



STBio

Programa de Pós-Graduação em
Sistemática, Taxonomia animal
e Biodiversidade — M Z U S P

ROBERTO ERNESTO CAMACHO MANSANI

**Descrição osteológica das espécies do
gênero *Paracheirodon*
(Characiformes, Characidae) e
discussão sobre miniaturização dentro
do gênero**

Osteological description of the species of the
genus *Paracheirodon* (Characiformes,
Characidae) and discussion of miniaturization
within the genus



v. único

SÃO PAULO

2022

ROBERTO ERNESTO CAMACHO
MANSANI

**Descrição osteológica das espécies do gênero
Paracheirodon (Characiformes, Characidae) e
discussão sobre miniaturização dentro do gênero**

**Osteological description of the species of the genus
Paracheirodon (Characiformes, Characidae) and discussion of
miniaturization within the genus**

v. único

Versão corrigida

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo em cumprimento parcial aos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências (Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade).

Orientador (a): Prof. Dr. Manoela Maria Marinho Koh

Coorientador (a): Prof. Dr. Naércio Aquino Menezes

SÃO PAULO

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo

Mansani, Roberto Ernesto Camacho

Descrição osteológica das espécies do gênero Paracheirodon (Characiformes, Characidae) e discussão sobre a miniaturização dentro do gênero. = Osteological description of the species of the genus Paracheirodon (Characiformes, Characidae) and discussion of miniaturization within the genus. / Roberto Ernesto Camacho Mansani; orientadora Manoela Maria Marinho Koh; coorientador Naércio Aquino Menezes.

São Paulo, 2022.

120p.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação do Museu de Zoologia Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências (Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade).

Versão corrigida

Volume único

1. Paracheirodon – osteologia. 2. Characiformes -. 3. Miniaturização – Paracheirodon. I. Koh, Manoela Maria Marinho, orient. II. Menezes, Naércio Aquino, coorient. III. Título.

CDU 597.551.3

CRB-8 3805

[Mansani, Roberto Ernesto]

Osteological description of the species of the genus *Paracheiroduon* (Characiformes, Characidae) and discussion of miniaturization within the genus

Descrição osteológica das espécies do gênero *Paracheiroduon* (Characiformes, Characidae) e discussão sobre miniaturização dentro do gênero

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo em cumprimento parcial aos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências (Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade).

Data de aprovação: ____/____/____

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Decisão: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Decisão: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Decisão: _____ Assinatura: _____

Dedico esse trabalho a minha família e amigos
que me acompanharam durante essa jornada
de aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me auxiliaram de alguma maneira nessa jornada de aprendizado, vocês compartilharam comigo momentos que levarei para vida toda.

Primeiramente quero agradecer a Manoela Marinho, pela orientação, mas também por ter sido uma grande amiga, um exemplo para mim. Manoela (Manu) me aconselhou diversas vezes e sua paixão pela ictiologia me inspirou. Agradeço a Naércio Menezes que admiro e depositou confiança em mim, foi meu primeiro contato no Museu de Zoologia e sempre demonstrou ser gentil e prestativo, um amigo com quem posso contar.

Agradeço a Mário de Pinna que é uma pessoa admirável, atenciosa, divertida e muito capaz. Aos colegas do Museu de Zoologia da USP (MZUSP), funcionários ou estudantes, Murilo Pastana (Vaca), Michel Gianeti (Miguel), Juliana Barros, Priscila Camelier, João Capretz, Laura Donin, Paulo Presti, Luiz Peixoto (Pay), Guilherme Dutra, Arthur de Lima, George Vita, Vinícius Reis, Marina Loeb, Gustavo Ballen, Ilana Fichberg, Alessio Datovo, Heraldo Britski, Maria Isabel Landim, Luz Ochoa, João Trevisan, Osvaldo Oyakawa, José Lima, Vitor Tagliacollo, Letícia Santiago, Vinícius Cardoso, Verônica Slobodian, Henrique Varella, Leonardo Fabrizio, Sara Blasques, Vitor Abrahão, Vinícius Espíndola, Alberto Carvalho, Vanessa Yamamoto e o recém chegado Jonatas Pereira, que tornaram o ambiente agradável, e prazeroso para trabalhar. Compartilhei momentos também com meu “brother” Péricles Gentile e minha “sister” Karolina Reis, que foram igualmente especiais na minha vida acadêmica. Todos fizeram parte do meu dia a dia no MZUSP e fico muito feliz por tê-los conhecido, não tendo palavras para descrever, o quão importante foram para mim.

Agradeço a Marta Grobel, Selma Shibuya e Sônia Favaro da secretaria de pós-graduação pela prontidão e compromisso em auxiliar de maneira exemplar os alunos da pós-graduação, a Dione Seripierri pelo seu empenho, ao Renato de Oliveira da entomologia pelas conversas agradáveis durante as pausas da nossa correria, do dia a dia; a Márcia Lourenço por sempre estar disposta a ensinar e colaborar com a educação do público que visita o Museu, Eliseu Pereira que ajuda na organização da nossa segurança, a todos os funcionários da recepção, assim como aos funcionários da limpeza que nunca deixam de nos cumprimentar; sem vocês nosso trabalho não seria possível.

Agradeço ao Paulo Presti por ter colaborado com a ilustração da capa, produto de suas aulas de desenho da espécie *Paracheirodon axelrodi*, utilizando as fotos elaboradas durante a pesquisa, e por ter gentilmente me oferecido essa mesma ilustração para capa do trabalho. Agradeço ao Paulo, assim como ao Arthur, primeiras pessoas dentre os alunos da pós-graduação que me ajudaram a ingressar como mestrando no Museu de Zoologia da USP. Sou imensamente grato à eles.

Aos meus familiares dedico um agradecimento especial pois persistiram em continuar do meu lado mesmo quando eu só falava sobre peixes, a minha mãe Carmen Camacho que me ajudou, fazendo o possível e o impossível para me auxiliar, a minha tia Célia Camacho que leu meu trabalho e pacientemente me ajudou e a minha filha Joana que foi minha motivação, pois depois que ela nasceu nunca mais ouvi minhas próprias desculpas, e por ela busquei superar meus limites. Te amo filha.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

"Sei que meu trabalho é uma gota no oceano,
mas sem ele o oceano seria menor"

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

Paracheirodon, gênero da família Characidae, inclui três espécies distribuídas na bacia amazônica. São peixes miniatura, muito populares no comércio de peixes ornamentais, principalmente por possuírem coloração exuberante e comportamento social. O processo de miniaturização é comumente associado à presença de diversos graus de redução de caracteres morfológicos advindos de truncamento ontogenético. Neste estudo é descrita a osteologia completa das espécies de *Paracheirodon*, nunca antes realizada incluindo todos os complexos ósseos, e é feita uma análise comparativa entre as espécies. O processo evolutivo de miniaturização no gênero é avaliado com base no estudo comparado da série ontogenética de espécies relacionadas. A análise aponta que as três espécies possuem características provenientes do truncamento ontogenético, especialmente *Paracheirodon simulans*, provavelmente em decorrência da diminuição do tamanho do corpo ao longo da evolução do grupo.

Palavras-chave: anatomia . caracteres redutivos . deleção terminal . heterocronia . *Paracheirodon*.

ABSTRACT

Paracheirodon, a genus of the family Characidae, includes three species distributed in the Amazon basin. They are miniature fishes, very popular in the ornamental fish trade due to their exuberant coloration and social behavior. The process of miniaturization is commonly associated with the presence of different degrees of reduction of morphological characters resulted from developmental truncation. In this study, the entire osteology of *Paracheirodon* species, never undertaken is described including all bone complexes, along with a comparative analysis among the species. The evolutionary process of miniaturization in the genus is evaluated based on the comparative study of the ontogenetic series of closely related species. The analysis points out the three species have bone characteristics resulted of developmental truncation, in particular *Paracheirodon simulans*, probably due to the evolutionary body-size reduction in the evolution of the group.

Keywords: anatomy . reductive characters . deletion terminal . heterochrony . *Paracheirodon*.

