

## Caracterização histológica do tubo digestório do peixe *Hypostomus paparie*

### *Histological characterization of the digestive tract of the fish Hypostomus paparie*

Jamillys Silva de França<sup>1</sup>, Ramiro Gustavo Valera Camacho<sup>1</sup>, Danielle Peretti<sup>1</sup>, Simone Almeida Gavilan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais (PPGCN), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) – Mossoró, RN, Brasil; <sup>2</sup> Departamento de Morfologia, Centro de Biociências (CB), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Natal, RN, Brasil.

França, J. S. de\*  
millyfranca@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0008-5391-7097>

Camacho, R. G. V.  
ramirogustavovc@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-3139-0067>

Peretti, D.  
danielleperetti@uern.br  
<https://orcid.org/0000-0002-5333-9812>

Gavilan, S. A.  
gavilansimonealmeida@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-6790-1696>

\* Autor correspondente: Rua Presidente Tancredo Neves, 74, apartamento 304, Viçosa, Minas Gerais, CEP 36570-057.

**Resumo:** *Hypostomus paparie* é um peixe pertencente a ordem Siluriformes, família Loricariidae que habita regiões neotropicais. O semiárido da região é marcado por forte insolação, temperaturas altas, regime de chuvas escassas, irregulares e períodos pequenos de precipitação. Suas águas são utilizadas para diversos fins, ficando hipóxicas em determinadas épocas do ano. Ao longo da evolução, algumas espécies de peixes desenvolveram adaptações para sobreviver a este tipo de ambiente, como utilizar parte do sistema digestório para respiração aérea facultativa. O objetivo desse trabalho foi caracterizar o sistema digestório da espécie *H. paparie* a fim de contribuir para o entendimento de sua anatomia e ecologia. Foram utilizados 10 exemplares coletados no rio Apodi-Mossoró. Os espécimes foram levados ao laboratório para serem seccionados e retirados partes do esôfago, estômago e intestino. Os órgãos foram submetidos a um protocolo de preparação de lâminas histológicas para estudo em microscopia óptica. As estruturas teciduais foram analisadas e fotografadas com auxílio de um fotomicroscópio. As análises histológicas demonstraram características indicativas que a espécie inicia sua digestão no esôfago, mas que ocorre com mais intensidade no intestino. O estômago possui função de digestão e de respiração, com a digestão mais proeminente na região cárdica e a respiração na região pilórica, evidenciado a partir das pregas estomacais e criptas serem mais evidentes na região cárdica, além do aumento da vascularização e diminuição da altura do epitélio ao longo do órgão. A parte anterior do intestino também possui função de respiração, além da digestão e a região média e posterior caracterizam-se apenas por sua atividade digestiva. Os resultados sugerem que os aspectos histológicos indicativos da função respiratória em partes do tubo digestivo, são adaptações da espécie para a sobrevivência em ambientes com hipóxia da água.

**Palavras-chave:** Água hipóxica, Cascudo, Respiração aérea, Semiárido.

**Abstract:** *Hypostomus paparie* is a fish belonging to the order Siluriformes, family Loricariidae that inhabits regions with neotropical. The semiarid region is marked by strong sunlight, high temperatures, scarce and irregular rainfall and short periods of precipitation. Its waters are used for various purposes, becoming hypoxic at certain times of the year. Throughout evolution, some fish species developed adaptations to survive in this environment, such as using part of the digestive system for facultative air breathing. The objective of this work was to characterize the digestive system of the species *H. paparie* in order to contribute to the understanding of its anatomy and ecology. Ten specimens of *H. paparie* collected from the Apodi-Mossoró River. The specimens were taken to the laboratory to undergo sectioning procedures and the esophagus, stomach, and intestine were removed. The organs were submitted to a protocol for the preparation of histological slides to study in optical microscopy. The tissue structures were analyzed and photographed with the aid of a photomicroscope. Histological analyzes showed characteristics indicating that *H. paparie* begins its digestion in the esophagus, but this occurrence is more intensely in the intestine. The stomach has digestion and respiration functions, with digestion most prominent in the cardiac region and respiration in the pyloric region. The front part of the intestine also has work of breathing in addition to digestion; the Middle and back regions are characterized only by their digestive activity. The results suggest that the histological aspects indicative of respiratory function in parts of the digestive tract are adaptations of the species for survival in environments with water hypoxia.

