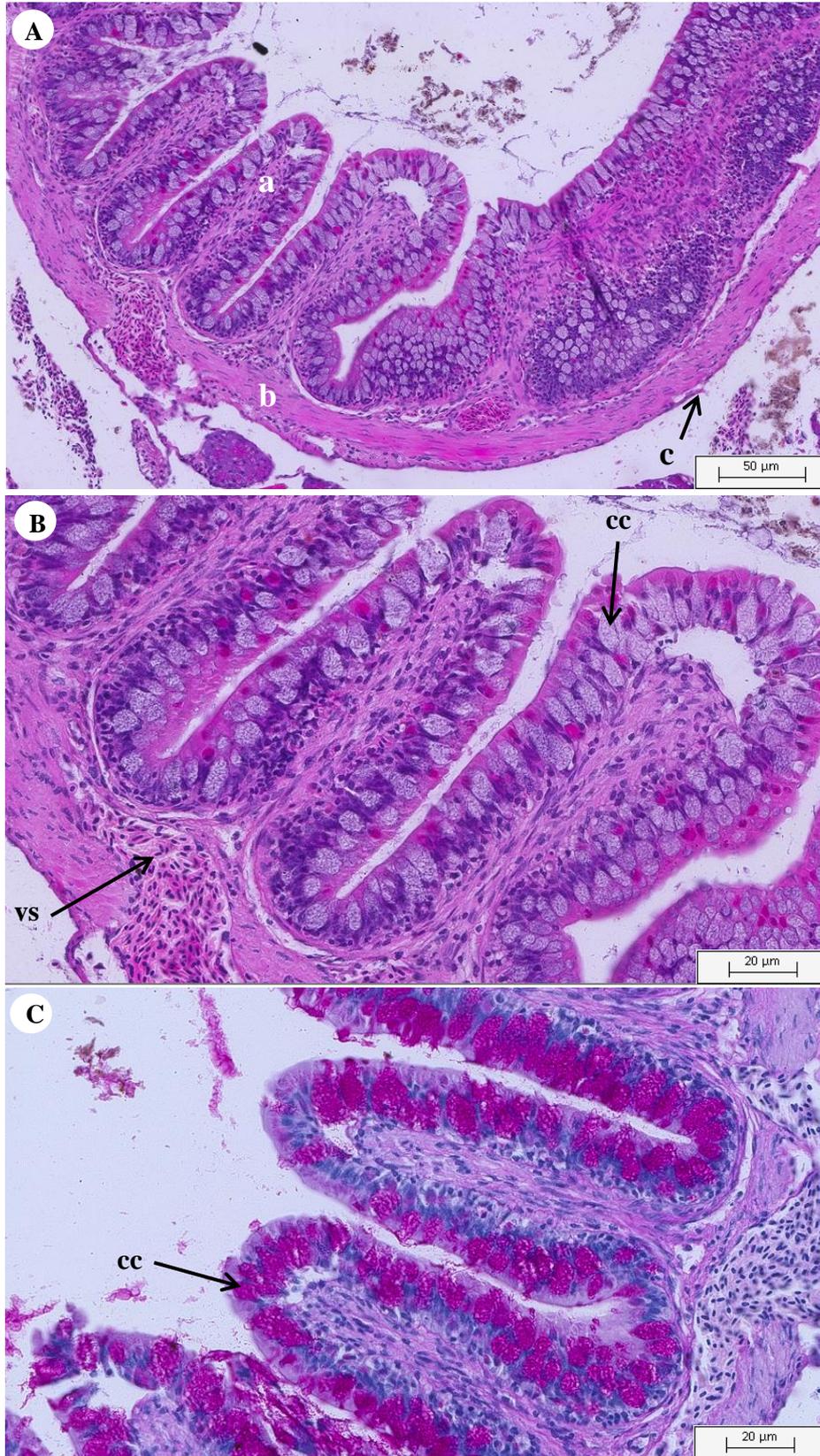


Figura 41 – Segmento proximal do intestino médio de *S. notonota*. **A e B** – Coloração em HE; **C** – Coloração em PAS. **a)** Camada mucosa; **b)** Camada muscular; **c)** Camada serosa; **cc)** Célula caliciforme; **vs)** Vaso sanguíneo.

Segmento Intestinal Distal

No intestino médio, principalmente no segmento distal é possível visualizar macro e microscopicamente a prega helicoidal.

Foi possível observar duas áreas, uma sem a prega helicoidal e outra com a presença desta prega; ambas com mucosa contendo vilosidades revestidas por epitélio cilíndrico simples, com poucas células caliciformes em comparação ao segmento anterior, positivas ao PAS, e com a camada serosa (Figuras 42 a 44).

A área sem a prega apresenta as vilosidades intestinais e a camada muscular circular, e longitudinal bastante delicada, ambas de musculatura lisa.

Já a área com a presença da prega helicoidal, em corte longitudinal, possui a camada da mucosa com projeções dessa prega, interligadas entre as paredes do órgão; e foi também possível observar a camada muscular lisa que é delgada, sendo subdividida em interna circular e externa longitudinal, bem visíveis.

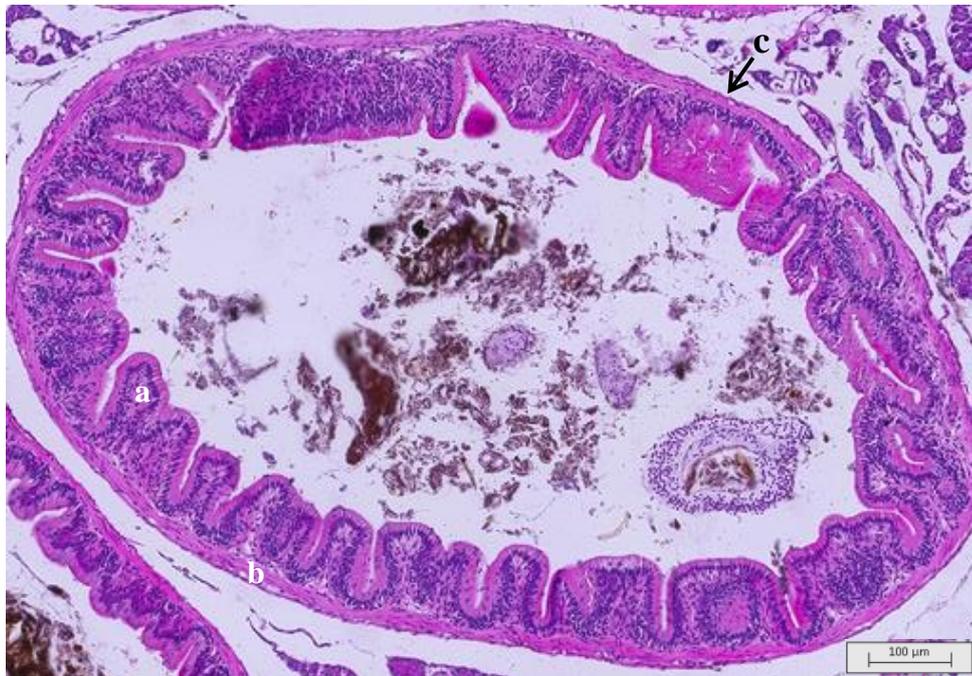


Figura 42 – Vista geral do segmento distal (sem prega helicoidal) do intestino médio de *S. notonota*. **a)** Camada mucosa; **b)** Camada muscular; **c)** Camada serosa. HE.

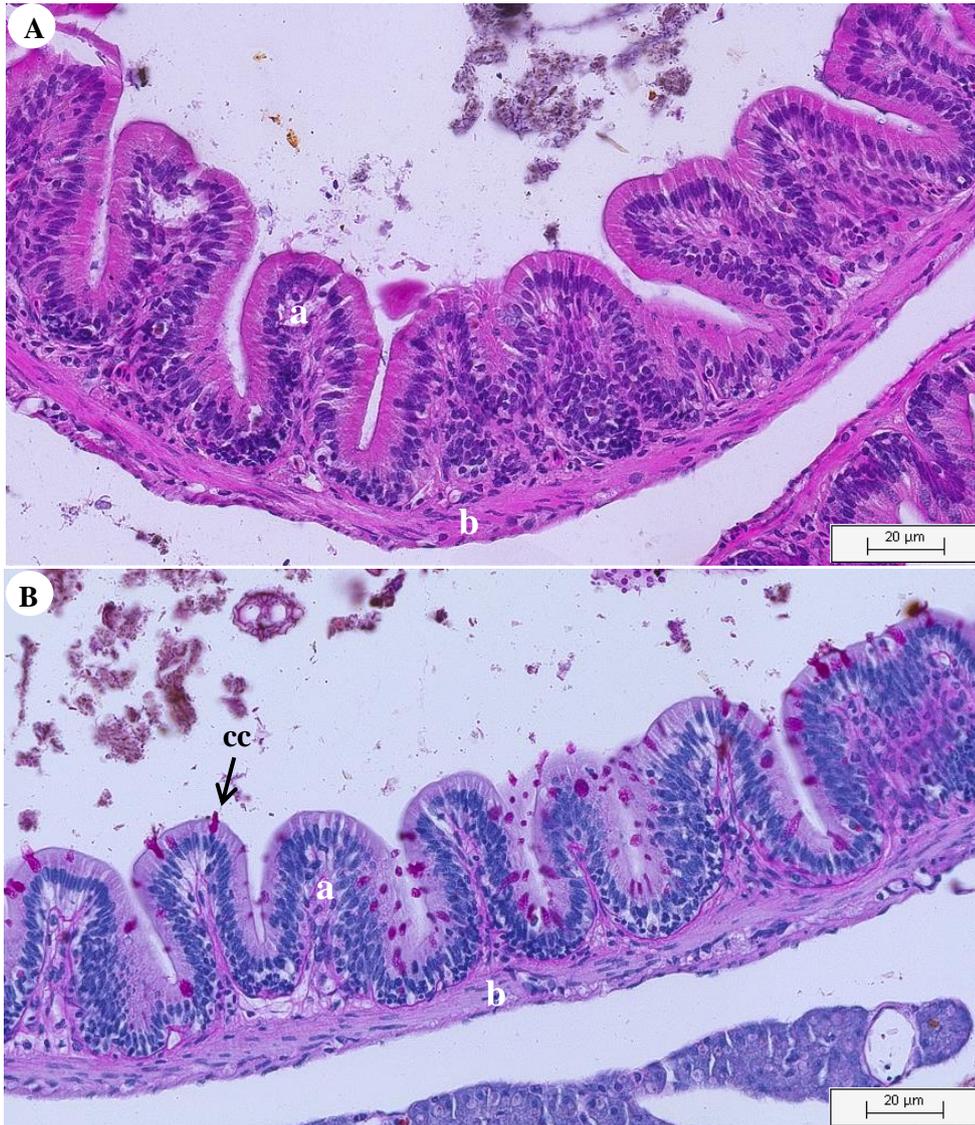


Figura 43 – Segmento distal (sem prega helicoidal) do intestino médio de *S. notonota*. **A** – Coloração em HE; **B** – Coloração em PAS. **a)** Camada mucosa; **b)** Camada muscular; **cc)** Célula caliciforme.