LISTA DE FIGURAS/TABELAS

Figura 1 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , esqueleto completo e neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; A , vista lateral do esqueleto inteiro; B , vista lateral do esqueleto da cabeça e anterior do corpo.....	39
Figura 2 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; A , vista dorsal; B , vista lateral; C , vista ventral.....	40
Figura 3 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , detalhe na vista lateral do neurocrânio, fêmea, MZUSP 85752, 23.93 mm CP, d&c; seta preta indicando o intercalar vestigial	41
Figura 4 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , esclera, infraorbitais e suspensório; A , esclera, vista lateral, lado esquerdo, macho, MZUSP 58337, 23.54 mm CP; B , infraorbitais, vista lateral, lado esquerdo, fêmea, MZUSP 85752, 25.69 mm CP; C , detalhe na região do quadrado do suspensório, macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP; D , suspensório, macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP.....	42
Figura 5 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , macho, MZUSP 58337, 23.31 mm CP, d&c; A , arco hioide, vista lateral; B , urohial, vista lateral; C , arcobranquial dorsal, vista dorsal; D , arcobranquial ventral, vista dorsal	43
Figura 6 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , ossículos weberianos e esqueleto axial; A , ossículos weberianos, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP; B , esqueleto axial, fêmea, MZUSP 58337, 25.69 mm CP.....	44
Figura 7 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , nadadeira dorsal e anal; A , nadadeira dorsal, macho, MZUSP 58337, 22,9 mm CP; B , foco na região anterior da nadadeira dorsal do macho; C , nadadeira dorsal, fêmea, MZUSP 58337, 25,16 mm CP; D , foco na região anterior da nadadeira dorsal da fêmea; E , nadadeira anal, macho, MZUSP 58337, 22,54 mm CP	45
Figura 8 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , cintura e nadadeira peitoral e nadadeira pélvica; A , cintura e nadadeira peitoral, vista lateral esquerda, macho, MZUSP 58337, 23.31 mm CP; B , nadadeira pélvica com ganchos nos raios, vista ventral, macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP; C , nadadeira pélvica, vista ventral, fêmea, MZUSP 85752, 27.04 mm CP.....	46
Figura 9 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , nadadeira caudal, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c	47

Figura 10 - <i>Paracheirodon innesi</i> , esqueleto completo e neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 23.11 mm CP, d&c; A , vista lateral do esqueleto inteiro; B , vista lateral do esqueleto da cabeça e anterior do corpo.....	62
Figura 11 - <i>Paracheirodon innesi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 27.8 mm CP, d&c; A , vista dorsal; B , vista lateral; C , vista ventral	63
Figura 12 - <i>Paracheirodon innesi</i> , detalhe na vista lateral do neurocrânio, fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.45 mm CP, d&c; seta preta indicando o intercalar vestigial	64
Figura 13 - <i>Paracheirodon innesi</i> , esclera, infraorbitais e suspensório; A , esclera, vista lateral, lado direito, macho, MZUSP não-catalogado, 23.11 mm CP; B , infraorbitais, vista lateral, lado esquerdo, fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.23 mm CP; C , detalhe na região do quadrado do suspensório, fêmea, MZUSP não-catalogado, 26.3 mm CP; D , suspensório, macho, MZUSP não-catalogado, 26.3 mm CP.....	65
Figura 14 - <i>Paracheirodon innesi</i> , arco hioide e arco branquial; A , arco hioide, vista lateral, fêmea, MZUSP não-catalogado, 26.04 mm CP; B , urohial, vista lateral, macho, MZUSP não-catalogado, 27.25 mm CP; C , arco branquial dorsal, vista dorsal, macho, MZUSP não-catalogado, 28.09 mm CP; D , arco branquial ventral, vista dorsal, macho, MZUSP não-catalogado, 28.09 mm CP	66
Figura 15 - <i>Paracheirodon innesi</i> , ossículos weberianos e esqueleto axial; A , ossículos weberianos, macho, MZUSP não-catalogado, 27.77 mm CP; B , esqueleto axial, fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.12 mm CP	67
Figura 16 - <i>Paracheirodon innesi</i> , nadadeira dorsal e anal; A , nadadeira dorsal, macho, MZUSP não-catalogado, 27.33 mm CP; B , foco na região anterior da nadadeira dorsal do macho; C , nadadeira dorsal, fêmea, MZUSP não-catalogado, 26.23 mm CP; D , foco na região anterior da nadadeira dorsal da fêmea; E , nadadeira anal, macho, MZUSP não-catalogado, 27.74 mm CP	68
Figura 17 - <i>Paracheirodon innesi</i> , cintura e nadadeira peitoral e nadadeira pélvica; A , cintura e nadadeira peitoral, vista lateral esquerda, macho, MZUSP não-catalogado, 28.09 mm CP; B , nadadeira pélvica, vista ventral, macho, MZUSP não-catalogado, 25.85 mm CP; C , nadadeira pélvica, vista ventral, fêmea, MZUSP não-catalogado, 27.29 mm CP.....	69
Figura 18 - <i>Paracheirodon innesi</i> , nadadeira caudal, macho, MZUSP não-catalogado, 25.78 mm CP, d&c.....	70

Figura 19 - <i>Paracheirodon simulans</i> , esqueleto completo e neurocrânio, d&c; A , vista lateral do esqueleto inteiro, fêmea, MZUSP 121674, 16.59 mm CP; B , vista lateral do esqueleto da cabeça e anterior do corpo, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP	85
Figura 20 - <i>Paracheirodon simulans</i> , neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; A , vista dorsal; B , vista lateral; C , vista ventral.....	86
Figura 21 - <i>Paracheirodon simulans</i> , detalhe na vista lateral do neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 15.82 mm CP, d&c; seta preta indicando o intercalar vestigial	87
Figura 22 - <i>Paracheirodon simulans</i> , esclera, infraorbitais e suspensório; A , esclera, vista lateral, lado esquerdo, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; B , infraorbitais, vista lateral, lado esquerdo, macho, MZUSP 121674, 16.16 mm CP; C , detalhe na região do quadrado do suspensório, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; D , suspensório, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP.....	88
Figura 23 - <i>Paracheirodon simulans</i> , arco hioide e arco branquial, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; A , arco hioide, vista lateral; B , urohial, vista lateral; C , arco branquial dorsal, vista dorsal; D , arco branquial ventral, vista dorsal.....	89
Figura 24 - <i>Paracheirodon simulans</i> , fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; A , ossículos weberianos; B , esqueleto axial.....	90
Figura 25 - <i>Paracheirodon simulans</i> , nadadeira dorsal e anal; A , nadadeira dorsal, macho, MZUSP 121674, 16.49 mm CP; B , foco na região anterior da nadadeira dorsal do macho; C , nadadeira dorsal, fêmea, MZUSP 121 674, 15.87 mm CP; D , foco na região anterior da nadadeira dorsal da fêmea; E , nadadeira anal, fêmea, MZUSP 121674, 16.63 mm CP	91
Figura 26 - <i>Paracheirodon simulans</i> , cintura e nadadeira peitoral e nadadeira pélvica; A , cintura e nadadeira peitoral, vista lateral esquerda, fêmea, MZUSP 121674, 16.48 mm CP; B , nadadeira pélvica, vista ventral, macho, MZUSP 121674, 16.49 mm CP; C , nadadeira pélvica, vista ventral, fêmea, MZUSP 121674, 16.37 mm CP.....	92
Figura 27 - <i>Paracheirodon simulans</i> , nadadeira caudal, fêmea, MZUSP 121674, 15.87 mm CP, d&c.....	93
Figura 28 - <i>Salminus brasiliensis</i> , neurocrânio, 332 mm CP; A , vista dorsal; B , vista lateral; C , vista ventral. Barra de escala: 10 mm (Mattox <i>et al.</i> , 2014)	95
Figura 29 - <i>Paracheirodon</i> , neurocrânio; <i>Paracheirodon axelrodi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; A , vista dorsal; D , vista lateral; G , vista ventral; <i>Paracheirodon innesi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 27.8 mm CP, d&c; B , vista dorsal; E , vista	