**Keywords:** Hypoxic water, Shell, Air-breathing, Semiarid.

## INTRODUÇÃO

A região semiárida é caracterizada por possuir forte insolação, temperaturas altas, regime de chuvas escassas, irregulares e com precipitações em um curto período (Silva et al., 2010) além de apresentar uma predominância de solos rasos sobre rochas cristalinas, ocasionando baixas trocas de água entre os rios e os solos adjacentes (Cirilo, 2008). Devido a estes atributos, o semiárido possui terras que ficam inundadas quando rios transbordam e que se isolam durante a estação mais seca (Pompeu & Godinho, 2006). Outra particularidade dos rios no semiárido são as atividades de lazer, pesca, agricultura, pecuária, abastecimento de água para as cidades e produção de energia. Todas estas características supracitadas, impactam negativamente a qualidade da água. É o que acontece na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró que possui uma precipitação média anual de 400 mm (Bezerra et al., 2013) e vem sofrendo constantes impactos provenientes da lixiviação de fertilizantes e pesticidas das diversas atividades agrícolas em seu entorno, como também constantes descargas de esgotos domésticos e industriais lançados em toda a sua extensão (Oliveira et al., 2009). A presença de certos poluentes, principalmente de origem orgânica pode provocar a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água (Cunha & Ferreira, 2019).

O barramento de rios também influencia na qualidade da água pois além de fragmentar o rio, modifica o regime fluvial e aumenta a perda de água por evaporação (Lima & Alves, 2017), é o caso da barragem de Santa Cruz, localizada no município de Apodi, Rio Grande do Norte que regula a vazão do rio Apodi-Mossoró (Jacinto, 2015) além de banho e lazer. Organismos que vivem em águas hipóxicas adaptaram-se ao longo da história evolutiva para conseguirem sobreviver, como o exemplo de muitas espécies de peixes que modificaram algumas estruturas morfológicas para respirar ar atmosférico, com alterações nas brânquias, papilas bucais, bexiga de ar, pele ou aparelho gastrointestinal (Barros Neto et al., 2019; Gee, 1976; Park & Kim, 2001; Weber et al., 1978; Zeni et al., 2016).

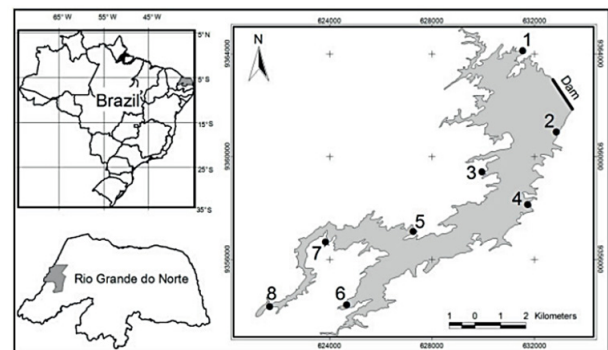
*Hypostomus paparie* (Fowler, 1941) é um peixe dulcícola que pertence a ordem Siluriformes e família Loricariidae, que possui mais de 600 espécies (Isbrücker, 1980) e são

a maior família de bagres encontrados na América do Sul e América Central e está também entre as maiores de todas as famílias de peixes (Ambruster, 1991). Comumente conhecidos como cascudos ou limpa-vidros, as espécies variam em comprimento de 4 a 40cm (Graham, 1998). Sua anatomia geral é caracterizada por possuir corpo coberto de placas ósseas, boca ventral com lábios superiores e inferiores geralmente papilados e mandíbulas com dentes de números e formas diferentes (López & Miquelarena, 1991). Os peixes desta família absorvem oxigênio com auxílio das brânquias, em águas bem oxigenadas (normóxia) e quando a água é hipóxica, esta absorção ocorre através do trato digestório (Weber & Wood, 1978). Esta adaptação ocorreu devido a mudanças histológicas em estruturas do trato digestório que de modo geral possui quatro camadas distintas: mucosa, submucosa, musculares e serosa (Pessoa et al., 2013).

Considerando que pouco se sabe sobre a histologia do trato digestório desses peixes e não foi encontrado na literatura a descrição histológica do tubo digestório para o *Hypostomus paparie* e por ela estar entre as espécies mais abundantes nos rios do semiárido (Novaes et al., 2014), o objetivo desta pesquisa foi caracterizar histologicamente as estruturas do tubo digestório desta espécie, diante das indagações: *H. paparie* utiliza algum órgão de seu tubo digestório para auxiliar na respiração? Onde ocorre a digestão?

## MATERIAL E MÉTODOS

Figura 1  
Localização da área de estudo e pontos de coleta (do 1 ao 8) no reservatório de Santa Cruz, Rio Grande do Norte, Brasil



Fonte: Semarh (2011).