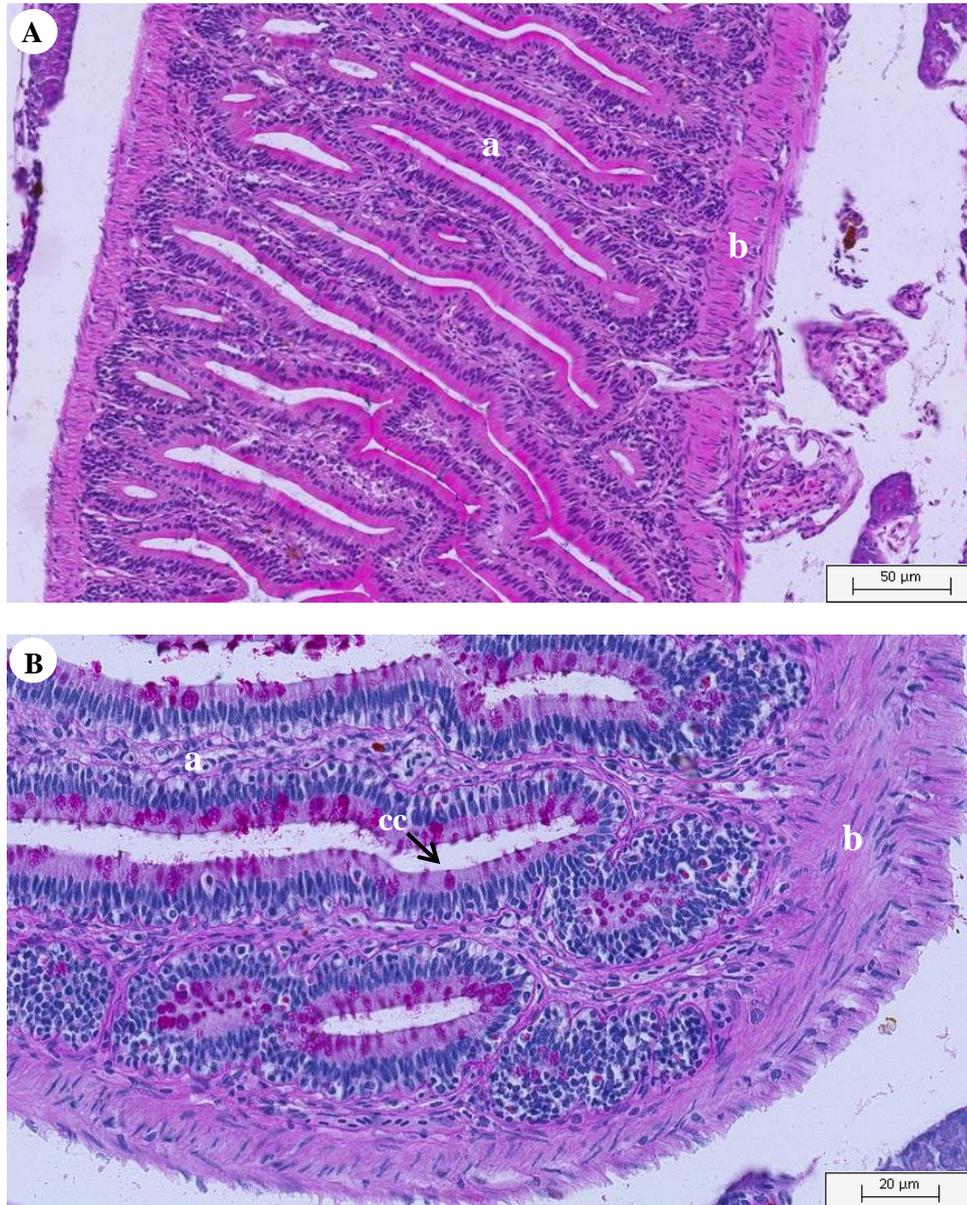


Figura 44 – Segmento distal (com prega helicoidal) do intestino médio de *S. notonota*. **A** – Coloração em HE; **B** – Coloração em PAS. **a)** Camada mucosa da prega; **b)** Camada muscular; **cc)** Célula caliciforme.

5.5 INTESTINO POSTERIOR

O intestino posterior correspondente à parte final do trato digestório, não apresentando a valva ileorretal.

Na análise histológica, não apresenta vilosidades, passa a ter pregas intestinais com epitélio cilíndrico simples e poucas células caliciformes reagindo positivamente ao PAS; com submucosa aglandular, também com camada muscular lisa muito delgada envolvida pela serosa (Figura 45).

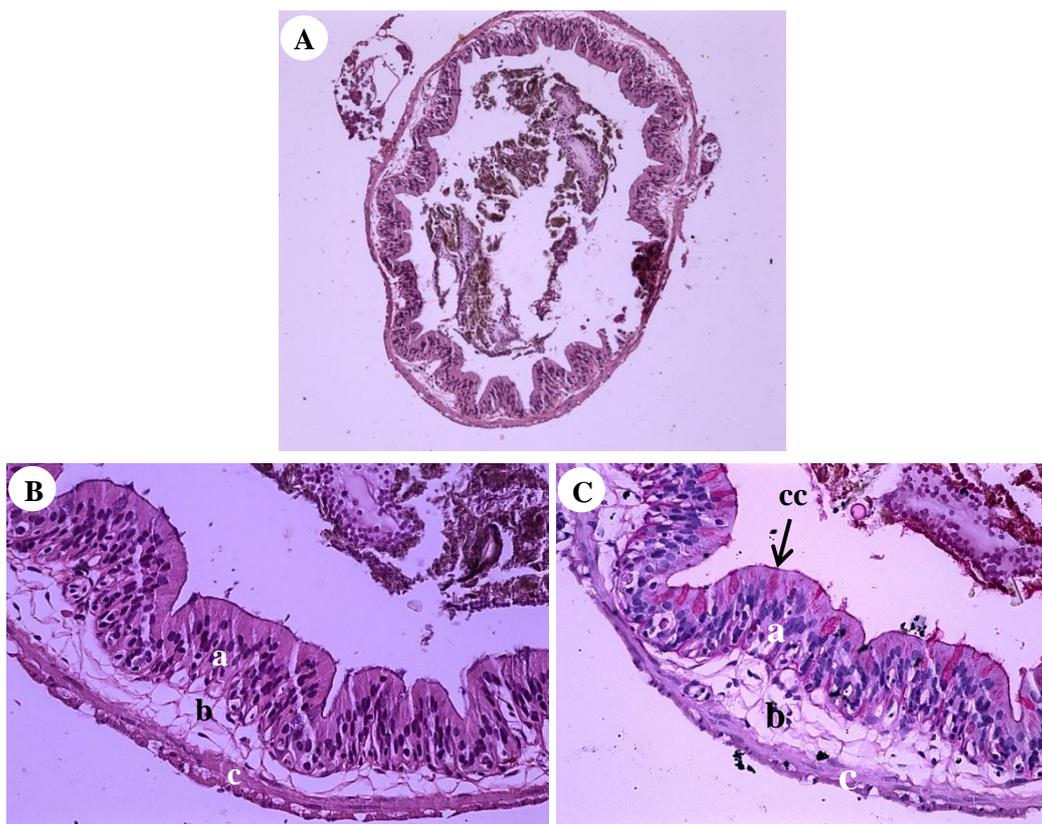


Figura 45 – Intestino médio de *S. notonota*. A – Visão geral. HE (10X); B – Coloração em HE (40X); C – Coloração em PAS (40X). a) Camada mucosa da prega intestinal; b) Camada Submucosa; c) Camada muscular; cc) Célula caliciforme.

6 DISCUSSÃO

TRATO DIGESTÓRIO

A anatomia do trato digestório dos peixes segue o mesmo plano básico como em outros vertebrados com um grau de variação refletida na filogenia e ontogenia, dieta e ambiente (WILSON; CASTRO, 2011).

O Peixe é a forma mais basal dos vertebrados, pois possuem algumas características distintas, tais como a ausência de dentes e de estômago em certas espécies, e intestinos delgado e grosso não diferenciados; apresentando várias adaptações do seu sistema digestório, segundo a especialização requerida para ingerir, digerir e absorver os diversos tipos de alimentos (LALL; TIBBETTS, 2009; CANAN et al., 2012; PESSOA et al., 2013).

A caracterização morfológica do trato digestório foi baseada nos seguintes trabalhos: Menin (1988); Vari (1989); Vari (1991); Menin e Mimura (1991); Rodrigues e Menin (2005); Rodrigues e Menin (2006a); Rodrigues e Menin (2006b); Rodrigues, Navarro e Menin (2006); Makino (2010); Elsheikh (2013).

Cavidade Bucofaríngea

A cavidade bucofaríngea denomina-se assim, pelo fato, de formar uma única cavidade com a região bucal e a região faringiana; e na espécie *Steindachnerina notonota* possui várias adaptações anatômicas ao hábito alimentar iliófago, ou seja, para a ingestão do lodo, presente no fundo dos ambientes aquáticos dulcícolas.

Diversos autores abordam que a posição da boca relaciona com os hábitos alimentares, para possibilitar a obtenção do alimento, seja na superfície, na coluna d'água, ou fundo. Segundo Helfman et al. (2009), na grande maioria dos peixes, independentemente dos hábitos tróficos, têm bocas terminais, o que significa que a boca abre-se com o ângulo para frente, facilitando a tomada do alimento, que nesta espécie promove exploração do alimento no fundo. A espécie *S. notonota* é a única do gênero que apresenta a boca do tipo terminal, pois as outras espécies apresentam a boca do tipo subterminal e inferior (VARI, 1991).