lateral; H , vista ventral; <i>Paracheirodon simulans</i> , neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; C , vista dorsal; F , vista lateral; I , vista ventral	96
Figura 30 - <i>Salminus brasiliensis</i> , neurocrânio, 332 mm CP; A , vista dorsal; B , vista lateral; C , vista ventral; circunferência branca indicando região da sutura anterior do pterofenoide completamente ossificado. Barra de escala: 10 mm (Mattox <i>et al.</i> , 2014)	96
Figura 31 - <i>Paracheirodon</i> , neurocrânio; <i>Paracheirodon axelrodi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; A , vista dorsal; D , vista lateral; G , vista ventral; <i>Paracheirodon innesi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 27.8 mm CP, d&c; B , vista dorsal; E , vista lateral; H , vista ventral; <i>Paracheirodon simulans</i> , neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; C , vista dorsal; F , vista lateral; I , vista ventral; circunferência preta indicando região da sutura anterior do pterofenoide pouco ossificado.....	97
Figura 32 - <i>Salminus brasiliensis</i> , neurocrânio, vista lateral esquerda; A , 7.4 mm CN; B , 11.2 mm CP; C , 12.5 mm CP; D , 14.5 mm CP; E , 19.1 mm CP; F , 21.5 mm CP. Barra de escala: 0.2 mm (Mattox <i>et al.</i> , 2014).....	97
Figura 33 - <i>Salminus brasiliensis</i> e espécies do gênero <i>Paracheirodon</i> , neurocrânio, vista lateral esquerda; A , <i>Salminus brasiliensis</i> , neurocrânio, adulto, 332 mm CP. Barra de escala 10 mm (Mattox <i>et al.</i> , 2014); B , <i>Paracheirodon axelrodi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; C , <i>Paracheirodon innesi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 27.8 mm CP, d&c; D , <i>Paracheirodon simulans</i> , neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; circunferência indicando região do orbitoesfenoide	98
Figura 34 - <i>Salminus brasiliensis</i> , neurocrânio, 332 mm CP; A , vista dorsal; B , vista lateral; C , vista ventral; circunferência branca indicando espinho do esfenótico. Barra de escala: 10 mm (Mattox <i>et al.</i> , 2014).....	98
Figura 35 - <i>Paracheirodon</i> , neurocrânio; <i>Paracheirodon axelrodi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; A , vista dorsal; D , vista lateral; G , vista ventral; <i>Paracheirodon innesi</i> , neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 27.8 mm CP, d&c; B , vista dorsal; E , vista lateral; H , vista ventral; <i>Paracheirodon simulans</i> , neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; C , vista dorsal; F , vista lateral; I , vista ventral; circunferência preta indicando espinho do esfenótico	99
Figura 36 - Porção posterior do neurocrânio de <i>Moenkhausia pittieri</i> , mostrando a mudança na posição do intercalar sobre o canal semicircular horizontal durante o desenvolvimento; A , comprimento padrão (CP) de 9,5 mm, 49 dias pós-eclosão (dpe), com imagem invertida	

horizontalmente, vista lateral; B , 11,6 mm SL, 58 dpe, com imagem invertida horizontalmente, vista lateral; C , adulto, 28,8 mm CP, vista látero-ventral. As setas indicam o intercalar. Barra de escala: 0.5 mm (Marinho, 2022).....	99
Figura 37 - <i>Paracheirodon</i> , detalhe na vista lateral do neurocrânio; A , <i>Paracheirodon axelrodi</i> , fêmea, MZUSP 85752, 23.93 mm CP, d&c; B , <i>Paracheirodon innesi</i> , fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.45 mm CP, d&c; C , <i>Paracheirodon simulans</i> , fêmea, MZUSP 121674, 15.82 mm CP, d&c; seta preta indicando o intercalar vestigial.....	100
Figura 38 - Crânio de <i>Brycon nattereri</i> (LIRP 3590) representando os canais, túbulos e poros da linha lateral associados. Barra de escala: 4 mm. Pastana <i>et al.</i> (2019), Adaptado.....	101
Figura 39 - <i>Paracheirodon axelrodi</i> , vista lateral da região anterior do corpo e canais látero-sensoriais associados.....	101
Figura 40 - <i>Salminus brasiliensis</i> e espécies do gênero <i>Paracheirodon</i> , infraorbitais, vista lateral esquerda; A , <i>Salminus brasiliensis</i> , 332 mm CP. Barra de escala: 10 mm (Mattox <i>et al.</i> , 2014); B , <i>Paracheirodon axelrodi</i> , fêmea, MZUSP 85752, 25.69 mm CP; C , <i>Paracheirodon innesi</i> , fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.23 mm CP; D , <i>Paracheirodon simulans</i> , macho, MZUSP 121674, 16.16 mm CP.....	102
Figura 41 - Arco hiopalatino e opercular de <i>Salminus brasiliensis</i> , vista lateral esquerda; A , 7,6 mm CN; B , 8,7 mm CP; C , 11,2 mm CP; D , 12,5 mm CP; E , 14,8 mm CP; F , 21,5 mm CP; circunferência preta indicando autopalatino anteriormente e porção membranosa do hiomandibular posteriormente. Barra de escala: 0.2 mm (Mattox <i>et al.</i> , 2014).....	102
Figura 42 - <i>Salminus brasiliensis</i> e espécies do gênero <i>Paracheirodon</i> , suspensório, vista lateral esquerda; A , <i>Salminus brasiliensis</i> , adulto, 332 mm CP. Barra de escala 10 mm (Mattox <i>et al.</i> , 2014); B , <i>Paracheirodon axelrodi</i> , macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP, d&c; C , <i>Paracheirodon innesi</i> MZUSP não-catalogado, 26.3 mm CP, d&c; D , <i>Paracheirodon simulans</i> , fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; circunferência indicando região do autopalatino anteriormente e porção membranosa do hiomandibular posteriormente	103
Figura 43 - Arco hiopalatino e série opercular de <i>Salminus brasiliensis</i> , vista lateral esquerda; A , 7,6 mm CN; B , 8,7 mm CP; C , 11,2 mm CP; D , 12,5 mm CP; E , 14,8 mm CP; F , 21,5 mm CP. Barra de escala: 0.2 mm; G , <i>Salminus brasiliensis</i> , adulto, 332 mm CP; circunferência preta indicando o opérculo e circunferência branca indicando porção dorsal do opérculo. Barra de escala 10 mm (Mattox <i>et al.</i> , 2014).....	104

Figura 44 - <i>Paracheirodon</i> , suspensório, vista lateral esquerda, d&c; A , <i>Paracheirodon axelrodi</i> , macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP; B , <i>Paracheirodon innesi</i> MZUSP não-catalogado, 26.3 mm CP; C , <i>Paracheirodon simulans</i> , fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; circunferência preta indicando região dorsal do opérculo pouco desenvolvida	105
Figura 45 - <i>Salminus brasiliensis</i> e espécies do gênero <i>Paracheirodon</i> , arco hioide, vista lateral esquerda; A , <i>Salminus brasiliensis</i> , 332 mm CP. Barra de escala: 10 mm (Mattox et al., 2014); B , <i>Paracheirodon axelrodi</i> , macho, MZUSP 58337, 23.31 mm CP; C , <i>Paracheirodon innesi</i> , fêmea, MZUSP não-catalogado, 26.04 mm CP, urohial, vista lateral, macho, MZUSP não-catalogado, 27.25 mm CP; D , <i>Paracheirodon simulans</i> , fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP	106
Figura 46 - <i>Salminus brasiliensis</i> , cintura e nadadeira peitoral, 332 mm CP; A , cintura escapular direita, vista lateral (imagem invertida); B , cintura escapular direita, vista medial; circunferências indicando: vermelha o extraescapular, verde o processo do pós-temporal e branca o escápulo do coracoide. Barra de escala 10 mm (Mattox et al., 2014).....	106
Figura 47 - <i>Paracheirodon</i> , cintura e nadadeira peitoral; A , <i>Paracheirodon axelrodi</i> , vista lateral esquerda, macho, MZUSP 58337, 23.31 mm CP; B , <i>Paracheirodon innesi</i> , vista lateral esquerda, macho, MZUSP não-catalogado, 28.09 mm CP; C , <i>Paracheirodon simulans</i> , vista lateral esquerda, fêmea, MZUSP 121674, 16.48 mm CP; circunferências indicando: verde a região do processo ventral do pós-temporal e preta a região do escápulo coracoide	107
Tabela 1 - Estruturas ausentes ou que sofreram algum grau de simplificação óssea; comparativo entre <i>Salminus brasiliensis</i> e as espécies do gênero <i>Paracheirodon</i>	94
Tabela 2 - Espécies de Characidae que apresentam redução dos infraorbitais. Adaptado de Marinho (2022).....	114

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3. RESULTADOS	25
3.1. DESCRIÇÃO OSTEOLÓGICA	25
3.1.1. <i>Paracheirodon axelrodi</i>	24
3.1.1.1. Neurocrânio	25
3.1.1.2. Série circumorbital	27
3.1.1.3. Ossos escleróticos.....	28
3.1.1.4. Maxilas.....	28
3.1.1.5. Arco hiopalatino	29
3.1.1.6. Série opercular	30
3.1.1.7. Arco Hioide	30
3.1.1.8. Arcos Branquiais	31
3.1.1.9. Ossículos Weberianos.....	33
3.1.1.10. Esqueleto axial pós-Weberiano.....	33
3.1.1.11. Nadadeira dorsal	35
3.1.1.12. Nadadeira anal.....	35
3.1.1.13. Cintura e Nadadeira peitoral	36
3.1.1.14. Cintura e Nadadeira pélvica	37
3.1.1.15. Nadadeira caudal.....	37
3.1.2. <i>Paracheirodon innesi</i>	47
3.1.2.1. Neurocrânio	48
3.1.2.2. Série circumorbital	50
3.1.2.3. Osso esclerótico.....	51
3.1.2.4. Maxilas.....	51
3.1.2.5. Arco hiopalatino	51
3.1.2.6. Série opercular	53
3.1.2.8. Arcos Branquiais	54