**Área de estudo.** As coletas foram realizadas no reservatório de Santa Cruz, município de Apodi, estado do Rio Grande do Norte (05°39'01"S, 37°47'56"O) (Figura 1). Possui uma área de 3.413,36 ha, com capacidade máxima de 599.712.000,00 m<sup>3</sup> (e.g. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos [Semarh], 2001). O clima local é do tipo BSw'h', da classificação climática de Köppen, caracterizada por ser muito quente e semiárido (Sousa et al., 2014), com duas estações bem definidas (seca e chuvosa).

**Amostragem.** As coletas ocorreram no período chuvoso, entre os meses de dezembro e março com o uso de redes de espera distribuídas em oito pontos ao longo do reservatório (Fig. 1), para abranger todo o reservatório. As redes possuíam malhas entre 12 e 70 mm entre nós adjacentes, com 15 m de comprimento e altura entre 1,8 e 2,0 m cada, instaladas às 17h e retiradas às 05h do dia seguinte. Foram capturados um total de 12 exemplares, dos quais 2 foram encaminhados para o acervo ictiológico do museu na Universidade Federal da Paraíba (UFPB 8963 – 3934). Os demais exemplares foram levados ao laboratório de Ictiologia e Ecologia Aplicada da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

Protocolo de procedimentos para estudo em microscopia óptica. De acordo com Santos et al. (2021) para histologia de rotina e colorações. Em laboratório, os peixes foram submetidos aos procedimentos de seccionamento que consistem em abertura na cavidade abdominal e a retirada dos órgãos do tubo digestório – esôfago, estômago e intestino. Com o auxílio de uma lâmina de bisturi, foram retiradas porções do esôfago, da região cárdica, fúndica e pilórica do estômago e porções do intestino anterior, médio e posterior. Estas partes retiradas foram fixadas em solução de Bouin por 12h e posteriormente conservados em álcool à 70% por mais 12h. Após, o material fixado foi transportado ao Laboratório de Morfofisiologia de Vertebrados da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Após a fixação, os órgãos foram desidratados de forma progressiva, utilizando álcool etílico (70% a 100%), duas vezes diafanizados em xilol e depois impregnados em parafina também duas vezes e por último, incluídos na parafina para confecção dos blocos utilizados na microtomia. Foram realizados cortes histológicos de 5µm com o auxílio de um micrótomo, para microscopia óptica. De cada

espécime foram obtidas duas lâminas de cada órgão, cada uma contendo três amostras. Em seguida, foram feitos os procedimentos de preparo para a coloração, que consistem em desparafinização utilizando dois banhos em xilol e hidratação com concentrações decrescentes de álcool etílico (100% a água destilada). Depois, foi realizado a coloração com hematoxilina e eosina (H.E.) e novamente a desidratação em álcool crescente (70% a 100%), a clarificação com xilol (duas vezes). Por último, ocorreu a montagem da lâmina de vidro e com posterior fixação de uma lamínula à lâmina.

**Análise histológica e fotomicrografia.** As amostras foram analisadas no Laboratório de Ictiologia e Ecologia Aplicada da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, com o auxílio de um microscópio óptico. Para a realização das fotomicrografias foi utilizado um fotomicroscópio do Laboratório de Sistemática Molecular da Universidade Federal de Viçosa.

## RESULTADOS

De maneira geral, as análises histológicas evidenciaram quatro camadas teciduais nos órgãos no tubo digestório dos peixes coletados, que considerando do lado mais externo para a luz dos órgãos, foram respectivamente: 1) camada serosa (no estômago), 2) camadas musculares, 3) lâmina própria e 4) epitélios. As fig. a seguir são representações de fotomicrografias de cortes transversais do esôfago, estômago e intestino do *H. paparie*.

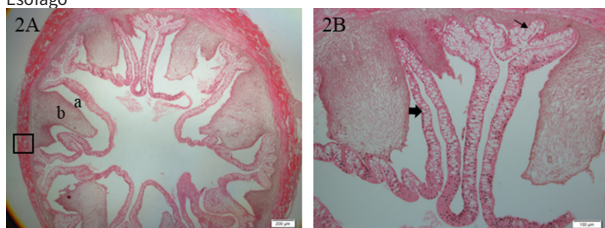
**Esôfago (Fig. 2A e 2B).** O esôfago apresenta a camada mucosa com pregas longitudinais marcadas pela presença de epitélio pavimentoso estratificado (Fig. 2A), uma lâmina própria vascularizada formada de tecido conjuntivo (Fig. 2A), duas camadas de células musculares, sendo uma orientada de forma circular interna e outra longitudinal externa (Fig. 2A). Nas pregas esofágicas foram evidenciadas numerosas células produtoras de muco (Fig. 2B) e células claviformes (Fig. 2B), ambas caracterizadas por terem uma coloração mais clara, sendo estas últimas mais arredondadas e com núcleo central.