O formato da rima oral configura uma boca que favorece a sugação do alimento, e a forma da mandíbula permite que a espécie cave e permita a tomada do sedimento, que juntamente com a presença das pregas labiais e da valva oral colaboram para o impedimento da perda do sedimento mole.

Na espécie detritívora-iliófaga *Prochilodus lineatus* possui a boca também do tipo terminal adaptada para o trabalho de sucção (MAKINO, 2010). Na literatura, somente Fugi (1993) relata a forma da boca de outra espécie do gênero *Steindachnerina*, no qual, a mandíbula também é em forma de pá, nos exemplares de *S. insculpta*. Bem como, no estudo de Sazima e Caramaschi (1989), analisando o comportamento alimentar de outros curimatídeos, *Curimata spilura* e *C. nitens*, descreveram que estas espécies nadam próximo ao fundo e também usam a mandíbula com este formato para escavar e obter o sedimento. E todos os membros adultos da família Curimatidae que carecem de dentição oral (GUISANDE et al, 2012).

No espécie *S. notonota*, tanto o complexo bucofaríngeo como os rastros branquiais promovem o direcionamento e a contenção do alimento na cavidade bucofaríngea.

Os rastros branquiais por apresentarem botões gustativos e células mucosas, e o órgão epibranquial pelo fato dos botões gustativos terem sido evidenciados no revestimento do canal de entrada, como também a presença de células mucosas nos canais tributários, assim, estas estruturas estão relacionados na quimiorrecepção do alimento, e o muco tem a função de agregar as finas partículas do sedimento, e deste modo, facilitar na ingestão e encaminhamento para o esôfago. Nesta espécie, pelas características apresentadas o órgão epibranquial condiz que esta estrutura participa da função digestória.

O complexo bucofaríngeo está descrito de maneira geral para todos os membros do gênero *Steindachnerina*, no trabalho de Vari (1991), nos quais citam as subunidades anatômicas que o compõem, para a identificação sistemática entre as espécies, e este complexo são diversas elaborações de tecidos moles no palato, encontrado dentro da família Curimatidae, apresentando algumas diferenciações entre as espécies.

Nos teleósteos, a faringe foi caracterizada pela presença de arcos branquiais, estes nos quais, apresentam os rastros branquiais, que foram considerados para desempenhar um papel importante na alimentação, para agregar o alimento particulado, prevenir ao escape do material alimentar, promover a filtração e entre outras (ELSHEIKH, 2013).

Na literatura, ainda existe poucos relatos histológicos e por microscopia eletrônica de varredura dos rastros branquiais. Elsheikh (2013) realizou uma revisão sobre a ultraestrutura da superfície dos rastros branquiais, destacando que foram realizados estudos apenas nas

seguintes espécies iliófagas *Hypostomus commersonii* (Eiras-Stofella and Charvet-Almeida, 1997), *Prochilodus scorfa* (Eiras-Stofella and Charvet-Almeida, 1998), *Mugil curema*, *Mugil liza* e *Mugil platanus* (Eiras-Stofella et al., 2001), nas quais, apresentaram formato, quantidade variados entre si e em relação a espécie deste estudo.

Assim, como na *S. notonota*, o estudo de Lima et al. (2009), a espécie *S. brevipinna*, também apresentou arcos com rastros branquiais pequenos, revestidos por um epitélio estratificado, com presença de botões gustativos e células mucosas. E os autores Eiras-Stofella e Charvet-Almeida (1998), afirmam que estes botões gustativos têm receptores químicos, relacionados à detecção dos alimentos pela espécie.

Os órgãos epibrânquiais vão apresentar variados tipos morfológicos, nas espécies que alimentam-se por filtração, ditas micrófagas, por consumir finas partículas de alimento; e há uma escassez de estudos que descrevam suas características morfológicas, dificultando deste modo, uma abordagem comparativa com outras espécies.

A função exata dos órgãos epibrânquiais permanece enigmática e é assunto de um debate secular; pois muitos pesquisadores sugeriram a função respiratória, a sensorial, e a digestória; e em relação a esta última, na espécie de *Prochilodus*, a função dos órgãos consistiu de filtração especializada, relacionando-os, portanto, com a função digestória; além dos órgãos de *Dorosoma cepedianum*, de *Dorosoma petenense*, e de *Coregonus lavaretus*, que foram considerados como estruturas acessórias das funções digestórias (MENIN, 1988; MENIN; MIMURA, 1991; HANSEN et al., 2014).

Segundo Menin e Mimura (1991), determinados aspectos anátomo-histológicos relatados sobre estes órgãos, conduzem a acreditar que em algumas espécies, estas estruturas têm função digestória; pelo fato, de estarem mais relacionadas com o sistema digestório, do que em relação ao sistema respiratório; sendo a inervação destes órgãos realizada pelo ramo intestinal do nervo vago, e o suprimento sanguíneo é oriundo da aorta dorsal.

Neste estudo, é a primeira descrição realizada macro e microscopicamente do órgão epibrânquial de *S. notonota*, no qual, apresentou muitas peculiaridades, principalmente em relação aos tipos de epitélios presentes nos seus canais. Somente o trabalho de Menin e Mimura (1991), que ocorre o relato deste órgão em outras espécies verdadeiramente detritívoras-iliófagas, *Prochilodus marggravii* e *Prochilodus affinis*, nas quais, em comparação a espécie *S. notonota*, os órgãos macroscopicamente estão localizados na mesma posição, ou seja, inseridos nos últimos arcos branquiais, e com o mesmo formato em lobos unidos pelo istmo, abordado como forma de sáculo primitivo expandido; e não foi realizado uma análise histológica. No entanto, em Miller (1964) citou em seus estudos, que os órgãos

epibranquiais apresentavam as células mucosas, um centro cartilaginoso e músculos estriados, assim como está presente no *S. notonota*.

É pensado que os órgãos epibranquiais funcionam como estruturas que coletam e consolidam partículas minúsculas de alimentos, ou seja, auxiliam armazenando/acumulando temporariamente o alimento sob a forma de um bolo alimentar com muco, que em seguida, são conduzidas para o esôfago por ação muscular (HANSEN et al., 2014; HOLLEY et al., 2015). Na espécie *S. notonota*, este órgão possivelmente é uma adaptação estrutural do trato digestório ao hábito iliófago.

Tubo digestório

Na espécie deste estudo, histologicamente, a parede do esôfago ao intestino posterior, podem apresentar as seguintes camadas concêntricas, a partir da superfície da luz do órgão, que são: mucosa, submucosa, muscular e serosa. O critério utilizado para diferenciar a camada mucosa em relação à camada submucosa, baseou-se considerando que devem constituir camadas teciduais distintas. Conforme Wilson e Castro (2011), a camada muscular do esôfago é composto de músculo esquelético, em vez de músculo liso. A maioria das características do tubo digestório corroboraram com o trabalho de Silva, Gurgel e Santana (2005), visto que no presente trabalho foi realizada uma análise mais abrangente.

Esôfago

Menin (1988) constatou em seu trabalho que a organização longitudinal das pregas esofágicas está provavelmente relacionada com a distensibilidade das paredes deste órgão, adequando-o para a condução do alimento ao estômago. Propôs também que o padrão da mucosa, se mais ou menos pregueada, levaria a maior ou menor capacidade de deglutição de alimentos não fracionados. Já em *Prochilodus marggravii* e *P. affinis*, que se alimentam dos organismos presentes na massa inerte deglutida, essas pregas são menos numerosas, e, provavelmente, mais funcionais no direcionamento do alimento ao estômago do que na distensão esofágica. Tais observações corroboram com os resultados encontrados neste

trabalho para *Steindachnerina notonota*, se levados em consideração o pequeno número de pregas longitudinais, e luz esofágica reduzida que esta possui.

Chaves e Vazzoler (1984) viram que o esôfago em *Semaprochilodus insignis* abrange duas regiões microscopicamente distintas, a anterior revestida por epitélio estratificado pavimentoso e a posterior com epitélio cilíndrico simples. A espécie *S. notonota* apresenta apenas epitélio pseudoestratificado contendo células secretoras de características semelhantes às encontradas no epitélio esofágico de *Oreochromis niloticus* L. (MORRISON; WRIGHT JR., 1999), *Pimelodus maculatus* (GODINHO et al., 1970). Possivelmente, o epitélio pseudoestratificado tem função de proteger a mucosa esofágica contra atritos decorrentes da passagem do alimento pelo esôfago.

As células secretoras de *S. notonota* reagem regularmente ao PAS. Segundo Al-Hussaini (1949) a secreção auxilia ainda mais na aglutinação de partículas alimentares e, facilitando o seu transporte em direção aboral.

Honda (1979) em seu trabalho com *Pseudocurimata gilberti* verificou transferência de energia dos tecidos somáticos para o desenvolvimento das gônadas. Desse modo pode-se sugerir que o *S. notonota* acumula energia sob a forma de lipídios presentes nos adipócitos da lâmina própria esofágica para utilizá-los posteriormente na maturação de seus gametas.

Estômago

Anatomicamente o estômago de *S. notonota* é semelhante aos descritos por Fugii e Hahn (1991) e Chaves & Vazzoler (1984), sendo a região fúndica como sendo a curvatura ou alça de união, a que se referem respectivamente os autores, devido sua localização e características histológicas intermediárias como espessura da muscular e quantidade de glândulas gástricas.

Menin (1988) relata ampla singularidade para região fúndica que também pode ser denominada de fundo cego, região cecal, bulbo de união, cecum, saco cego, alça de união, ceco gástrico, entre outros. Franco (1994) dividiu o estômago das espécies por ele estudadas em três regiões distintas: cárdica, no limite com o esôfago; fúndica, abrangendo a porção mediana; e pilórica, em contato com o intestino. Assim, a região média estomacal no *S. notonota*, podem ser denominada de região fúndica.

Franco (1994) verificou que mesmo sendo iliófaga, *Hypostomus commersonii* possui estômago da região pilórica, cheio de ar, com parede fina e translúcida, carente de estruturas

glandulares, com epitélio pavimentoso, e presença de muitos vasos próximos à luz do órgão. Concluiu que para esta espécie, o estômago tem função digestória-respiratória. Em *S. notonota* ocorre o contrário, o estômago pilórico, têm paredes grossas, que provavelmente está relacionado com a digestão mecânica do alimento.