3.1.2.9. Ossículos Weberianos.....	56
3.1.2.10. Esqueleto axial pós-Weberiano.....	56
3.1.2.11. Nadadeira dorsal	58
3.1.2.12. Nadadeira anal.....	58
3.1.2.13. Cintura e Nadadeira peitoral	59
3.1.2.14. Cintura e Nadadeira pélvica	60
3.1.2.15. Nadadeira caudal.....	60
3.1.3. <i>Paracheirodon simulans</i>	70
3.1.3.1. Neurocrânio	71
3.1.3.2. Série circumorbital	73
3.1.3.3. Ossos escleróticos.....	74
3.1.3.4. Maxilas.....	74
3.1.3.5. Arco hiopalatino	74
3.1.3.6. Série opercular	75
3.1.3.7. Arco Hioide	76
3.1.3.9. Ossículos Weberianos.....	79
3.1.3.10. Esqueleto axial pós-Weberiano.....	79
3.1.3.11. Nadadeiras dorsal.....	80
3.1.3.12. Nadadeira anal.....	81
3.1.3.13. Cintura e Nadadeira peitoral	81
3.1.3.14. Cintura e Nadadeira pélvica	82
3.1.3.15. Nadadeira caudal.....	83
3.2. ESTRUTURAS AUSENTES E SIMPLIFICAÇÕES ÓSSEAS DENTRO DO GÊNERO	
<i>PARACHEIRODON</i>.....	94
3.2.1. Frontal e Parietal.....	95
3.2.2. Pterosfenoide	96
3.2.2. Orbitoesfenoide	97
3.2.4. Espinho do esfenótico	98
3.2.5. Intercalar	99
3.2.6. Canais do sistema látero-sensorial cefálico	101
3.2.7. Série circumorbital	102
3.2.8. Autopalatino e hiomandibular	102

3.2.9. Opérculo.....	104
3.2.10. Canal do cerato-hial	106
3.2.11. Processo ventral do pós-temporal, coracoide e extraescapular	106
4. DISCUSSÃO.....	108
4.1. MINIATURIZAÇÃO DAS ESPÉCIES DE PARACHEIRODON.....	108
4.2. COMENTÁRIOS SOBRE TRUNCAMENTO ONTOGENÉTICO EM CHARACIDAE	114
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
REFERÊNCIAS.....	117

1. INTRODUÇÃO

Characidae, família endêmica da região Neotropical, inclui cerca de 1244 espécies de peixes (Eschmeyer e Fricke, 2022). A família é distribuída desde o sul dos Estados Unidos até a Patagônia na Argentina, sendo mais diversa na bacia Amazônica, Orinoco e La Plata (Mirande, 2010). Muitos peixes da família possuem interesse comercial e são conhecidos como “tetras” (Mirande, 2019).

O gênero *Paracheirodon* (Géry, 1960) é representado por três espécies: *P. axelrodi* (Schultz, 1956) ocorre nas bacias do Alto Orinoco e do Rio Negro: Brasil, Colômbia e Venezuela, *P. innesi* (Myers, 1936) nos afluentes do Rio Solimões: Brasil, Colômbia e Peru e *P. simulans* (Géry, 1963) nas bacias do Alto Negro e Orinoco: Brasil, Colômbia e Venezuela (Eschmeyer e Fricke, 2022), as espécies do gênero são intensivamente exploradas no comércio de peixes ornamentais (Anjos, *et al.*, 2009; Ferreira, *et al.*, 2020). São facilmente reconhecidos de outros caracídeos pela coloração única em vida, representada pela presença de uma faixa longitudinal larga, azul esverdeada que se estende da cabeça até a região posterior do corpo, juntamente com uma faixa longitudinal vermelha, cuja extensão varia entre as espécies. Por isto, são conhecidos popularmente como neon cardinal, neon tetra e neon verde, respectivamente.

A coloração em vida também pode ser utilizada para distinguir as espécies entre si. *Paracheirodon innesi* possui uma faixa longitudinal azul ao longo do corpo, do olho até a nadadeira adiposa, e abaixo desta, uma faixa vermelha que se estende da nadadeira pélvica até a nadadeira caudal. *Paracheirodon axelrodi* possui uma faixa longitudinal azul intensa similar, porém à faixa vermelha que se estende ao longo de todo o corpo, até a nadadeira caudal. *Paracheirodon simulans* possui a faixa azul intensa, com um tom mais esverdeado e uma faixa vermelha abaixo desta, pouco conspícua.

As espécies deste gênero possuem porte extremamente pequeno, atingindo o tamanho máximo de 25,1 mm CP em *P. axelrodi*, 22 mm CP em *P. innesi* e 20,2 mm CP em *P. simulans* na natureza (Lima *et al.*, 2003). Muitos membros da família Characidae, assim como as espécies de *Paracheirodon*, são miniaturas. A miniaturização é o processo evolutivo de extrema redução corpórea em uma determinada linhagem (Hanken e Wake, 1993). Em peixes,

Weitzman e Vari (1988) consideram como miniatura aquelas espécies que não ultrapassam 26 mm de comprimento padrão, sendo que a maioria atinge a maturidade sexual com menos de 20 mm. Apesar da palavra “miniatura” significar apenas um tamanho diminuto, em peixes de água doce este termo é comumente associado à presença de diversos graus de redução de caracteres morfológicos (frequentemente referidos como caracteres “reduativos”), tais como menor grau de desenvolvimento da ossificação do sistema de canais látero-sensoriais da cabeça e corpo, redução no número de raios das nadadeiras, redução no número de escamas e diminuição da ornamentação da superfície dos ossos da cabeça (Weitzman e Fink, 1983; Weitzman e Vari, 1988). Assim, esta definição é arbitrária, pois algumas espécies podem apresentar caracteres reduativos atingindo tamanhos maiores que o estabelecido (Weitzman e Vari, 1988). Todas as espécies de *Paracheirodon* apresentam algum grau de simplificação em seu esqueleto (Weitzman e Fink, 1983).

Este processo de miniaturização pode implicar em simplificações anatômicas com reflexos na fisiologia, ecologia e comportamento das linhagens e podem ter efeitos na alimentação, locomoção e reprodução dos organismos (Hanken e Wake, 1993). A miniaturização pode causar perturbação no processo ontogenético podendo ocorrer a heterocronia, ou seja, mudança no tempo cronológico de eventos de desenvolvimento. Essa alteração pode produzir organismos adultos que retêm a morfologia juvenil do ancestral de maior porte (Hanken e Wake, 1993). Assim, peixes miniaturas podem apresentar desenvolvimento truncado, refletido na ausência de ossos específicos ou na simplificação de ossos presentes (e.g. Mattox *et al.*, 2016; Mattox e Conway, 2021).

Alguns autores expõem as dificuldades de propor relações filogenéticas envolvendo táxons miniaturas com desenvolvimento truncado devido à dificuldade de estabelecer homologias entre estruturas extremamente simplificadas ou ausentes (Fink, 1982; Britz e Conway, 2009; Britz *et al.*, 2014). Em Characiformes, o único trabalho publicado considerando os caracteres reduativos como truncamentos ontogenéticos é o de Mattox *et al.* (2016), no qual os autores comparam a morfologia do Characidae miniatura *Priocharax* com a série de desenvolvimento de um táxon de grande porte relacionado, o Bryconidae *Salminus brasiliensis*. Concluiu-se que os ossos e estruturas ausentes em *Priocharax* são aqueles que aparecem no final do desenvolvimento de *Salminus*, o que levou os autores a inferirem que *Priocharax* evoluiu por truncamento no desenvolvimento. Este tipo de abordagem é essencial

para entender os processos evolutivos na família Characidae, e estabelecer relações de parentesco entre seus membros.

Fink e Weitzman (1983) apontam diversas características redutivas nas espécies de *Paracheirodon*, de maneira que os indivíduos maduros apresentam características juvenis. Por exemplo, poucas escamas perfuradas na linha lateral, poucos raios ramificados na nadadeira anal (16-19) e ausência de infraorbitais. Tais características podem estar relacionadas ao tamanho do corpo. Entretanto, Fink e Weitzman (1983) não investigaram os aspectos relacionados às possíveis alterações causadas no esqueleto destes peixes como consequência do processo de miniaturização.