**Estômago (Fig. 3A a 3D).** O estômago é marcado pela presença de criptas longitudinais nas regiões cárdica,

fúndica e pilórica (Fig. 3A), que são invaginações do epitélio para dentro da lâmina própria (tecido conjuntivo) (Fig. 3A). Na região cárdica as criptas são mais profundas e essa profundidade vai sendo reduzida ao longo do comprimento do órgão (Fig. 3C e 3D). O epitélio cilíndrico simples (Fig. 3B) é separado da lâmina própria por uma camada, a muscular da mucosa (Fig. 3B), que é bem evidente na região cárdica e ausente na região pilórica. A lâmina própria é bastante vascularizada e nela encontram-se fibras de tecido conjuntivo de colágeno (Fig. 3B) que vão reduzindo ao longo do comprimento do órgão. O epitélio também vai diminuindo seu comprimento ao longo do estômago. Também são apresentadas duas camadas musculares, uma orientada de forma circular interna e uma longitudinal externa e mais externamente uma camada serosa (Fig. 3A), formada por uma camada fina de tecido conjuntivo.

*Intestino (Fig. 4A a 4D).* O intestino foi dividido em região anterior, média e posterior. Todas as regiões são marcadas pela presença das vilosidades intestinais (Fig. 4A e 4B) compostas pelo epitélio (Fig. 4C) e pela lâmina própria (Fig. 4B) formada por tecido conjuntivo muito vascularizado. Da porção anterior à posterior o epitélio vai aumentando em profundidade e é caracterizado por ser cilíndrico simples (Fig. 4C e 4D). Células caliciformes (Fig. 4B) foram encontradas apenas na região anterior e nesta região também foram apresentadas estruturas saculares rompidas (Fig. 4B) que aderem-se formando uma estrutura de mesotélio de revestimento. O intestino possui duas camadas de células musculares (Fig. 4B), uma circular interna e uma longitudinal externa.

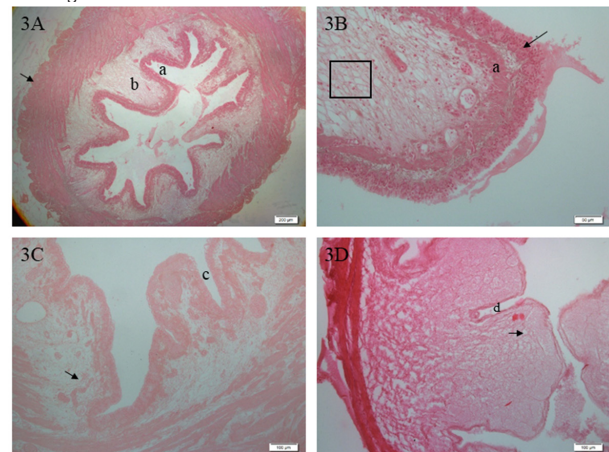
Figura 2  
Esôfago



Nota: 2A: pregas longitudinais (a), lâmina própria (b), camadas musculares (quadrado). 2B: células produtoras de muco (seta mais fina), células claviformes (seta mais grossa).

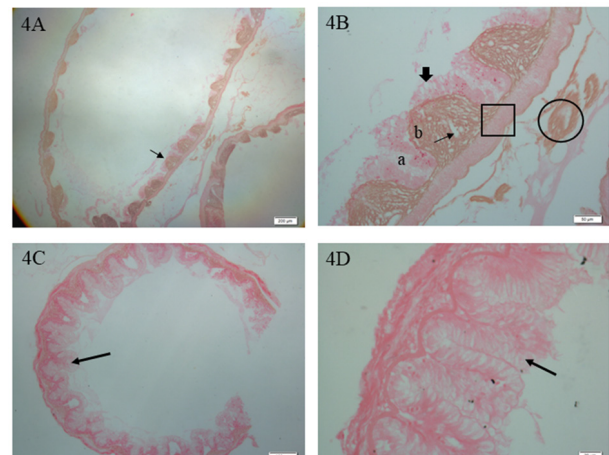
Figura 3

Estômago



Nota: Figuras 3A e 3B referentes a região cárdica. 3A: criptas longitudinais (a), lâmina própria (b), camada serosa (seta); 3B: muscular da mucosa (a), epitélio cilíndrico simples (seta), fibras de colágeno (quadrado); Figura 3C e 3D referentes a região fúndica e pilórica: ênfase na redução das criptas gástricas (c e d), vasos sanguíneos (setas).