A espécie *S. notonota* apresenta no estômago, grande quantidade de glândulas tubulosas gástricas na região cárdica, poucas na média, e nenhuma na região pilórica. Possui também uma camada muscular que segue desenvolvimento gradativo da cárdica à pilórica, no qual, chega ao ponto máximo assumindo formato de moela na região pilórica.

Moraes et al. (1997), estudando *Prochilodus lineatus* (iliófaga) encontrou grande número de glândulas tubulosas gástricas na região cárdica e nenhuma glândula nas outras regiões, como também ausência de muscular da mucosa.

A região pilórica, na espécie deste estudo, não possui glândulas o que também foi evidenciado para as espécies estudadas por Franco (1994), Chaves e Vazzoler (1984), Menin (1988), Morais et al. (1997).

A modificação da região pilórica em estômago mecânico (camada circular hipertrofiada) no *S. notonota*, pode ser vista como uma adaptação ao hábito alimentar iliófago. Segundo Nikolsky (1963) citado por Helfman et al., 2009, os órgãos para triturar e assimilar os alimentos estão estreitamente relacionados com a variedade dos itens consumidos pelo peixe. Al-Hussaini (1949) considera a região pilórica, transformada em moela, como nos Prochilodontidae, uma adaptação à necessidade de quebrar e prensar o alimento ingerido.

Fugi & Hahn (1991) conferem o hábito iliófago a *Prochilodus scrofa* e *Curimata insculpita* baseando-se na presença de estômago mecânico (moela), sendo *Loricariichthys platymetopon* caracterizada como detritívora por não apresentá-la. Esta diferenciação levou em conta também a ocorrência e diâmetros dos itens alimentares na estreita luz pilórica.

Espécies iliófagas se alimentam de lodo, tendo em seus conteúdos estomacais grande ocorrência de grãos de areia, portanto apresentam estômagos estruturalmente adaptados que suportam o atrito promovido pelos grãos. Segundo Amorim-Teixeira e Gurgel (2004), a alimentação de *S. notonota* é composta, em maioria, de sedimento e algas, portanto, esta espécie, desenvolveu um estômago mecânico (moela), em decorrência do tipo de alimento consumido em sua população.

O esfíncter pilórico marca o início do intestino. Al-Hussaini (1946) para espécie iliófaga *Milloides auriflamma* e Godinho et al. (1970) em *Pimelodus sp.* onívora, verificaram presença da esfíncter pilórico. Assim, pode-se sugerir que a ocorrência do esfíncter pilórico nas espécies não tem correlação aos hábitos alimentares.

Nesta espécie, as células cilíndricas do epitélio estomacal mostram-se muito reativas ao PAS, com numerosos grânulos apicais sendo lançados sobre a parede estomacal, estes formando uma camada de muco bem evidente, em todas as regiões. De acordo com Stoskopf (1993), esta camada de muco é uma grossa camada de polissacarídeos semelhantes à queratina. Sugere-se deste modo, que esta camada de muco proteja o epitélio estomacal contra o atrito causado pelos grãos de areia presentes no conteúdo estomacal de *S. notonota*.

A camada muscular é responsável pela motilidade gástrica, e portanto, pelo transporte e mistura do alimento às secreções estomacais. A túnica muscular circular em *S. notonota* constitui a maior parte da parede pilórica, tendo fibras muito próximas umas das outras, o que gera uma certa compactação desta camada. Esta característica somada às do epitélio torna esta região adaptada ao regime alimentar iliófago, e capacita a espécie, que não possui dentes, a triturar os alimentos. Outras espécies também iliófagas possuem esta adaptação, como *Semaprochilodus insignis* (CHAVES; VAZZOLER, 1984), *Prochilodus lineatus* (MORAIS et al., 1997), *Rhamdia branneri* (FRANCO, 1994), *Prochilodus scrofa* e *Curimata insculpta* (FUGI; HAHN, 1991), *Mulloides auriflamma* (AL-HUSSAINI, 1946).

Bolsa cecal e cecos pilóricos

Os cecos quando presentes, podem variar em número, forma e estrutura entre as espécies. Os cecos pilóricos estão presentes em *S. notonota* variando em tamanhos. Drake et al. (1984), comenta que em peixes com intestinos curtos há maior número de cecos pilóricos. Esta relação parece existir na espécie aqui analisada.

A localização dos cecos pilóricos em *S. notonota*, inseridos logo após o esfíncter pilórico numa bolsa serosa, foi à mesma que a encontrada nos estudos de Chaves e Vazzoler (1984) para *Semaprochilodus insignis*, e Fugi e Hahn (1991) para *Prochilodus scrofa* e *Curimata insculpta*. Os primeiros autores relatam que os cecos estão envolvidos por uma cápsula de conjuntivo e estruturalmente parecem não ter nenhuma relação com absorção de nutrientes, pois lhes faltam estruturas absorptivas como verificado em *Prochilodus lineatus* por Angelescu e Gneri (1949). Na espécie deste estudo, devido à presença de células absorptivas e caliciformes, sugere-se o envolvimento dos cecos com a absorção de nutrientes e lubrificação do epitélio intestinal.

Os cecos possivelmente aumentam o pH do bolo alimentar deixando-o alcalino (ZAVALA-CAMIN, 1996).

Estruturalmente verifica-se semelhança, na espécie deste estudo, entre os cecos e o intestino médio, contudo nos primeiros ocorre menor número de células caliciformes.

Intestino médio e intestino posterior

O intestino do *S. notonota* apresenta características anatômicas idênticas às observadas para a mesma espécie por Azevedo et al. (1938); para *P. scrofa* e *C. insculpta* estudadas por Fugi e Hahn (1991); e para *P. lineatus* analisada por Morais et al. (1997). Estes autores fazem referência ao longo comprimento e enovelamento do intestino, relacionando-o ao tempo necessário à difícil digestão de material como areia, lodo e celulose.

O transporte do alimento no intestino do *S. notonota* é mais lento, devido as várias alças intestinais e longo comprimento, além da presença da prega helicoidal, estrutura apenas relatada nesta espécie até agora, proporcionando a vantagem de retenção do alimento, ou seja, retardar o deslocamento do conteúdo intestinal, para exercer maior absorção nutricional. E esta prega tem analogia com a válvula espiral dos elasmobrânquios, no qual, esta também aumenta grandemente a superfície interna do intestino.

Os peixes cartilaginosos apresenta o intestino com válvula espiral em diferentes formatos entre as espécies, no entanto, segundo Romer e Parsons (1985), a natureza primitiva da estrutura espiral é evidenciada pela sua presença generalizada em outros grupos de peixes, assim, o intestino espiral ocorre em quimeras; e em fósseis constatamos a sua presença mesmo nos antigos placodermos; posteriormeste, esteve presente nos primeiros peixes ósseos; os peixes pulmonados vivos e todos os actinopterygíios inferiores retêm a válvula espiral, e mesmo alguns poucos teleósteos apresentam vestígio desta estrutura.

Argyriou et al. (2016) abordam que a válvula espiral está ausente nos teleósteos, entretanto, foi encontrada uma estrutura vestigial na espécie *S. notonota*, que corresponde a prega helicoidal, provando que este peixe é uma exceção, conforme foi relatado por Romer e Parsons (1985), que estaria presente em poucos teleósteos.

Há uma diferença na quantidade de células caliciformes entre o segmento proximal e segmento distal do intestino médio e o intestino posterior, no qual, a proporção destas células vai diminuindo até o intestino posterior. O segmento proximal do intestino médio irá apresentar mais células caliciformes, pelo fato, do alimento recentemente triturado pelo estômago pilórico, ainda se encontrar com muitas partículas ainda grosseiras, evitando deste modo, a abrasão durante a passagem do alimento, e protegendo o epitélio de revestimento.

Em virtude do grande número de linfócitos encontrados nos cecos e intestino em *S. notonota*, é possível que haja maturação linfocitária no intestino. E são necessários ainda estudos histofisiológicos, que possam diferenciar as áreas de absorção de gordura, absorção protéica e absorção de água e íons.

7 CONCLUSÕES

Os Curimatídeos têm adaptações ao hábito alimentar detritívoro-iliófago, isto é, os dentes estão ausentes em adultos, as espécies têm intestinos longos e muitos rastros branquiais para proporcionar uma maior eficiência no uso da matéria orgânica em partículas finas presentes no sedimento mole – o lodo (PERESSIN; GONÇALVES; BRAGA, 2012).

De acordo com o verificado neste trabalho é notório que a morfologia do trato digestório esta intimamente relacionada ao hábito alimentar detritívoro-iliófago, evidenciado na espécie *Steindachnerina notonota*, cujas adaptações estruturais são: boca que facilita a sugação do alimento; o complexo bucofaríngeo – com diversas elaborações de tecidos moles no palato, que proporciona o direcionamento e a contenção do sedimento mole; a presença de rastros branquiais e do o órgão epibranchial com suas peculiaridades, ambos com botões gustativos e células mucosas; um estômago mecânico com musculatura muito desenvolvida na região pilórica, para trituração do alimento; e um intestino muito longo e enovelado, que tem internamente uma exclusiva prega helicoidal, para aumentar a absorção do alimento de baixo valor calórico e de difícil digestão.

REFERÊNCIAS

ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum**, n. 2, p. 425-434, 2001.

ABILHOA, V. Ictiofauna. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Gráfica Capital Ltda., 2005. p. 437-456.

AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Braz. J. Biol.**, v. 68, p. 1119-1132, 2008. Supplement 4.

AL-HUSSAINI, A. H. The anatomy and histology of the alimentary tract of the coral feeding, *Mulloides auriflamma* (FORSK) **J. Morph.**, v. 78, p. 121-154, 1946.

AL-HUSSAINI, A. H. On the functional morphology of the alimentary tract of some fish in relation to differences in their feedings habits. II – Citology and Physiology. **Quart. J. Micr. Sec. London**, v. 90, p. 323-354, 1949.

ALVIM, M. C. C.; PERET, A. C. Food resources sustaining the fish fauna in a section of the upper São Francisco river in Três Marias, MG, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 64, n. 2, p. 195-202, 2004.

AMORIM-TEIXEIRA, J. L.; GURGEL, H. C. B. Dinâmica da nutrição e alimentação natural de *Steindachnerina notonota* (Miranda-Ribeiro, 1937) (Pisces, Curimatidae), Açude de Riacho da Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil. **Rev. Bras. Zoo.**, v. 6, n. 1, p. 9-28, 2004.