Assim, no presente estudo a osteologia das três espécies de *Paracheirodon*, *P. axelrodi*, *P. innesi* e *P. simulans* é descrita detalhadamente e as características anatômicas destas espécies comparadas com a série ontogenética de *Salminus brasilienses* (trabalho publicado por Mattox *et al.*, 2014), um táxon de grande porte e proximamente relacionado à Characidae. Os dados apresentados neste trabalho trarão subsídios para a compreensão da posição filogenética de *Paracheirodon* em Characidae, que ainda não têm suas relações filogenéticas bem definidas (Marinho, 2017; Mirande, 2019). Particularmente importantes são os dados sobre miniaturização, raramente utilizados em estudos de filogenia. Quando a informação ontogenética é incorporada em estudos filogenéticos e os táxons são revisados de maneira adequada e reexaminados os caracteres redutivos, evita-se más interpretações muitas vezes homoplásicas, resultando em uma hipótese mais plausível das relações destes caraciformes miniatura (Mattox *et al.*, 2016).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Indivíduos das três espécies de *Paracheirodon* foram diafanizados e corados de acordo com o método proposto por Taylor e Van Dyke (1985) com adaptações, através do qual as cartilagens ficam coradas em azul e os ossos em vermelho. O Alcian blue é um corante específico para mucopolissacarídeos que cora os tecidos de cartilagem, mas certas cartilagens (por exemplo, fibrocartilagem) com um baixo nível de matriz podem não corar e a ausência de coloração não é, portanto, indicativa de ausência de cartilagem em qualquer forma, o Alizarin Red-S cora o cálcio (hidroxiapatita) nos ossos, porém níveis baixos de calcificação podem não ser corados (Vari, 1996). Tais preparações permitem a análise detalhada dos componentes ósseos dos exemplares. Os indivíduos foram dissecados segundo protocolo de Weitzman (1974) com adaptações e estudados através de estereomicroscópio ZEISS Discovery V20.

Para comparação da morfologia de espécies de *Paracheirodon* com espécie de grande porte que não sofreu perda óssea, foi utilizado o trabalho de desenvolvimento ontogenético de *Salminus brasiliensis* realizado por Mattox *et al.* (2014). Utilizou-se também o trabalho de *Moenkhausia pittieri* (Marinho, 2022) de forma complementar.

A nomenclatura osteológica utilizada se baseia nos estudos de Weitzman (1962, 1964) com complementações de trabalhos posteriores de Castro & Castro (1987), Serra e Langeani (2006), Carvalho *et al.* (2013) e Pastana *et al.* (2019) com adaptações. Todos os complexos anatômicos (ossos do crânio, branquiocrânio, esqueleto axial e esqueleto apendicular) foram estudados, descritos em detalhe e fotografados como consta em Darlim e Marinho (2018). As imagens foram obtidas através de uma câmera digital ZEISS Axiocam ERc 5s acoplada ao esteriomicroscópio.

O material utilizado está depositado na coleção ictiológica do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), sendo que 26 exemplares foram diafanizados e corados, 12 da espécie *Paracheirodon axelrodi*, 6 da espécie *Paracheirodon innesi* e 8 da espécie *Paracheirodon simulans*.

- *Paracheirodon axelrodi*: MZUSP 85752; 27 exemplares adultos em álcool, 5 exemplares diafanizados e corados; América do Sul, Brasil, Amazonas, Rio Preto da Eva, drenagem Rio Preto da Eva, Igarapé afluente do Rio Preto da Eva, 2° 44' 35" S, 59° 40' 7,8" W. MZUSP 58337 GRP: 91, 19 exemplares adultos em álcool, 7 exemplares diafanizados e corados; Brasil, Amazonas, Castanhal Santa Rita, igarapé Amopichi.

- *Paracheirodon innesi*: MZUSP não-catalogado, 6 exemplares adultos diafanizados e corados, exemplares provenientes de aquário, sem localidade.

- *Paracheirodon simulans*: MZUSP 121674, 43 exemplares adultos em álcool, 6 exemplares diafanizados e corados, exemplares provenientes de aquário, sem localidade. MZUSP não-catalogado, 2 exemplares adultos diafanizados e corados, exemplares provenientes de aquário, sem localidade.

3. RESULTADOS

3.1. DESCRIÇÃO OSTEOLÓGICA

3.1.1. *Paracheiroduon axelrodi*

3.1.1.1. Neurocrânio

- Região olfativa

Ossos presentes: Mesetmoide, vômer, nasal, etmoide lateral.

Mesetmoide ligeiramente inclinado ântero-ventralmente, aproximadamente losangular, extremidade anterior aproximadamente triangular, localizada entre os processos ascendentes do pré-maxilar. Processos laterais do mesetmoide curtos, pontiagudos e dirigidos lateralmente com região central ao longo do processo pouco ossificada. Região dorsal posteriormente em contato estreito com o frontal. Estreita lamela ventral na linha sagital que contata a projeção mediana dorsal do vômer. Região posterior do mesetmoide bifurcada, na margem anterior da fontanela craniana. Vômer pouco ossificado, com formato aproximadamente quadrado e uma projeção posterior medial afilada em vista ventral, cartilagem etmoidal posterior ao vômer presente e conspícua. Nasal pequeno em relação aos demais ossos da região olfativa, tubular e alongado, com ligeira curvatura ventral e ligeira curvatura lateral anteriormente, localizado lateralmente ao mesetmoide. Etmoide lateral com processo descendente grande e ossificado, região posterior com um pequeno forame próximo à conexão com o orbitoesfenoide. Ligeira projeção anterior na região média. (Figuras 1 e 2).

- Região orbital

Ossos presentes: Frontal, rinoesfenoide, orbitoesfenoide, pteroesfenoide e paraesfenoide.

Frontal longo e ligeiramente estreito, porção anterior medial recobrimdo a *taenia marginalis*, se estendendo posteriormente à trabécula epifisiana e contatando o parietal posteriormente. A trabécula epifisiana se situa na região medial dos frontais, na área entre a região média e posterior dos frontais. Canal supraorbital presente no frontal com túbulos acessórios, SO4, SO5, SO6 (ramo epifisiano), ossificados, e SO7 ossificado, mas sem contato

com o canal ótico. Rinosfenoide, em formato aproximadamente de Y com duas extremidades anteriores e forame anterior separando as extremidades anteriores no plano medial, medial ao etmoide lateral e ventralmente sucedido pela *trabecula communis*, posteriormente o rinosfenoide é separado do orbitosfenoide por uma fina porção de cartilagem. Orbitoesfenoide com região média ventral ligeiramente estreita, sua extremidade ântero-dorsal em contato com o etmoide lateral, sua porção ântero-ventral em contato com o rinosfenoide, sua extremidade pósterodorsal em contato com o pteroesfenoide e sua extremidade pósteroventral menor que as demais extremidades, terminada em um processo pontiagudo voltado posteriormente conectado ao orbitoesfenoide contralateral. Pteroesfenoide aproximadamente retangular e largo, ligeiramente curvado e com curvatura côncava na região média ventral, com pequena lamela de cartilagem na região anterior e um orifício dorsal junto a região posterior do orbitoesfenoide. Paraesfenoide, estreito, longo e côncavo, localizado entre o vômer anteriormente e o basioccipital, posteriormente, contatando ambos e o proótico lateralmente na região posterior, extremidade anterior maior que a extremidade posterior do vômer. Região posterior expandida, em formato aproximadamente losangular em vista ventral e bifurcada posteriormente, com um forame lateral visível ventralmente e lateralmente, na região anterior do losango e região medial ligeiramente pouco ossificada em ambas as projeções da bifurcação. (Figuras 1 e 2).

- Região ótica

Ossos presentes: Parietal, esfenótico, proótico, pterótico, intercalar e epoccipital.

Parietal em vista dorsal retangular, em vista lateral com formato ligeiramente triangular e abalado dorsalmente, projetado ventralmente na região ântero-ventral. Parietal localizado lateralmente à região posterior da fontanela craniana. Fontanela do parietal larga. Ramo parietal do canal supraorbital e canal supratemporal ausentes. Esfenótico largo em vista lateral, possui um processo lateral ossificado, a partir do qual o músculo *dilatator operculi* se origina, separado dos ossos adjacentes por finas áreas cartilaginosas. Proótico em vista ventral com região anterior arredondada. Próximo a região anterior do proótico, dois pequenos forames próximos ao paraesfenoide, sendo um na orientação dorso-ventral e outro transversal. Em vista ventral, região posterior arredondada, com forame auditivo próximo ao centro. Pterótico, em vista ventral ligeiramente arredondado posteriormente, em vista lateral delimitado por concavidade anteriormente com projeção ascendente anterior a fossa pós-

temporal e uma concavidade posterior, sucedida pelo forame lateral occipital, pterótico localizado abaixo da fossa pós-temporal. Canal ótico presente, localizado ventralmente no pterótico. Intercalar vestigial, representado por pequena ossificação, na região posterior do pterótico. Epoccipital ligeiramente curvo, côncavo na região média, localizado posteriormente à fossa pós-temporal margeando parte da região póstero-dorsal da fossa pós-temporal. Ponte do epioccipital cruzando a fossa pós-temporal, dividindo-a em duas sendo a região inferior da fossa maior que a região superior. Fossa pós-temporal grande em relação ao forame occipital lateral (Figuras 1, 2 e 3).