Figura 4  
Intestino



Nota: Figuras 4A e 4B referentes a porção anterior. 4A: ênfase nas vilosidades intestinais (seta). 4B: vilosidades intestinais (a), lâmina própria (b), vaso sanguíneo (seta mais fina), célula caliciforme (seta mais grossa), estruturas saculares rompidas (círculo). 4C e 4D região média e posterior, respectivamente, enfatizando o aumento do epitélio (setas).

## DISCUSSÃO

A disposição paralela das pregas longitudinais do esôfago do *H. paparie* provavelmente está relacionada a sua função de passagem de alimento além de sugerir ser o local onde ocorre o início da digestão devido ao complexo muscular. Chaves e Vazzoler (1984) em trabalho realizado com o *Semaprochilodus insignis*, um peixe da família Prochilodontidae, ressaltam que as características histológicas do esôfago competem conduzir e lubrificar o alimento, realizando uma pré-digestão

mecânica (relacionada ao peristaltismo promovido pelo complexo muscular) e química. Neste estudo evidenciou-se a presença de inúmeras células produtoras de muco, o que sugere a função de lubrificação do alimento. Estas células atuam mantendo o funcionamento adequado do órgão, o protegendo de injúrias mecânicas (Oliveira et al., 2019).

Outros trabalhos também mostram a presença de células mucosetoras no esôfago de siluriformes (Faccioli et al., 2014, 2016; Gosavi et al., 2019; Mello et al., 2017; Santos et al., 2007; Santos et al., 2015; Xiong et al., 2011), corroborando assim com nossa sugestão para o papel desempenhado por estas células. As numerosas células claviformes encontradas também no epitélio do esôfago, sugerem que estejam relacionadas a comportamento defensivo nos peixes, elas produzem agentes tóxicos que detêm predadores (Curvo et al., 2021). A musculatura do esôfago ajuda a impulsionar o alimento ao longo de seu trajeto, além de minimizar a entrada de água durante a ingestão do alimento (Rotta, 2003). Encontramos duas camadas musculares bem espessas e considerando que o hábito alimentar do *H. paparie* caracteriza-se por ser detritívoro (Oliveira et al., 2016), implica na ingestão de uma quantidade significativa de água durante a alimentação de matéria orgânica em decomposição, estas características da musculatura esofágica podem contribuir para o sucesso na digestão.

Em relação as estruturas do estômago do *H. paparie*, as criptas gástricas longitudinais, as células produtoras de muco, a vascularização e a muscular da mucosa, sugerem que esse órgão possua dupla função, a digestiva e a respiratória e levando em consideração que em determinadas épocas do ano ocorre depleção de oxigênio na água, é possível que a espécie tenha se adaptado para que o órgão possua esta dupla função. Inferimos que a digestão ocorra com mais intensidade na região cárdica, devido a presença das pregas estomacais e as criptas gástricas serem mais evidentes nessa localidade, além disso, é nessa região onde encontra-se a presença de células produtoras de muco, ausentes nas regiões pilórica e fúndica. Os feixes de fibra de colágeno encontradas na região cárdica, parecem estar relacionados ao suporte e fortalecimento do órgão, mas são necessárias mais investigações (Ekele et al., 2014). A função digestiva do estômago não se caracteriza fortemente se comparada ao intestino, pois ao longo do órgão ocorrem

algumas características que sugerem a diminuição da função digestiva, tais como a redução da muscular da mucosa e da profundidade das criptas gástricas e indícios de função respiratória, evidenciada pelo aumento da vascularização e diminuição da altura do epitélio. Descrição histológica semelhante foi encontrada no estudo de Pinheiro et al. (1993) para o *Trichogenes longipinnis*, um peixe da família Trichomicteridae, onde encontraram uma disposição de redes de capilares em íntimo contato com células epiteliais, além de estruturas adaptativas do estômago características de função respiratória.

Na região do intestino anterior do *H. paparie*, além da presença de vilosidades mais numerosas e acentuadas do que as encontradas no estômago, foram identificadas formações saculares que sugerem relação com a respiração, portanto, o intestino também parece estar adaptado a condição hipóxica da água. Giamas et al. (2000) apresentaram em seus resultados para *Hoplosternum littorale*, que as formações saculares no intestino é onde ocorrem trocas gasosas.