AMORIM-TEIXEIRA, J. L. **Variação sazonal e lunar no comportamento alimentar de *Steindachnerina notonota* (Miranda-Ribeiro, 1937) (Pisces, Curimatidae) no açude de Riacho da Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil**. 58p. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2002.

ANDERSON, J. L.; CARTEN, J. D.; FARBER, S. A. Zebrafish Lipid Metabolism: From Mediating Early Patterning to the Metabolism of Dietary Fat and Cholesterol. **Methods Cell Biol.**, v. 101, p. 111–141, 2011.

ANDRIAN, I. F.; PERETTI, D.; BOSCO, P. C. D. Principais arranjos morfológicos relacionados à alimentação de peixes herbívoros e carnívoros. **Arq. Apadec.**, v. 9, n. 2, p. 20-26, 2005.

ANGELESCU, V.; GNERI, F. S. Adaptaciones del aparato digestivo al régimen alimenticio in algunos peces del rio Uruguay e del rio de la Plata. **Rev. Inst. Invest. Mus. Argent. Cienc. Nat.**, v. 1, n. 6, p. 161-272, 1949.

ARGYRIOU, T.; CLAUSS, M.; MAXWELL, E. E.; FURRER, H.; SÁNCHEZ-VILLAGRA, M. R. Exceptional preservation reveals gastrointestinal anatomy and evolution in early actinopterygian fishes. **Scientific Reports**, v. 6, n. 18758, p. 1-9, 2016.

AZEVEDO, P.; DIAS, M. V.; VIEIRA, B. B. Biologia do Saguirú (Characidae, Curimatidae). **Mem. Inst. O. Cruz**, v. 33, n. 4, p. 481-553, 1938.

BECKER, A. G., GONÇALVES, J. F.; GARCIA, L. O.; BEHR, E. R.; GRAÇA, D. L.; KURTZ FILHO, M.; MARTINS, T.; BALDISSEROTTO, B. Morphometric parameters comparisons of the digestive tract of four teleosts with different feeding habits. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 862-866, 2010.

BEHMER, A. O.; TOLOSA, E. M. C; NETO, A G. F. **Manual de técnicas para histologia normal e patológica**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 1976, p. 98-101.

BEMVENUTI, M. A.; FISCHER, L. G. Peixes: Morfologia e Adaptações. **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 5, n. 2, p. 31-54, ago.-dez., 2010.

BERTIN, L. Appareil digestif. In: GRASSE, P. P. **Traité de zoologie**, Paris, Masson, v. 13, p. 1249-1301, 1958.

BERTMAR, G.; KAPOOR, B. G.; MILLER, R. V. Epibranchial organs in lower teleostean fishes – an example of structural adaptation. **Int. Rev.Gen. Exp. Zool.**, v. 4, p. 1-48, 1969.

BETANCUR-R, R.; BROUGHTON, R. E.; WILEY, E. O.; CARPENTER, K.; LÓPEZ, J. A.; LI, C.; HOLCROFT, N. I.; ARCILA, D.; SANCIANGCO, M.; CURETON, J. C.; ZHANG, F.; BUSER, T.; CAMPBELL, M. A.; BALLESTEROS, J. A.; ROA-VARON, A.; WILLIS, S.; BORDEN, W. C.; ROWLEY, T.; RENEAU, P. C.; HOUGH, D. J.; LU, G.; GRANDE, T.; ARRATIA, G.; ORTÍ, G. The Tree of Life and a New Classification of Bony Fishes. **PLoS Curr.**, v. 18, n. 5, 2013.

BLANCK, D. V.; TAKAKO, A. K. Estado atual do melhoramento genético de peixes no Brasil. In: Marcos Tavares-Dias; Wagner dos Santos Mariano (Org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. Vol. 1. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015. cap. 6, p. 119-138.

BLAZQUEZ, F. J. H. **Histologia do Sistema Digestivo de Peixes Teleósteos**. Palestra apresentada na II Semana sobre Histologia de Peixes. Jaboticabal, São Paulo: FUNEP, 1995. p. 31-38.

BOWEN, S. H. Detritivory in neotropical fish communities. **Environmental Biology of Fishes**, Corvallis, v. 9, p. 137-144, 1983.

BOWEN, S. H.; GU, B.; HUANG, Z. Diet and Digestion in Chinese Mud Carp *Cirrhinus molitorella* Compared with Other Ilyophagous Fishes. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 135, p. 1383-1388, 2006.

BRAGA, R. R.; BORNATOWSKI, H.; VITULE, J. R. S. Feeding ecology of fishes: an overview of worldwide publications. **Rev Fish Biol Fisheries**, v. 22, p. 915-929, 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Diretrizes da prática de eutanásia do CONCEA**. Brasília: CONCEA, 2013. 54 p.

BRASSESCO, M.S.; PASTORI, M.C.; RONCATI, H.A.; FENOCCHIO, A. S. Comparative cytogenetic studies of Curimatidae (Pisces, Characiformes) from the middle Paraná River (Argentina). **Genetics and Molecular Research**, v. 3, n. 2, p. 293-301, 2004.

BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. (Ed.). **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007. 195 p.

CALA, P.; BERNAL, G. Ecología y adaptaciones de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en ambientes naturales - Caso embalse de Betania y cienaga de chilloa, sistema del río Magdalena, Colômbia. **DAHLIA Revista Associação Colombiana de Ictiologia**, v. 2, n. 2, p. 3-29, 1997.

CALLAN, W. T.; SANDERSON, S. L. Feeding mechanisms in carp: crossflow filtration, palatal protrusions and flow reversals. **The Journal of Experimental Biology**, v. 206, p. 883-892, 2003.

CANAN, B.; NASCIMENTO, W. S.; SILVA, N. B.; CHELLAPPA, S. Morphohistology of the Digestive Tract of the Damsel Fish *Stegastes fuscus* (Osteichthyes: Pomacentridae). **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1-9, 2012.

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

CASSEMIRO, F. S.; RANGEL, T. F. L. V. B.; PELICICE, F. M.; HAHN, N. S. Allometric and ontogenetic patterns related to feeding of a neotropical fish, *Satanoperca pappaterra* (Perciformes, Cichlidae). **Ecology of Freshwater Fish**, v. 17, n. 1, p. 155-164, 2008.

CASTRO, E. F. **Estudos histológico, histoquímico e histoquantitativo de células endócrinas do estômago e intestine médio de peixes (Teleostei) de água doce, com diferentes hábitos alimentares.** 103 f. 2002. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2002.

CECAT - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade do Cerrado e Caatinga. **Biodiversidade – Caatinga.** Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecat/conservacao-da-biodiversidade/biodiversidade.html>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

CHAVES, P. T. C. & VAZZOLER, C. Aspectos biológicos de peixes anatômicos. III. Anatomia microscópica do esôfago, estômago e cecos pilóricos de *Semaprochilodus insignis* (Characiformes: Prochilodontidae). **Acta Amazônica**, v. 14, p. 343-353, 1984.

CHAKRABORTY, C.; HSU, C. H.; WEN, Z. H.; LIN, C. S.; AGORAMOORTHY, G. Zebrafish: A Complete Animal Model for In Vivo Drug Discovery and Development. **Current Drug Metabolism**, v. 10, p. 116-124, 2009.

CHELLAPPA, S.; BUENO, R. M. X.; CHELLAPPA, T.; CHELLAPPA, N. T.; VAL, V. M. F. A. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. **Limnologia**, v. 39, p. 325-329, 2009.

CHELLAPPA, S.; CÂMARA, M. R.; CHELLAPPA, N. T.; BEVERIDGE, M. C. M.; HUNTINGFORD, F. A. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). **Braz. J. Biol.**, v. 63, n. 1, p. 17-26, 2003.

CHELLAPPA, S.; CÂMARA, M. R.; CHELLAPPA, N. T.; BEVERIDGE, M. C. M.; HUNTINGFORD, F. A. Reproductive ecology of a Neotropical cichlid fish *Cichla monoculus* (Osteichthyes, Cichlidae). **Braz. J. Biol.**, v. 63, n. 1, p. 17-26, 2003.

CHELLAPPA, S.; NASCIMENTO, W. S.; CHELLAPPA, T.; CHELLAPPA, N. T. Impacts of anthropic factors on native freshwater fish in Brazilian semiarid region. In: DEMPSEY, S. P. (Ed.) **Fish Ecology**. Nova Science Publishers, Inc. New York: USA, 2011. cap 6, p. 115-130.

DE ROSA, L. V. S.; FORESTI, F.; MARTINS, C.; OLIVEIRA, C.; SOBRINHO, P. E.; WASKO, A. P. Cytogenetic analyses of two Curimatidae species (Pisces; Characiformes) from the Paranapanema and Tietê Rivers. **Braz. J. Biol.**, v. 67, n. 2, p. 333-338, 2007.

DELARIVA, R. L.; AGOSTINHO, A. A. Relationship between morphology and diets of six neotropical loricariids. **Journal of Fish Biology**, v. 58, p. 832-847, 2001.

DOOSEY, M. H.; BART JR., H. L. Morphological Variation of the Palatal Organ and Chewing Pad of Catostomidae (Teleostei: Cypriniformes). **Journal of Morphology**, v. 272, p. 1092-1108, 2011.

DOUPÉ, R. G.; KNOTT, M. J. Rapid digestion of fish prey by the highly invasive 'detritivore' *Oreochromis mossambicus*. **Journal of Fish Biology**, v. 76, p. 1019-1024, 2010.

DRAKE, P., ARIAS, A. M., GALLEGO, L. Biología de los mugilidos (Osteichthyes, Mugilidae) em los esteros de las salinas de San Fernando (Cadiz) III. Hábitos alimentarios y su relación con la morfometría del aparato digestivo. **Inv. Esq.**, v. 48, n. 2, p. 337-367, 1984.

EIRAS-STOFELLA, D. R.; CHARVET-ALMEIDA, P. Ultrastructure (SEM) of the gills of prochilodus scrofa steindachner, 1881 (Pisces, Teleostei). *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 15, p. 279-287, 1998.

ELSHEIKH, E. H. Scanning electron microscopic studies of gill arches and rakers in relation to feeding habits of some fresh water fishes. **The Journal of Basic & Applied Zoology**, v. 66, p. 121-130, 2013.

EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. **Análise das Chuvas Acumuladas (Quantis) – Ano: 2015.** Disponível em: <<http://186.250.20.84/monitoramento/2015/mapas/mapaRN.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture.** Rome, 2014. 223 p.

FARBER, S. A.; PACK, M.; HO, S. Y.; JOHNSON, I. D.; WAGNER, D. S.; DOSCH, R.; MULLINS, M. C.; HENDRICKSON, H. S.; HENDRICKSON, E. K.; HALPERN, M. E. Genetic analysis of digestive physiology using fluorescent phospholipid reporters. **Science**, v. 292, p. 1385-1388, 2001.

FAVERO, J. M.; POMPEU, P. S.; VALLADARES, A. C. P. Aspectos reprodutivos de duas espécies de ciclídeos na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 12, n. 2, p. 117-124, 2010.

FEMURN - Federação dos Municípios do RN. **Distâncias dos Municípios do Rio Grande do Norte a Natal-RN**. Disponível em: <<http://www.femurn.org.br/distancias-de-natal-rn>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

FINGER, T. E. Sorting food from stones: the vagal taste system in Goldfish, *Carassius auratus*. **J Comp Physiol A**, v. 194, n. 135-143, 2008.

FISCHER, L. G.; PEREIRA, L. E. D.; VIEIRA, J. P. **Peixes estuarinos e costeiros**. 2. ed. Rio Grande: Luciano Gomes Fischer, 2011. 131 p.

FISHBASE. *Steindachnerina notonota* (Miranda-Ribeiro, 1937). Disponível: <<http://www.discoverlife.org/20/q?search=Steindachnerina+notonota&b=FB53123>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

FRANCO, C. R. C. **Estudo ultraestrutural do estômago de dois Teleosteos: *Hypostomus commersonnii* (REIS et.al; 1990) e *Rhamdia branneri* (HASEMANN, 1911)**. 65 f. 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 1994.

FROESE, R.; PAULY, D. (Eds.). **FishBase** - versão 01/2016. Disponível em: <<http://www.fishbase.se/search.php?lang=Portuguese>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

FUGI, R. **Estratégias alimentares utilizadas por cinco espécies de peixes comedores de fundo do Alto Rio Paraná/PR-MS**. 142 f. 1993. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 1993.

FUGI, R.; N.S. HAHN. Espectro alimentar e relações morfológicas com o aparelho digestivo de três espécies de peixes comedores de fundo do rio Paraná, Brasil. **Rev. Bras. Biol.**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 4, p. 873-879, 1991.

GERKING, S. D. **Feeding Ecology of Fish**. San Diego: Academic Press, 1994. 416 p.

GERMAN, D. P.; NEUBERGER, D. T.; CALLAHAN, M. N.; LIZARDO, N.R.; EVANS, D. H. Feast to famine: The effects of food quality and quantity on the gut structure and function of a detritivorous catfish (Teleostei: Loricariidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 155, p. 281-293, 2010.

GIORA, J.; FIALHO, C. B. Biologia Alimentar de *Steindachnerina brevipinna* (Characiformes, Curimatidae), do Rio Ibicuí-Mirim, Rio Grande do Norte, Brasil. **Iheringia, Sér. Zool.**, v. 93, n. 3, p. 277-281, 2003.

GODINHO, M. H.; TOKUMARU, M.; FERRI, A. G. Histologia do trato digestivo de *Pimelodus maculatus* Lacepede (PISCES, SILUROIDEI). **Rev. Brasil. Biol.**, v. 30, n. 4, p. 583-593, 1970.

GOOGLE MAPS/EARTH. **5°37'47"S 35°37'9"W**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/5%C2%B037'47.0%22S+35%C2%B037'09.0%22W/@-5.6252999,-35.6083409,2889m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x0:0x0>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

GUISANDE, C.; PELAYO-VILLAMIL, P.; VERA, M.; MANJARRÉS-HERNÁNDEZ, A.; CARVALHO, M. R.; VARI, R. P.; JIMÉNEZ, L. F.; FERNÁNDEZ, C.; MARTÍNEZ, P.; PRIETO-PIRAQUIVE, E.; GRANADO-LORENCIO, C.; DUQUE, S. R. Ecological Factors and Diversification among Neotropical Characiforms. **International Journal of Ecology**, v. 2012, p. 1-20, 2012.

GURGEL, L. L.; VERANI, J. R.; CHELLAPPA, S. Reproductive Ecology of *Prochilodus brevis* an Endemic Fish from the Semiarid Region of Brazil. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1-7, 2012.

HAHN, N. S.; CUNHA, F. Feeding and Trophic Ecomorphology of *Satanoperca pappaterra* (Pisces, Cichlidae) in the Manso Reservoir, Mato Grosso State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 6, p. 1007-1012, 2005.

HANSEN, A.; GHOSAL, R.; CAPRIO, J.; CLAUS, A. W.; SORENSEN, P. W. Anatomical and physiological studies of bigheaded carps demonstrate that the epibranchial organ functions as a pharyngeal taste organ. **The Journal of Experimental Biology**, v. 217, p. 3945-3954, 2014.

HARDER, W. The intestine as a diagnostic character in identifying certain Clupeoids (Engraulidae, Clupeidae, Dussumieriidae) and as a morphometric character for comparing anchoveta (*Centengraulis mysticetus*) populations. **Inter-Ame. Trop. Tuna Comm.**, v. 2, n. 8, p. 367-380, 1958.

HEIDMAN, M. K.; HOLLEY, L. L.; CHAMBERS, R. M.; SANDERSON, S. L. Selective feeding on nutrient-rich particles by gizzard shad *Dorosoma cepedianum* does not involve mechanical sorting. **Aquat Biol**, v. 17, p. 129-139, 2012.

HELFMAN, G. S., COLLETTE, B. B.; FACEY, D. E.; BOWEN, B. W. **The diversity of fishes** – Biology, Evolution, and Ecology. USA: Wiley-Blackwell, 2009.

HERNÁNDEZ, D. R.; PÉREZ GIANESELLI, M.; DOMITROVIC, H. A. Morphology, histology and histochemistry of the digestive system of South American catfish (*Rhamdia quelen*). **Int. J. Morphol.**, v. 27, n. 1, p. 105-111, 2009.

HOLLEY, L. L.; HEIDMAN, M. K.; CHAMBERS, R. M.; SANDERSON, S. L. Mucous contribution to gut nutrient content in American gizzard shad *Dorosoma cepedianum*. **Journal of Fish Biology**, v. 86, p. 1457-1470, 2015.

HONDA, E. M. S. Alimentação e Reprodução de *Pseudocurimata gilberti* (QUOY & GAIMARD, 1824) do Rio Cachoeira. Dissertação de mestrado. UFPR, Curitiba/PR, 1979. 89p.

HORN, M. H.; CORREA, S. B.; PAROLIN, P.; POLLUX, B. J. A.; ANDERSON, J. T.; LUCAS, C.; WIDMANN, P.; TJIU, A.; GALETTI, M.; GOULDING, M. Seed dispersal by fishes in tropical and temperate fresh waters: The growing evidence. **Acta Oecologica**, v. 37, p. 561-577, 2011.

HOWES, G. S. Review of the genus Brycon (Teleostei; Characoidei). **Bull. Br. Mus. Nat. Hist.**, v. 43, n. 1, p. 1-47, 1982.

HUITING, L. N.; LAROCHE, F. J. F.; FENG, H. The Zebrafish as a Tool to Cancer Drug Discovery. **Austin J Pharmacol Ther**, v. 3, n. 2, p. 1-9, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Territorial Brasileira -2014**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_dtb_int.shtm>. Acesso em: 24 fev 2016.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Programa Estadual de Monitoramento e Fiscalização Ambiental Aéreo - PEMFAA – **Relatório de Sobrevôo: Rio Ceará-Mirim (executado em 09-10-2009)**. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000005942.PDF>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

IGARN - Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte. **Bacia Ceará Mirim** - 07/05/2014. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/DOC/DOC000000000028882.PDF>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

JESUS, T. B.; CARVALHO, C. E. V. Utilização de bioindicadores em peixes como ferramenta para avaliação de contaminação ambiental por mercúrio (Hg). **Oecol. Bras.**, v. 12, n. 4, p. 680-693, 2008.

KARDASH, E. Métodos atuais nas pesquisas que utilizam peixe-zebra. **Mater Methods**, v. 2, n. 109, 2012. Disponível em: <<http://www.labome.com.br/method/Current-Methods-in-Zebrafish-Research.html>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

KHOJASTEH, S. M. B. The morphology of the post-gastric alimentary canal in teleost fishes: a brief review. **Int. J. Aqu. Sci**, v. 3, n. 2, p. 71-88, 2012.

LAGLER, K. F.; BARDACH, J. E.; MILLER, R. R.; PASSINO, D. R. M. **Ichthyology**. 2. Ed. New York: Wiley & Sons, 1977.

LALL, S. P.; TIBBETTS, S. M. Nutrition, Feeding, and Behavior of Fish. **Vet Clin Exot Anim**, v. 12, p. 361–372, 2009.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER JR., T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p.139-146, 2005.

LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M.; ZILLER, S. R. **Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil**: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. Recife: Cepan, 2011. 99 p.

LÉVÊQUE, C.; OBERDORFF, T.; PAUGY, D.; STIASSNY, M. L. J.; TEDESCO, P. A. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 545–567, 2008.

LIMA, F. B.; BRACCINI, M. C.; DÍAZ, A. O.; PINHEIRO JÚNIOR, C.; GUIMARÃES, A. C. G. Morfologia das brânquias de *Steindachnerina brevipinna* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Characiformes, Curimatidae). *Revista Biotemas*, v. 22, n.1, p. 87-92, 2009.

LUCINDA, P. H. F.; VARI, R. P. New *Steindachnerina* Species (Teleostei: Characiformes: Curimatidae) from the Rio Tocantins Drainage. **Copeia**, n. 1, p. 142-147, 2009.

LUJAN, N. K.; WINEMILLER, K.O.; ARMBRUSTE, J. W. R. Trophic diversity in the evolution and community assembly of loricariid catfishes. **BMC Evolutionary Biology**, v. 12, n. 124, p. 1-12, 2012.

MACRAE, C. A.; PETERSON, R. T. Zebrafish as tools for drug discovery. **Nat Rev Drug Discov**, v. 14, n. 10, p. 721-731, 2015.