- Região occipital

Ossos presentes: Supra-occipital, exoccipital e basioccipital.

Supraoccipital em V em vista dorsal, com as duas extremidades do V anteriores, a extremidade do vértice posterior não se prolonga se projetando dorsalmente, região ventral transversalmente espessa. Exoccipital curvilíneo, delgado em sua porção média, margeando o forame occipital lateral posteriormente. Basioccipital com a cápsula sacular anteriormente e cápsula lagenar posteriormente. Extremidade posterior terminada em estrutura pequena aproximadamente retangular, ossificada ao centro e pouco ossificada nas laterais (Figuras 1 e 2).

3.1.1.2. Série circumorbital

Ossos presentes: Antorbital, infraorbital 1-3.

Antorbital triangular, com pequena, projeção ântero-ventral e ângulo reto na porção póstero-ventral. É o menor osso da série circumorbital. Infraorbital 1 trapezoidal, parte inferior mais larga que a superior e margens anterior e posterior levemente inclinadas em direção à região média, a região anterior próxima ao antorbital, ligeiramente mais larga que a região posterior, próxima ao infraorbital 2. Infraorbital 2, delgado, porção média um pouco mais larga que as extremidades, porção posterior sobrepondo lateralmente o infraorbital 3. Canal infraorbital na região dorsal pouco ossificado, presente unicamente na metade posterior da região orbital. Infraorbital 3, o maior osso da série infraorbital, com margem

superior côncava e inclinada póstero-dorsalmente, convexo na região inferior, localizado dorsalmente ao arco hiopalatino. Canal látero-sensorial presente na região dorsal, pouco ossificado. Não há ossificação do canal látero-sensorial no antorbital e infraorbital 1. Infraorbitais 4-6 ausentes (Figura 4).

3.1.1.3. Ossos escleróticos

Ossos presentes: Escleróticos.

Dois ossos circundam a órbita, separados por duas finas porções de cartilagem, uma ântero-ventral ao olho e outra póstero-dorsal (Figura 4).

3.1.1.4. Maxilas

Ossos presentes: Pré-maxilar, maxilar, dentário, corono-meckeliano, ângulo-articular e retroarticular.

Pré-maxilar longelíneo e curvo, processo ascendente do pré-maxilar se estende até o nasal, afinando-se em direção à extremidade distal. Pré-maxilar com uma única série de dentes, sendo 5 (3) dentes pentacuspidados. Pré-maxilar com dentes próximos da sínfise da linha mediana maiores e progressivamente menores em direção lateral. Maxilar com um dente pentacuspidado (3). Maxilar mais fino anteriormente, com sua extremidade anterior localizada lateralmente ao quarto dente da série do pré-maxilar, região posterior larga. Dentário com 5 (1) ou 6 (2) dentes pentacuspidados, sucedidos por 3 (3) pequenos dentes cônicos. Dois forames no dentário, sendo um pequeno na extremidade anterior, localizado próximo a região ventral do 2.º dente cuspidado do dentário. Segundo forame localizado posteriormente ao primeiro e ventralmente, entre o 4.º e 5.º dentes do dentário. Canal mandibular conspícuo. Osso corono-meckeliano relativamente grande, localizado póstero-dorsalmente à Cartilagem de Meckel. Ângulo-articular, ligeiramente alongado, extremidade articulando posteriormente com o osso quadrado. Retroarticular pequeno, aproximadamente triangular (Figura 4).

3.1.1.5. Arco hiopalatino

Ossos presentes: Palatino, ectopterigoide, endopterigoide, quadrado, metapterigoide, simplético e hiomandibular.

Palatino localizado látero-ventralmente ao vômer, retangular, com extremidades cartilaginosas. Região anterior ligeiramente curvada lateralmente. Ectopterigoide alongado e estreito, levemente mais espesso em sua porção anterior, com sua porção posterior em contato medialmente com o endopterigoide. Endopterigoide lamelar, largo em relação ao ectopterigoide, se afinando anteriormente. Endopterigoide e ectopterigoide se conectam com palatino através do processo palatino da cartilagem do palatoquadrado, cartilagem do palatoquadrado aproximadamente retangular, ligeiramente mais larga que alongada. Quadrado, se articulando anteriormente ao ângulo-articular, dorsalmente está localizada a porção anterior do metapterigoide, contatando à cartilagem do palatoquadrado. Porção posterior do quadrado encontrando os braços anterior e posterior do metapterigoide margeando a fenestra metapterigoide-quadrado ovalada horizontalmente. Metapterigoide alongado horizontalmente, ligeiramente inclinado póstero-dorsalmente. Extremidade anterior unida ao endopterigoide pela cartilagem do palatoquadrado. Metapterigoide com crista horizontal conspícua dorsalmente próxima a articulação endopterigoide. As duas outras extremidades do metapterigoide são posteriores, uma conectada ao hiomandibular e outra constituída por uma projeção, antes de chegar à extremidade posterior, está projeção está em contato ventralmente ao simplético. Fenestra aproximadamente circular, entre o metapterigoide e o hiomandibular. Simplético estreito e alongado, se estendendo do quadrado à porção inferior do hiomadibular, porção posterior conectada ao hiomandibular através da cartilagem hiosimplética. Hiomandibular aproximadamente retangular com sua porção ventral levemente inclinada anteriormente. Região dorsal do hiomandibular convexa. Remanescentes de cartilagem nas margens dorsal e ventral. Próximo ao centro da região superior do hiomandibular há um forame onde passa o nervo facial. Parte póstero-dorsal do hiomandibular com um côndilo, proeminência lisa e arredondada que contacta com uma cavidade do opérculo. A margem anterior do hiomandibular com membrana dérmica que se conecta com o metapterigoide ventralmente. Porção inferior do hiomandibular conectada anteriormente ao metapterigoide (Figura 4).

3.1.1.6. Série opercular

Ossos presentes: Opérculo, pré-opérculo, interopérculo e subopérculo.

Opérculo grande em relação aos demais ossos da série opercular, com forma aproximadamente trapezoidal, porção superior estreita e inferior larga. Margem anterior conectada com o hiomandibular e delimitada pelo hiomandibular e pré-opérculo. Região ântero-ventral alongada ventralmente. Região posterior com margem dorsal ligeiramente côncava, sucedida ventralmente por margem retilínea inclinada póstero-ventralmente e terminada em forma concâva na extremidade ventral da região posterior do opérculo. Porção superior do opérculo estreita e extremidade superior pouco desenvolvido, localizada abaixo do limite superior do hiomandibular. Região inferior larga, localizada na região posterior do interopérculo, margem ventral levemente sinuosa, acompanhando a margem superior do subopérculo. Região ventral sobreposta ao subopérculo. O opérculo forma um soquete com o côndilo hiosimplético presente entre a região média e superior do hiomandibular em direção a região média e superior do opérculo, há uma ligeira expansão óssea ântero-posterior da cavidade opercular do côndilo hiosimplético. Pré-opérculo em formato de L invertido, extremidades aproximadamente equidistantes da região angular. Canal preopercular bem desenvolvido ao longo do osso. Porção dorsal do pré-opérculo com lamela óssea margeando o canal preopercular. Túbulos acessórios presentes e ossificados, provavelmente PR1, PR2, PR3 e PR5. Entretanto, é necessária a confirmação da homologia de tais túbulos. Interopérculo alongado horizontalmente, com sua porção posterior mais larga que a anterior, porção anterior conectata inferiormente à porção posterior do retroarticular pelo ligamento postoretroarticular, porção posterior do interopérculo cobrindo a extremidade do subopérculo. Subopérculo alongado e levemente curvo, em forma de arco convexo, sua parte superior sinuosa acompanha o opérculo. Parte superior recoberta pelo opérculo e porção anterior recoberta pelo interopérculo (Figura 4).

3.1.1.7. Arco Hioide

Ossos presentes: Hipial dorsal e ventral, cerato-hial anterior e posterior, inter-hial, uro-hial e raios branquiostégios.

Hipial dorsal com dois prolongamentos um lateral e outro posterior, formando com hipial ventral e cerato-hial anterior um forame. Hipial ventral com formato aproximadamente triangular, conectado ao hipial dorsal por cartilagem. Cerato-hial anterior com região média mais estreita que as extremidades. Cerato-hial anterior com três entalhes posteriores aos três primeiros raios branquiostégios. Cerato-hial anterior com canal aberto em sua porção dorsal se estendendo ao cerato-hial posterior. Cerato-hial posterior aproximadamente trapezoidal, um entalhe posterior ao quarto branquiostégio. Abertura do canal que se inicia no cerato-hial anterior presente na região dorsal do cerato-hial posterior. Cerato-hial anterior e posterior unidos por uma simples articulação sincondral. Cerato-hial posterior com porção distal pouco ossificada sucedida pelo inter-hial. Inter-hial curto, em forma de bastão com parte distal levemente mais espessa que a região proximal, extremidades não ossificadas constituídas por cartilagem, fazendo contato anteriormente com o cerato-hial posterior e lateralmente com o suspensório na conexão cartilaginosa entre hiomandibular e simplético. Uro-hial com formato triangular, região posterior bífida bem pronunciada. Quatro raios braquiostégios, progressivamente mais longos posteriormente, sendo os três primeiros conectados ao cerato-hial anterior e o último ao cerato-hial posterior (Figura 5).