Nosso estudo também evidenciou células calciformes na região anterior do intestino, o que sugere a função de lubrificação do alimento, já que elas são produtoras de muco, protegendo o órgão contra injúrias mecânicas (Oliveira et al., 2019). Nesta pesquisa foi observada vilosidades intestinais ao longo de todo o órgão. Essas observações morfológicas sugerem maior absorção de nutrientes na região do intestino do que em outras partes do tubo digestório. Na espécie *H. pusalum*, os autores (Pessoa et al., 2013) citam que o padrão das pregas (vilosidades) da mucosa intestinal está relacionado à função de absorção de nutrientes, pois aumenta a área, o que compensa o baixo valor nutritivo do alimento ingerido, pois quanto menor o valor nutritivo do alimento ingerido, mais elaboradas são as pregas intestinais. Vale também destacar que a quantidade de pregas intestinais e de epitélio intestinal do *H. paparie* vai aumentando ao longo do intestino, o que também corrobora com esta característica de absorção.

## CONCLUSÃO

As características histológicas supracitadas corroboram com as pesquisas sobre a adaptação e conseqüentemente

sobrevivência desses peixes em águas hipóxicas. Como pode-se observar, o *Hypostomus paparie* possui estruturas que permite utilizar parte do seu sistema digestório na respiração, enfatizando a dupla função do estômago, as adaptações no epitélio e as formações saculares no intestino. Portanto, esta espécie é bem adaptada ao ambiente em que é encontrada, que são corpos d'água onde o clima e as atividades antrópicas causam uma depleção do oxigênio em determinadas épocas do ano.