MAIA, V. **Técnica Histológica**. 2ª Ed. São Paulo: Atheneu, 1979. p. 70-136.

MAKINO, L. C. **Estrutura, ultraestrutura e histoquímica do aparelho digestório do *Prochilodus lineatus*. Análise da diversidade da microbiota intestinal de *Prochilodus lineatus* e *Pterygoplichthys anisitsi***. 92 f. 2010. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo/SP, 2010.

MALABARBA, L. R.; MALABARBA, M. C. S. L. Filogenia e classificação dos peixes neotropicais. In: BALDISSEROTTO, B.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (Ed.). **Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce**. Jaboticabal: FUNEP; UNESP, 2014. cap. 1, p. 1-12.

MALABARBA, L. R.; MALABARBA, M. C. S. L. Ictiofauna da Região Austral. **Ciência & Ambiente**, v. 35, p. 55-64, 2007.

MARTIN, P. G.; OLIVEIRA, A. V.; PRIOLI, A. J.; PRIOLI, S. M. A. P. Caracterização molecular de populações de *Steindachnerina* (PISCES, CHARACIFORMES) da planície alagável do alto rio Paraná. **CESUMAR**, v. 11, n. 1, p. 7-13, 2009.

MENIN, E. **Anátomo-Histologia Funcional Comparativa do Aparelho Digestivo de Seis Teleostei (Pisces) de Água Doce**. 1988. 539 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

MENIN, E.; MIMURA, O. M. Aspectos anatômicos dos órgãos epibrânquiais de *Prochilodus marggravii* (Walbaum, 1792) e *Prochilodus affinis* (Reinhardt, 1874) (Characiformes, Prochilodontidae). **Revista Ceres**, v. 38, n. 217, p. 229-239, 1991.

MILLER, R. V. The morphology and function of the pharyngeal organs in the clupeid, *Dorosoma petenense* (Gunther). **Chesapeake Science**, v. 5, n. 4, p. 194-199, 1964.

MÔNACO, I. A.; RESENDE, E. K. **Alimentação dos peixes detritívoros da Baía Tuiuiú, rio Paraguai, Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Corumbá: Embrapa Pantanal, 2012. 18 p.

MONTENEGRO, A. K. A.; CRISPIM, M. C.; TORELLI, J.; MARINHO, R. S. A. The influence of the methodology in the results of food diet analysis of *Steindachnerina notonota*

(MIRANDA RIBEIRO, 1937), in Taperoá II Dam, Paraíba State. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1, p. 180-191, 2006.

MONTENEGRO, A. K. A. Biecologia da ictiofauna do açude Taperoá II, Semi-árido paraibano, Brasil. 2007. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

MONTENEGRO, A. K. A.; TORELLI, J. E. R.; CRISPIM, M. C.; MEDEIROS, A. M. A. Population and feeding structure of *Steindachnerina notonota* Miranda-Ribeiro, 1937 (Actinopterygii, Characiformes, Curimatidae) in Taperoá II dam, semi-arid region of Paraíba, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 3, p. 233-244, 2011.

MORAES, M. F. P. G.; BARBOLA, I. F.; GUEDES, E. A. C. Alimentação e relações morfológicas com o aparelho digestivo do “Curimbatá”, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) (Osteichthyes, Prochilodontidae), de uma lagoa do sul do Brasil. **Revta bras. Zool.**, v. 14, n. 1, p. 169 -180, 1997.

MOREIRA, C. R. **Relações Filogenéticas na ordem Characiformes (Teleostei: Ostariophysi)**. 468 p. 2007. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2007.

MORRISON, C. M.; WRIGHT JR, J. R. A study of the histology of the digestive tract of the Nile tilapia. **Journal of Fish Biology**, v. 54, p. 597-606, 1999.

MUNDAHL, N. D., WISSING, T. E. Selection and digestive efficiencies of gizzard shad feeding on natural detritus and two laboratory diets. **Trans Am Fish Soc**, v. 117, p. 480-487, 1988.

NASCIMENTO, W. S.; BARROS, N. H. C.; ARAÚJO, A. S.; GURGEL, L. L.; CANAN, B.; MOLINA, W. F.; ROSA, R. S.; CHELLAPPA, S. Composição da ictiofauna das bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 1, p. 126-131, 2014.

NELSON, G. J. Epibranchial organs in lower teleostean fishes. **J. Zool.**, v. 153, p. 71-89, 1967.

NELSON, J. A. Breaking wind to survive: fishes that breathe air with their gut. **J Fish Biol.**, v. 84, n. 3, p. 554-576, 2014.

NETTO-FERREIRA, A. L.; VARI, R. P. New Species of *Steindachnerina* (Characiformes: Curimatidae) from the Rio Tapajós, Brazil, and Review of the Genus in the Rio Tapajós and Rio Xingu Basins. **Copeia**, n. 4, p. 523-529, 2011.

OLAOSEBIKAN, B. D.; NZEH, C. Anatomical features and histology of the digestive tract of two African detritivorous Cyprinids, *Labeo senegalensis* (Valenciennes, 1842) and *L. coubie* (Ruppell, 1832) – Abstract. **Nigerian Journal of Fisheries**, v. 5, n. 2, 2008.

OLIVEIRA, A.V.; PRIOLI, A. J.; PRIOLI, S. M. A. P.; PAVANELLI, C. S.; JÚLIO JR., H. F.; PANARARI, R.S. Diversity and genetic distance in populations of *Steindachnerina* in the upper Paraná river floodplain of Brazil. **Genetica**, v. 115, p. 259-267, 2002.

OLIVEIRA, D. C.; BENNEMANN, S. T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 1, p. 95-107, 2005.

OLIVEIRA, F. A.; REIS, L. P.; SOTO-BLANCO, B.; MELO, M. M. Pesticides residues in the *Prochilodus costatus* (Valenciennes, 1850) fish caught in the São Francisco River, Brazil. **J Environ Sci Health B**, v. 50, n. 6, p. 398-405, 2015.

OLIVEIRA, J. C. S.; ISAAC, V. J. Diet breadth and niche overlap between *Hypostomus plecostomus* (Linnaeus, 1758) and *Hypostomus emarginatus* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes) in the Coaracy Nunes hydroelectric reservoir, Ferreira Gomes, Amapá-Brazil. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 116-125, 2013.

OLSSON, C. Autonomic innervation of the fish gut. **Acta histochemica**, v. 111, p. 185-195, 2009.

OLSSON, C. The enteric nervous system. In: GROSELL, M.; FARRELL, A. P.; BRAUNAER, C. J. (Ed.) **Fish physiology: the multifunctional gut of fish**. San Diego: Academic Press, 2011. cap. 8, p. 319-349.

PASLEAU, F.; R. DIOGO; M. CHARDON. The epibranchial organ and its anatomical environment in the Gonorynchiformes, with functional discussions. In: Grande, T.; F. Poyato-Ariza; R. Diogo (Eds.). **Gonorynchiformes and ostariophysan relationships** – a comprehensive review. Oxford, UK: Science Publishers, Taylor & Francis, 2009. p. 140-166.

PEREIRA, R. A. C.; RESENDE, E. K. **Peixes detritívoros da planície inundável do rio Miranda, Mato Grosso do Sul, Pantanal**. Corumbá, MS: EMBRAPA-CPAP, 1998. 97 p.

PEREIRA, T. N. A. **Anatomia Comparada Encefálica de Characiformes (Teleostei: Ostariophysii)**. 279 f. 2014. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto/SP, 2014.

PERESSIN, A.; GONÇALVES, C. S.; BRAGA, F. M. S. Reproductive strategies of two Curimatidae species in a Mogi Guaçu impoundment, upper Paraná River basin, São Paulo, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 4, p. 847-854, 2012.

PESSOA, E. K. R.; SILVA, N. B.; CHELLAPPA, N.T.; SOUZA, A. A.; CHELLAPPA, S. Morfologia comparativa do trato digestório dos peixes *Hoplias malabaricus* e *Hypostomus pusearum* do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 48-57, 2013.

QUEIROZ, L. P.; RAPINI, A.; GIULIETTI, A. M. (Ed.). **Towards greater knowledge of the Brazilian Semi-arid Biodiversity**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. 138 p.

RAKERS, S.; GEBERT, M.; UPPALAPATI, S.; MEYER, W.; MADERSON, P.; SELL, A. F.; KRUSE, C.; PAUS, R. 'Fish matters': the relevance of fish skin biology to investigative dermatology. **Experimental Dermatology**, v. 19, p. 313-324, 2010.

RAMIRES, M.; CLAUZET, M.; BARRELLA, W.; ROTUNDO, M. M.; SILVANO, R. A. M.; BEGOSSI, A. Fishers' knowledge about fish trophic interactions in the southeastern Brazilian coast. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 11, n. 19, p. 1-11, 2015.

RAMOS, T. P. A.; BARROS-NETO, L. F.; BRITSKI, H. A.; LIMA, S. M. Q. *Parotocinclus seridoensis*, a new hypoptopomatine catfish (Siluriformes: Loricariidae) from the upper rio Piranhas-Açu basin, northeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 4, p. 787-796, 2013.

RIBEIRO, C. A. O.; FANTA, E. Microscopic Morphology and histochemistry of the digestive system of a tropical freshwater fish *Trichomycterus brasiliensis* (Lütken)(Siluroidei, Trichomycteridae). **Rev. bras. Zool.**, v. 17, n. 4, p. 953-971, 2000.

RICHARDSON, R.; SLANCHEV, K.; KRAUS, C.; KNYPHAUSEN, P.; EMING, S.; HAMMERSCHMIDT, M. Adult zebrafish as a model system for cutaneous wound-healing research. **J Invest Dermatol.**, v. 133, n. 6, p. 1655-1665, 2013.

RODRIGUES, S. S.; MENIN, E. Adaptações Anatômicas da cavidade Bucofaringiana de *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix e Agassiz, 1829) (Siluriformes, Pimelodidae) em relação ao seu hábito alimentar. **Revista Ceres**, v. 53, n. 305, p. 135-146, Jan.-feb., 2006a.

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

RODRIGUES, S. S.; MENIN, E. Anatomia da cavidade bucofaringiana de *Conorhynchos conirostris* (VALENCIENNES, 1840) (SILURIFORMES). **Revista Ceres**, v. 52, n. 304, p. 843-862, 2005.