3.1.1.8. Arcos Branquiais

Ossos presentes: Basi-hial, basibranquiais 1-3, hipobranquiais 1-3, ceratobranquiais 1-5, epibranquiais 1-4 e faringo-branquiais 1-3.

Basi-hial longo aproximadamente triangular, com extremidade anterior ligeiramente maior que a posterior, em vista lateral, em formato de S. Basi-hial com cartilagem anterior, em formato de quadrado levemente convexo em sua porção anterior e levemente côncavo em sua porção posterior. Margem posterior do basi-hial articulando com margem anterior do basibranquial 1. Três basibranquiais, os três ossificados, separados entre si por cartilagem da copula anterior, cada um situado medialmente aos hipobranquiais. Basibranquial 1 pequeno em relação aos demais basibranquiais tendo um formato alongado, ligeiramente triangular e afilado anteriormente, na porção anterior localiza-se o basi-hial, com sua porção posterior ligeiramente arredondada sucedida por cartilagem e os demais basibranquiais. Basibranquial 2 e 3 alongados com a extremidades anteriores levemente mais largas que as posteriores,

margens anteriores arredondadas, com porção anterior do basibranquial 3 ligeiramente maior em relação ao basibranquial 2. Copula posterior alongada, com região larga e arredondada próxima a região posterior. Três hipobranquiais com margens pouco ossificadas. Hipobranquial 1 trapezoidal, com sua região anterior levemente afilada, sua extremidade anterior é convexa, com curvatura projetada anterior e medialmente. Hipobranquial 2 aproximadamente retangular. Hipobranquial 3 aproximadamente retangular, prolongado posteriormente na direção medial com a porção anterior com parte afilada bem pronunciada e porção posterior convexa. Cada hipobranquial com dois a três rastros branquiais, coberto por pequenos dentículos dispostos na região proximal do rastro. Ceratobranquiais 1-5 bem desenvolvidos e alongados, com cartilagem nas extremidades, diminuindo em comprimento do primeiro ao último, possuindo rastros branquiais. Ceratobranquial 1 e 2 com nove rastros branquiais na porção anterior. Ceratobranquial 3 com dez rastros branquiais na série anterior. Ceratobranquial 4 com onze rastros branquiais na série anterior. Ceratobranquial 5 com dez rastros na série anterior. Ceratobranquiais com rastros anteriores progressivamente mais curtos. Ceratobranquial 4 com nove rastros posteriores. Ceratobranquial 1, 2, 3 e 5 sem rastros branquiais posteriores. Ceratobranquial 5 com uma placa dentígera, aproximadamente triangular em sua porção posterior medialmente. Quatro epibranchiais ossificados com extremidades cartilaginosas. Epibranchial 1 alongado com região distal terminada em duas pequenas extremidades pouco salientes. Epibranchial 1 com sete rastros anteriores alongados. Epibranchial 2 alongado terminado em uma porção retangular com uma saliência na extremidade de sua região distal póstero-ventralmente. Epibranchial 2 com sete rastros anteriores. Epibranchial 3 alongado com uma projeção ossificada entre sua porção média e distal, localizada posteriormente. Epibranchial 3 com sete rastros anteriores e apenas um rastro posterior. Epibranchial 4 em formato aproximadamente triangular, sendo a região posterior mais larga com a formação em sua porção proximal de um orifício contendo em sua região posterior o elemento acessório do ceratobranquial 4 cartilaginoso. Epibranchial 4 com uma placa dentígera em sua porção distal. Faringo-branquiais 1-3 com bordas cartilaginosas. Faringo-branquial 1 pequeno e ligeiramente curvo em direção ventral. Faringo-branquial 1 com pequena ossificação no centro projetada ventralmente na região média, extremidade proximal ligeiramente mais larga que a distal, duas porções de cartilagem no faringo-branquial 1, a primeira cartilagem na margem proximal do faringo-branquial 1 e a segunda cartilagem na extremidade distal. Faringo-branquial 2 com formato aproximadamente retangular com

extremidade afilada margeada por cartilagem localizada posteriormente. Faringo-branquial 3 longo, afilado com formato levemente curvo medialmente em direção a região posterior e com sua porção proximal mais larga que sua porção distal, com pequenos dentículos em sua região proximal. Cartilagem faringo-branquial 4 retangular, cartilaginosa fracamente ossificada com uma placa dentígera bem desenvolvida articulando com a extremidade do epibranquial 4 (Figura 5).

3.1.1.9. Ossículos Weberianos

Ossos presentes: Supraneural 3, escáfio, claustro, intercalário, centro vertebral 1-4, arco neural 3 e 4, espinho neural 4, trípode e *os suspensorium*.

Supraneural 3 ligeiramente alongado horizontalmente, com dois processos ascendentes projetados anteriormente sendo o segundo processo sucedido posteriormente por uma curva côncava. Parte posterior do supraneural 3 em contato ao arco neural 4. Escáfio arredondado projetado ântero-ventralmente, ventral ao supraneural 3, anterior e inferior ao claustro. Claustro pequeno, aproximadamente arredondado com ligeira curvatura dorsal. Intercalário fino, longo e projetado dorsalmente em sua região posterior. Centro vertebral 1 aproximadamente retangular. Centro vertebral 2 retangular, com processo lateral alongado, estreito e ligeiramente inclinado anteriormente, laterais do centro vertebral 2 parcialmente cartilaginosas. Centro vertebral 3 retangular, com laterais parcialmente cartilaginosas e processo transversal na vértebra. Centro vertebral 4 retangular. Arco neural 3 triangular e extremidade anterior ligeiramente curvada dorsalmente. Arco neural 4 desenvolvido, retangular e com espinho neural situado na extremidade póstero-dorsal. Espinho neural 4 afilado e projetado póstero-dorsalmente. Trípode, em vista ventral, falciforme, com região anterior larga e região posterior estreita. *Os suspensorium* com braço externo largo e alongado e braço interno arredondado na região medial, em vista ventral (Figura 6).

3.1.1.10. Esqueleto axial pós-Weberiano

Ossos presentes: Vértebras pré-caudais, vértebras caudais, pré e pós-zigapófises,

parapófises, supraneurais, costelas, arco neurais e espinhos neurais, arcos hemais e espinhos hemais, ossos intermusculares epineurais e epipleurais.

Vértebras pós-aparato Weberiano em um total de 28 (4), 29 (1), consistindo em 11 (5) vértebras pré-caudais e 17 (4) ou 18 (1) vértebras caudais. Centro vertebral ligeiramente mais longo que alto. As estruturas entre a 5.^a e a 13.^a vértebra são semelhantes em forma e composição, de pré e pós-zigapófises neurais, costelas e espinhos neurais. Vértebras 14.^a e 15.^a ligeiramente mais largas que as demais.

Pré e pós-zigapófises neurais presentes em todas as vértebras. Pré e pós-zigapófises hemais presentes a partir da 14.^a vértebra. Três supraneurais, bem ossificados, sendo o primeiro localizado entre a 5.^a vértebra e a 6.^a vértebra pré-caudal. Parapófises presentes e bem definidas da 5.^a-15.^a vértebras pré-caudais. Costelas associadas da 5.^a à 14.^a vértebra. Todas as costelas são similares, em tamanho com exceção das associadas à 14.^a vértebra que são menores. As costelas anteriores são mais espessas e progressivamente mais delgadas ao longo da espécie, sendo as da 14.^a vértebra as mais estreitas, costelas sem projeções. Costelas nas fêmeas maduras na região abdominal maiores do que nos machos.

Na região dorsal de cada arco neural há um espinho neural. Primeiro arco neural menor sucedido por arcos neurais pré-caudais progressivamente maiores, último arco neural pré-caudal ligeiramente menor que o penúltimo, arcos neurais caudais progressivamente menores. Os espinhos neurais variam progressivamente a espessura proximalmente, sendo mais largos quanto mais próximos do pedúnculo caudal. Os cinco primeiros espinhos neurais são maiores em comprimento, seguidos por seis espinhos neurais menores, situados ântero-ventralmente à região da nadadeira dorsal. Próximo à região póstero-ventral da nadadeira dorsal, o comprimento dos espinhos neurais aumenta progressivamente até 17.^o espinho neural e diminui progressivamente até a região do pedúnculo caudal. Ventralmente em cada vértebra caudal há um arco hemal e um espinho hemal. A 15.^a vértebra possui o arco hemal reduzido.