## REFERÊNCIAS

- Ambruster, J. W. (1991). *Phylogenetic relationships of the sucker-mouth armored catfishes (Loricariidae) with particular emphasis on the ancistrinae, Hypostominae, and Neoplecostominae*. UMI Company 17. USA.
- Barros Neto, L. F., Frigo, R. G., Gavilan, S. A., Moura, S. A. B., & Lima, S. M. Q. (2020). Barbel development associated to aquatic surface respiration in *Triporthesus signatus* (Characiformes: Triporthetidae) from the semiarid Caatinga rivers. *Environ Biol Fish*, 103(3). <https://doi.org/10.1007/s10641-019-00935-x>
- Bezerra, J. M., Silva, P. C. M., Oliveira, R. B., Catunda, P., Pinheiro, A. F. (2013). Análise dos indicadores de qualidade da água no trecho urbano do rio Apodi-Mossoró em Mossoró-RN, Brasil. *Ciências Agrárias*, 34(8), 3443-3453. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3443>
- Brasil. (2011). *Ficha técnica do reservatório Santa Cruz do Apodi*. Semarh. <http://servicos.semarh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cResFichaTecnica.asp?IdReservatorio=43>
- Chaves, P. T. C., & Vazzoler, C. (1984). Aspectos biológicos de peixes amazônicos. III. Anatomia microscópica do esôfago, estômago e cecos pilóricos de *Semaprochilodus insignis* (Characiformes: Prochilodontidae). *Acta Amazonica*, 14(3-4), 343-353. <https://doi.org/10.1590/1809-43921984143353>
- Cirilo, J. A. (2008). Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. *Estudos avançados*, 22(63). <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200005>
- Cunha, C. D. L. N., & Ferreira, A. P. (2019). Análise crítica por comparação entre modelos de qualidade de água aplicado em rios poluídos: contribuições à saúde, água e saneamento. *Engenharia Sanitária Ambiental*, 24(3), 473-480.
- Curvo, L. R. V., Ferreira, M. W., Mangelot, J. M., Silveira, U. S., & Andrade, G. B. (2021). Histopatology of esophagus and stomach of a new Brazilian Siluriformes hybrid *Tricross Surubim*. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 18(38), 139. [https://doi.org/10.18677/EnciBio\\_2021D29](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2021D29)
- Ekele, I., Uchenna, N., Okechukwu, N., & Isaiah, A. (2014). The stomach of the adult african catfish (*Clarias gariepinus*, Siluriformes: Clariidae) in farm conditions: a morphological and mucin histochemistry analysis. *Revista Fac. Cs. Vets: UCV*, 55(1), 4-10.
- Faccioli, C. K., Chedid, R. A., Amaral, A. C., Vicentini, I. B. F., & Vicentini, C. A. (2014). Morphology and histochemistry of the digestive tract in carnivorous freshwater *Hemisorubim platyrhynchos* (Siluriformes: Pimelodidae). *Micron*, 64, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2014.03.011>
- Faccioli, C. K., Chedid, R. A., Mori, R. H., Amaral, A. C., Belmont, R. A. F., Vicentini, I. B. F., & Vicentini, C. A. (2016). Organogenesis of the digestive system in Neotropical carnivorous freshwater catfish *Hemisorubim platyrhynchos* (Siluriformes: Pimelodidae). *Aquaculture*, 451, 205-212. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.09.009>
- Fowler, H. W. (1941). A collection of fresh-water fishes obtained in Eastern Brazil by Dr. Rodolpho Von Ihering. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 93, 123-199.
- Gee, J. H. (1976). Buoyance and aerial respiration: factors influencing the Evolution of reduced swim-bladder volume of some Central American catfishes (Trichomycteridae, Callichthyidae, Loricariidae, Astroblepidae). *Canada Journal Zoology*, 54(7), 1030-1037. <https://doi.org/10.1139/z76-116>
- Giamas, M. T. D., Campos, E. C., Barbieri, G., & Vermulm-Junior, H. (2000). Dinâmica da alimentação e observações histológicas do estômago e intestino do Tamboatá *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) na represa de Bariri, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 26(1), 25-31.
- Gosavi, S. M., Verma, C. R., Kharat, S. S., Pise, M., & Kumkar, P. (2019). Structural adequacy of the digestive tract supports duas feeding habit in catfish *Pachypterus khavalchor* (Siluriformes: Horabagridae). *Acta Histochemica*, 121(4), 437-449. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2019.03.006>
- Graham, J. B. (1998). *Air-breathing fishes: evolution, diversity and adaptation*. Academic press. <https://doi.org/10.2307/1447734>
- Isbrücker, I. J. H. (1980). *Classifications and catalogue of the mailed Loricariidae (Pisces, Siluriformes)*. Universiteit van Amsterdam. [https://www.researchgate.net/publication/311741619\\_Classification\\_and\\_catalogue\\_of\\_the\\_mailed\\_Loricariidae\\_Pisces\\_Siluriformes](https://www.researchgate.net/publication/311741619_Classification_and_catalogue_of_the_mailed_Loricariidae_Pisces_Siluriformes)
- Jacinto, L. C. S. (2015). Projeto de irrigação Santa Cruz do Apodi sob a perspectiva da violação ao direito internacional dos direitos humanos. *Revista de Filosofia do Direito, do Estado e da Sociedade, FIDES*, 6(2), 286-299.
- Mello, G. C. G. (2017). Morphological characterisation of the digestive tract of the catfish *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes, Pseudopimelodidae). *Acta Zoologica*, 100, 14-23. <https://doi.org/10.1111/azo.12224>
- Lima, R. S., & Alves, J. P. H. (2017). Avaliação da qualidade da água dos reservatórios localizados nas bacias hidrográficas dos rios Piauí – Real, utilizando o índice de qualidade da água (IQA). *Scientia Plena*, 13(10). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2017.109918>