RODRIGUES, S. S.; NAVARRO, R. D.; MENIN, E. Adaptações anatômicas da cavidade bucofaringiana de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski, 1988 (Pisces, Characiformes, Anostomidae) em relação ao hábito alimentar. **Biotemas**, v. 19, n. 1, p. 51-58, mar., 2006.

ROMER, A. S.; PARSONS, T. S. **Anatomia comparada dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 1985. 559 p.

ROSA, R. S.; MENEZES, N. A.; BRITSKI, H. A.; COSTA, W. J. E. M.; GROTH, F.. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, 2003. cap. 3, p. 135-180.

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

SALVADOR-JR, L. F.; SALVADOR, G. N.; SANTOS, G. B. Morphology of the digestive tract and feeding habits of *Loricaria lentiginosa* Isbrücker, 1979 in a Brazilian reservoir. **Acta Zoologica**, v. 90, p. 101-109, 2009.

SAMPAIO, A. L. A.; GOULART, E. Ciclídeos Neotropicais: Ecomorfologia Trófica. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 4, p. 775-798, 2011.

SAMPAIO, T. R.; GRAVENA, W.; GOUVEIA, J. G.; GIULIANO-CAETANO, L.; DIAS, A. L. B microchromosomes in the family Curimatidae (Characiformes): mitotic and meiotic behavior. **CompCytogenet**, v. 5, n. 4, p. 301-13, 2011.

SAMPAIO, T. R.; PIRES, L. B.; VENTURELLI, N. B.; USSO, M. C.; ROSA, R.; DIAS, A. L. Evolutionary trends in the family Curimatidae (Characiformes): inferences from chromosome banding. **CompCytogenet**, v. 10, n.1, p. 77-95, 2016.

SAMPAIO, W. M. S.; BELEI, F.; GIONGO, P.; SILVA, W. L. Ichthyofauna, Uberabinha River (Upper Paranaíba River Basin), Triangle Mineiro region, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. **Check List**, v. 8, n. 6, p. 1085–1088, 2012.

SANTOS, L. V. R.; FORESTI, F.; WASKO, A. P.; OLIVEIRA, C.; MARTINS, C. Nucleotide sequence, genomic organization and chromosome localization of 5S rDNA in two species of Curimatidae (Teleostei, Characiformes). **Genetics and Molecular Biology**, v. 29, n. 2, p. 251-256, 2006.

SANTOS, M. L.; ARANTES, F. P.; SANTIAGO, K. B.; SANTOS, J. E. Morphological characteristics of the digestive tract of *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875), (Characiformes: Anostomidae): An anatomical, histological and histochemical study. **An Acad Bras Cienc**, v. 87, n. 2, p. 867-878, 2015.

SCHUINGUES, C. O.; LIMA, M. G.; LIMA, A. R.; MARTINS, D. S.; COSTA, G. M. Anatomia da cavidade bucofaringeana de *Sorubim trigonocephalus* (Siluriformes, Osteichthyes). **Pesq. Vet. Bras.**, v. 33, n. 10, p. 1256-1262, 2013.

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.

SILVA FILHO, E. G.; SANTANA, F. M. S.; SEVERI, W. Ictiofauna do reservatório de Duas Unas, bacia do rio Jaboatão, Pernambuco: resultados preliminares da composição e estrutura da assembléia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.2, p.351-361, 2011.

SILVA, M. R.; NATALI, M. R. M.; HAHN, N. S. Histology of the digestive tract of *Satanoperca pappaterra* (Osteichthyes, Cichlidae). **Acta Scientiarum**, v. 34, n. 3, p. 319-326, 2012.

SILVA, N. B. **Estudo morfohistológico do tubo digestório de *Steindachnerina notonota* Ribeiro, 1937 (Characiformes, Curimatidae) e *Hoplias malabaricus* Bloch, 1794 (Characiformes, Erythrinidae) do rio Ceará Mirim em Umari, município de Taipu - RN.** 2004. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2004.

SILVA, N. B.; GURGEL, H. C. B.; SANTANA, M. D. Histologia do sistema digestório de sagüiru, *Steindachnerina notonota* (Miranda Ribeiro, 1937) (Pisces, Curimatidae), do rio Ceará Mirim, Rio Grande do Norte, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 31, n.1, p. 1-8, 2005.

SILVA-CAMACHO, D. S.; SANTOS, J. N. S.; GOMES, R. S.; ARAÚJO, F. G. Ecomorphological relationships among four Characiformes fish species in a tropical reservoir in South-eastern Brazil. **Zoologia**, v. 31, n. 1, p. 28-34, 2014.

SIMONATO, J. D.; GUEDES, C. L. B.; MARTINEZ, C. B. R. Biochemical, physiological, and histological changes in the neotropical fish *Prochilodus lineatus* exposed to diesel oil. **Ecotoxicol Environ Saf**, v. 69, n.1, p.112–120, 2008.

STARLING, F.; LAZZARO, X.; CAVALCANTI, C.; MOREIRA, R. Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. **Freshwater Biology**, v. 47, n. 12, p. 2443-2452, 2002.

STEVENS, C. E.; HUME, I. D. **Comparative physiology of the vertebrate digestive system**. 2nd ed. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2004.

STOSKOPF, M. K. Anatomy. In: **Fish Medicine**. Ed. W. B, Mexico: Saunders Company. 1993. p. 03-31.

TEIXEIRA, I.; BENNEMANN, S. T. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 67-76, 2007.

TORRES, R. A.; MATOSO, D. A.; ARTONI, R. F. Genética de peixes neotropicais. II. Biologia molecular de peixes neotropicais. **Publ. UEPG Ci. Biol. Saúde**, Ponta Grossa, v. 10, n. 2, p. 27-37, jun. 2004.

VARI, R. P. Systematics of the Neotropical characiform genus *Steindachnerina* Fowler (Pisces, Ostariophysii). **Smithsonian Contributions to Zoology**, v. 507, p.1-118, 1991.

VARI, R. P.; MALABARBA, L. R. **Neotropical ichthyology: an overview**. In: MALABARBA, L. R.; REIS, R. E.; VARI, R. P.; LUCENA, Z. M. S.; LUCENA, C. A. S. (Ed.). *Phylogeny and classification of Neotropical fish*. Porto Alegre: Edipucrs, 1998. p. 1-12.

VARI, R. P.; MALABARBA, L. R. Neotropical Ichthyology: an overview. In: MALABARBA, L. R.; REIS, R. E.; VARI, R. P.; LUCENA, Z. M. S.; LUCENA, C. A. S. **Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes**. Porto Alegre: Edipucrs, 1998. p. 1-11.

VENERE, P. C; SOUZA, I. L.; SILVA, L. K.; DOS ANJOS, M. B.; DE OLIVEIRA, R. R.; GALETTI JR, P. M. Recent chromosome diversification in the evolutionary radiation of the freshwater fish family Curimatidae (Characiformes). **Journal of Fish Biology**, v. 72, p. 1976-1989, 2008.

WILSON, J. M.; CASTRO, L. F. C. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. In: GROSELL, M.; FARRELL, A. P.; BRAUNAER, C. J. (Ed.) **Fish physiology: the multifunctional gut of fish**. San Diego: Academic Press, 2011. cap. 1, p. 1-55.

WINEMILLER, K. O.; KELSO-WINEMILLER, L. C. Food habits of tilapiine cichlids of the upper Zambezi river and floodplain during descending phase of the hydrologic cycle. **Journal of Fish Biology**, v. 63, n. 1, p. 120-128, 2003.

YAMADA, S.; YAMAMOTO, K.; IKEDA, T.; YANAGIGUCHI, K.; HAYASHI, Y. Potency of Fish Collagen as a Scaffold for Regenerative Medicine. **BioMed Research International**, v. 2014, p. 1-8, 2014.

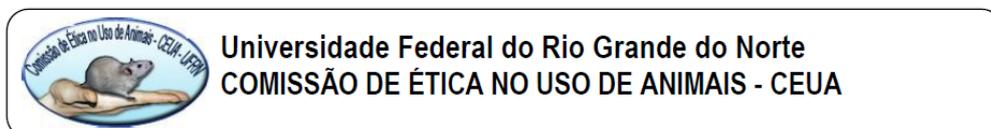
YAMAMOTO, K.; IGAWA, K.; SUGIMOTO, K.; YOSHIZAWA, Y.; YANAGIGUCHI, K.; IKEDA, T.; YAMADA, S.; HAYASHI, Y. Biological Safety of Fish (Tilapia) Collagen. **BioMed Research International**, v. 2014, p. 1-9, 2014.

YOSSA, M. I.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. Detritivory in two Amazonian fish species. **Journal of Fish Biology**, v. 52, p. 1141-1153, 1998.

ZAGANINI, R. L.; VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; CARVALHO, E. D. Ontogenetic diet shifts of *Oreochromis niloticus* and *Tilapia rendalli* of the Barra Bonita reservoir (Tietê river, São Paulo State, Brazil). **Acta Scientiarum**, v. 34, n. 3, p. 255-262, 2012.

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

ANEXO – Parecer de aprovação da CEUA/UFRN.



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA

PROTOCOLO N.º 064/2015

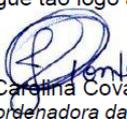
Professor/Pesquisador: *NAISANDRA BEZERRA DA SILVA*

Natal (RN), 02 de dezembro de 2015.

Certificamos que o projeto intitulado “**Adaptações morfológicas do trato digestório do peixe neotropical *Steindachnerina notonota* (Characiformes, Curimatidae) ao hábito alimentar detritívoro**”, protocolo 064/2015, sob a responsabilidade de NAISANDRA BEZERRA DA SILVA, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica encontra-se de acordo com os preceitos da Lei n.º 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto n.º 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado, após análise das adequações, pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – CEUA/UFRN.

Vigência do Projeto	JULHO 2017
Número de Animais	10
Espécie/Linhagem	Peixes Saguiru (<i>Steindachnerina notonota</i>)
Peso/Idade	Variado
Sexo	Variado
Origem	Rio Ceará Mirim, no município de Taipu/RN

Informamos ainda que, segundo o Cap. 2, Art. 13 do Regimento, é função do professor/pesquisador responsável pelo projeto a elaboração de relatório de acompanhamento que deverá ser entregue tão logo a pesquisa for concluída.


Josy Carolina Covan Pontes
Coordenadora da CEUA