- López, H. L., & Miquelarena, A. M. (1991). Los Hypostominae (Pisces: Loricariidae) de Argentina, in: Fauna de agua dulce de la republica de Argentina. *FECIC: Fundacion para la educacion, la ciencia y la cultura*, 40(2). [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_peces/peces\\_argentinos/98-Hypostominae.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/peces_argentinos/98-Hypostominae.pdf)
- Novaes, J. L. C., Moreira, S. I. L., Freire, C. E. C., Sousa, M. M. O., & Costa, R. S. (2014). Fish assemblage in a semi-arid Neotropical reservoir: composition, structure and patterns of diversity and abundance. *Braz. J. Biology*, 74(2), 290-201.
- Oliveira, D. Q., Gonçalves, D. B., Santos, H. B., & Thomé, R. G. (2019). Avaliação morfológica de pele e intestino de peixes expostos ao corante preto reativo 5. *Conexão Ci*, 14(2), 27-36. <https://doi.org/10.24862/cco.v14i2.1006>
- Oliveira, J. F., Moraes-Segundo, A. L. N., Novaes, J. L. C., Costa, R. S., França, J. S., & Peretti, D. (2016). Estrutura trófica da ictiofauna em um reservatório do semiárido brasileiro. *Inheringia: Série Zoologia*, 106, 2016001. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2016001>
- Oliveira, T. M. B. F., Souza, L. D., & Castro, S. S. L. (2009). Dinâmica da série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró – RN – Brasil. *Eclética Química*, 34(3). <https://doi.org/10.1590/S0100-46702009000300002>
- Park, J. Y., & Kim, I. S. (2001). Histology and mucin histochemistry of the gastrointestinal tract of the mud loach, in relation to respiration. *Journal of Fish Biology*, 58, 861-872. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00536.x>
- Pessoa, E. K. R., Silva, N. B., Chellappa, N. T., Souza, A. A., & Chellappa, S. (2013). Anatomy and histology of the digestive tract and feeding habits of the neotropical fish *Hypostomus pusalum* (Starks, 1913) (Osteichthyes: Loricariidae). *Animal Biology Journal*, 4(1), 39-49.
- Pinheiro, N. L., Mendes, R. M. M., George, L. L., & Chaves, A. C. P. (1993). Estudo ultra-estrutura do estômago de *Trichogenes longipinnis* (Britski e Ortega) (Pisces, Siluriformes, Trichomictoridae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 10(4), 633-640. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751993000400009>
- Pompeu, P. S., & Godinho, H. P. (2006). Effects of extended absence of flooding on the fish assemblages of three floodplain lagoons in the middle São Francisco River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 4(4), 427-433. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252006000400006>
- Rotta, M. A. (2003). *Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura*. Embrapa Pantanal.
- Santos, C. M., Duarte, S., Souza, T. G. L., Ribeiro, T. P., Sales, A., & Araújo, F. G. (2007). Histologia e caracterização histoquímica do tubo gastrintestinal de *Pimelodus maculatus* (Pimelodidae, Siluriformes) no reservatório de Funil, Rio de Janeiro, Brasil. *Inheringia. Série Zoologia*, 97(4), 411-417. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212007000400009>
- Santos, K. R. P., Aguiar-Junior, F. C. A., Antonio, E. A., Silva, F. R., Silva, K. T., Marinho, K. S. N., & Lima-Junior, N. B. (2021). *Manual de técnicas histológicas de rotina e de colorações*. BIBCAV/UFPE. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/40530>
- Santos, M. L., Arantes, F. P., Pessali, T. C., & Santos, J. E. (2015). Morphological, histological and histochemical analysis of the digestive tract of *Trachelyopterus striatulus* (Siluriformes: Auchenipteridae). *Zoologia*, 32(4), 292-305. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702015000400005>
- Semarh. (2001). *Bacia Apodi/Mossoró*. <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/doc/DOC00000000028892.PDF>
- Silva, P. C. G., Moura, M. S. B., Kiill, L. H. P., Brito, L. T. L., Pereira, L. A., Sá, I. B., Correia, R. C., Teixeira, A. H. C., Cunha, T. J. F., & Guimarães-Filho, C. (2010). *Caracterização do semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos*. Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/861906/caracterizacao-do-semiarido-brasileiro-fatores-naturais-e-humanos>
- Sousa, M. A. N., Pinheiro, M. J. C., Silva, R. K., Melo, N. J. A., & Silva-Filho, E. F. (2014). Avaliação da qualidade da água dos reservatórios de Santa Cruz e Umari – RN: citotoxicidade e genotoxicidade. *Revista Saúde e Ciência*, 3(3), 279-288. <https://rsc.revistas.ufcg.edu.br/index.php/rsc/article/view/332/327>
- Weber, R. E., & Wood, S. C. (1978). Efeito de nucleosídeo trifosfato eritocítico no equilíbrio de oxigênio de hemoglobinas completas e fracionadas de *Hypostomus* e *Pterygoplichthys*, bagres aeróbicos facultativos. *Acta Amazonica*, 8(4), 239-245. <https://doi.org/10.1590/1809-43921978084s239>
- Weber, R. R., Wood, S. C., & Davis, B. J. (1978). Acclimação de peixe de respiração aérea facultativa a água hipóxica: afinidade pelo oxigênio do sangue e agentes alostéricos. *Acta Amazonica*, 8(4), 167-172. <https://www.scielo.br/j/aa/a/bRwxYhZPVRzHYh4wP7hJSH/?format=pdf&lang=pt>
- Xiong, D., Zhang, L., Yu, H., Xie, C., Kong, Y., Zeng, Y., Huo, B., & Liu, Z. (2011). A study of morphology and histology of the alimentary tract of *Glyptosternum maculatum* (Sisoridae, Siluriformes). *Acta Zoologica*, 92, 161-169. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.2010.00458.x>
- Zeni, T. O., Ostrensky, A., & Westphal, G. G. C. (2016). Respostas adaptativas de peixes a alterações ambientais de temperatura e de oxigênio dissolvido. *Archives of Veterinary Science*, 21(3), 01-16. <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v21i3.40165>