Os ossos intermusculares são 24 (2), 26 (1) e 27 (1) epineurais ao longo de todo o corpo e 15 (2) e 16 (2) epipleurais na extensão das vértebras caudais. Epineurais localizados da 5.^a à 27.^a ou 29.^a vértebras bifurcados proximalmente. Extremidade distal dos três últimos epineurais larga, terminada em expansão arredondada, (1) com variação onde o penúltimo e

o último epineurais não são espessos. Os 11 (1) ou 12 (1) primeiros epipleurais bifurcados na região proximal. Penúltimo e último epipleurais com a extremidade distal larga terminada em expansão arredondada; 13.º (1) epipleural com a extremidade distal ligeiramente mais grossa, (1) apenas o último epipleural terminado em estrutura distal larga em forma de arco (Figura 6).

3.1.1.11. Nadadeira dorsal

Ossos presentes: Raios não ramificados, raios ramificados, radiais proximais, radiais medianos, radiais distais e peça terminal.

Nadadeira dorsal com ii, 9 raios. Primeiro raio não ramificado curto, segundo longo. Primeiro raio ramificado mais longo que os outros; demais raios progressivamente mais curtos. Nadadeira dorsal com onze pterigióforos sustentando os raios. Primeiro pterigióforo sem diferenciação entre radial proximal e radial mediano, sendo chamado radial proximal-mediano. Radial proximal-mediano com lamela óssea assimétrica anteriormente e lamela óssea posteriormente, os subsequentes pterigióforos com lamela óssea margeando o radial proximal anteriormente e posteriormente. Segundo pterigióforo delimitado com radial mediano menor. Primeiro radial proximal maior que os demais, sendo os radiais proximais progressivamente menores ao longo da nadadeira dorsal. Radiais medianos e distais não completamente ossificados ao centro e nas margens. Fêmeas com um pouco mais de cartilagem que os machos nos proximais, mediais e distais. Peça terminal da nadadeira presente e cartilaginosa (Figura 7).

3.1.1.12. Nadadeira anal

Ossos presentes: Raios não ramificados, raios ramificados, radiais proximais, radiais medianos, radiais distais e peça terminal.

Nadadeira anal com iii, 16 (1), 17 (6) raios, sendo os 2 (7) primeiros supranumerários. Raios não ramificados progressivamente maiores posteriormente. Primeiro raio ramificado mais longo que os demais. Raios ramificados progressivamente menores posteriormente ao

longo da nadadeira anal. O tamanho diminui acentuadamente do primeiro ao quarto raio. Posteriormente, o tamanho dos raios diminui suavemente. Assim, a nadadeira anal possui formato falcado. Nadadeira anal com 17 (1) ou 18 (6) pterigióforos, sustentando os raios. Primeiro pterigióforo sem diferenciação entre radial proximal e radial mediano, sendo chamado radial proximal-mediano. Primeiro radial proximal-mediano com lamela óssea larga anteriormente, lamela posterior menor em relação à anterior. Lamelas presentes do primeiro ao oitavo pterigióforo, demais radiais proximais com lamelas mais delgadas, pouco aparentes. Radiais proximais e distais progressivamente menores posteriormente. A partir do sexto pterigióforo, os radiais medianos e distais são progressivamente menos ossificados. Peça terminal cartilaginosa presente contatando o último radial mediano (Figura 7).

3.1.1.13. Cintura e Nadadeira peitoral

Ossos presentes: Pós-temporal, supracleitro, cleitro, pós-cleitro 1-3, escápula, coracoide, mesocoracoide, radiais da nadadeira peitoral, raios da nadadeira peitoral.

Pós-temporal longo, ligeiramente curvo anteriormente e arredondado na extremidade ventral, sem processo ventral. Canal pós-ótico presente nos dois terços ventrais. Supracleitro longo, com a extremidade dorsal posicionada medialmente ao pós-temporal e extremidade ventral sobrepondo-se ao pós-cleitro 1, ligamento de Baudelot associando o supracleitro ao pós-cleitro 1. Canal pós-ótico presente ao longo do supracleitro. Cleitro grande em relação aos demais ossos da cintura peitoral, alongado verticalmente, com extremidade dorsal estreita longa e ventral larga, projetada anteriormente. Pós-cleitro 1 pequeno, com extremidade anterior afilada e região ventral arredondada curvada posteriormente, localizada posteriormente no limite entre o supracleitro e o cleitro. Pós-cleitro 2 com extremidade dorsal fina e extremidade ventral larga e arredondada. Pós-cleitro 3 longo, estendendo-se verticalmente, com pequena lamela anterior e lamela posterior, próximo à porção dorsal. Escápula em formato de Y, com uma extremidade ântero-dorsal e duas extremidades póstero-ventrais. Extremidade anterior mais espessa que as extremidades posteriores. Coracoide alongado anteriormente, arredondado na região ventral e ligeiramente mais espesso posteriormente. Mesocoracoide estreito, alongado, com extremidades ligeiramente arredondadas e mais espessas que a região média, localizado próximo à região média do

cleitro. Placa radial peitoral triangular anterior aos radiais da nadadeira peitoral; Quatro radiais proximais pequenos e retangulares sucedidos pelos radiais mediais e distais dos raios da nadadeira peitoral. Raios em um total de 12 raios (1), 13 (1), sendo 9 (1) e 10 (1) raios ramificados progressivamente menores medialmente e 3 (1), 4 (1) raios não ramificados, 2 (1) e 3 (1) mediais e 1 (2) lateral (Figura 8).

3.1.1.14. Cintura e Nadadeira pélvica

Ossos presentes: Basipterígio, processo isquiático, radiais e raios da nadadeira pélvica.

Basipterígio aproximadamente triangular com a extremidade anterior ligeiramente curva dorsalmente. Porção anterior do basipterígio situado na vertical que passa as costelas da 5.^a e 6.^a vértebra. Processo isquiático direcionado posteriormente, com região proximal ligeiramente robusta e extremidade distal cartilaginosa. Processo isquiático curvo, sua porção média côncava e extremidade cartilaginosa direcionada para a linha mediana do corpo. Nadadeira pélvica com oito raios cada e uma esquírola pélvica, do terceiro ao oitavo raio ramificados. Esquírola pélvica, localizada na porção lateral da nadadeira pélvica, sendo esta diminuta. Machos com ganchos presentes em todos os raios, mais evidentes na região central dos raios maiores, do terceiro ao sexto raio (Figura 8).

3.1.1.15. Nadadeira caudal

Ossos presentes: Raios principais, raios procorrentes, centro pré-ural 2 (PU 2), centro pré-ural 3 (PU 3) e seus respectivos arcos e espinhos neurais e arcos e espinhos hemais, centro composto, epurais 1 e 2, uroneural 2, paripurais, hipurais 1-6.

Dezenove raios principais: i,9,8,i. Sete raios dorsais procorrentes e seis raios ventrais procorrentes. Última vértebra modificada, formando o centro composto. Epural 1 mais longo e delgado em relação ao epural 2. Uroneural 2 se estende do centro composto, com uma lamela óssea dorsal desde sua região proximal. Projeta-se em direção ao hipural 6. Hipural 1 desconectado do centro composto e hipural 2 com pequena conexão com o centro composto. Hipural 1 aproximadamente triangular, sendo a parte posterior larga. Hipural 2 delgado.

Hipural 1 e 2 sustentando o lobo ventral da nadadeira caudal. Hipural 3, 4, 5 e 6 longilíneos, progressivamente menores, sustentando o lobo superior da nadadeira caudal. Partes distais dos hipurais 1-6 cartilaginosas. Paripural longilíneo, com lamela óssea na região proximal ventral, diminuindo de espessura distalmente. Paripural com extremidade posterior cartilaginosa, também sustentando o lobo ventral da nadadeira caudal. Arco neural do PU 2 com pequena lamela óssea anteriormente, e com espinho neural afilado. Arco neural do PU 2 sucedido por espinho neural maior do que o espinho neural do PU 3. Arco neural do PU 3 sem lamela óssea. Arco hemal do PU 2 com lamela óssea anteriormente. Arco hemal do PU 3 sem lamela óssea. Espinho hemal do PU 2 largo em sua região proximal com extremidade distal cartilaginosa. Espinhos hemais do PU 2 e 3 com suas extremidades próximas ao início dos raios caudais. Espinho hemal PU 3 com extremidade distal cartilaginosa. Cartilagem inter-hemal do PU 3 localizada entre a porção distal dos espinhos hemais do PU 2 e 3. Na região ventral caudal existe uma cartilagem inter-hemal localizada anteriormente a parte distal do espinho hemal do PU 3. Cartilagem opistural presente (Figura 9).

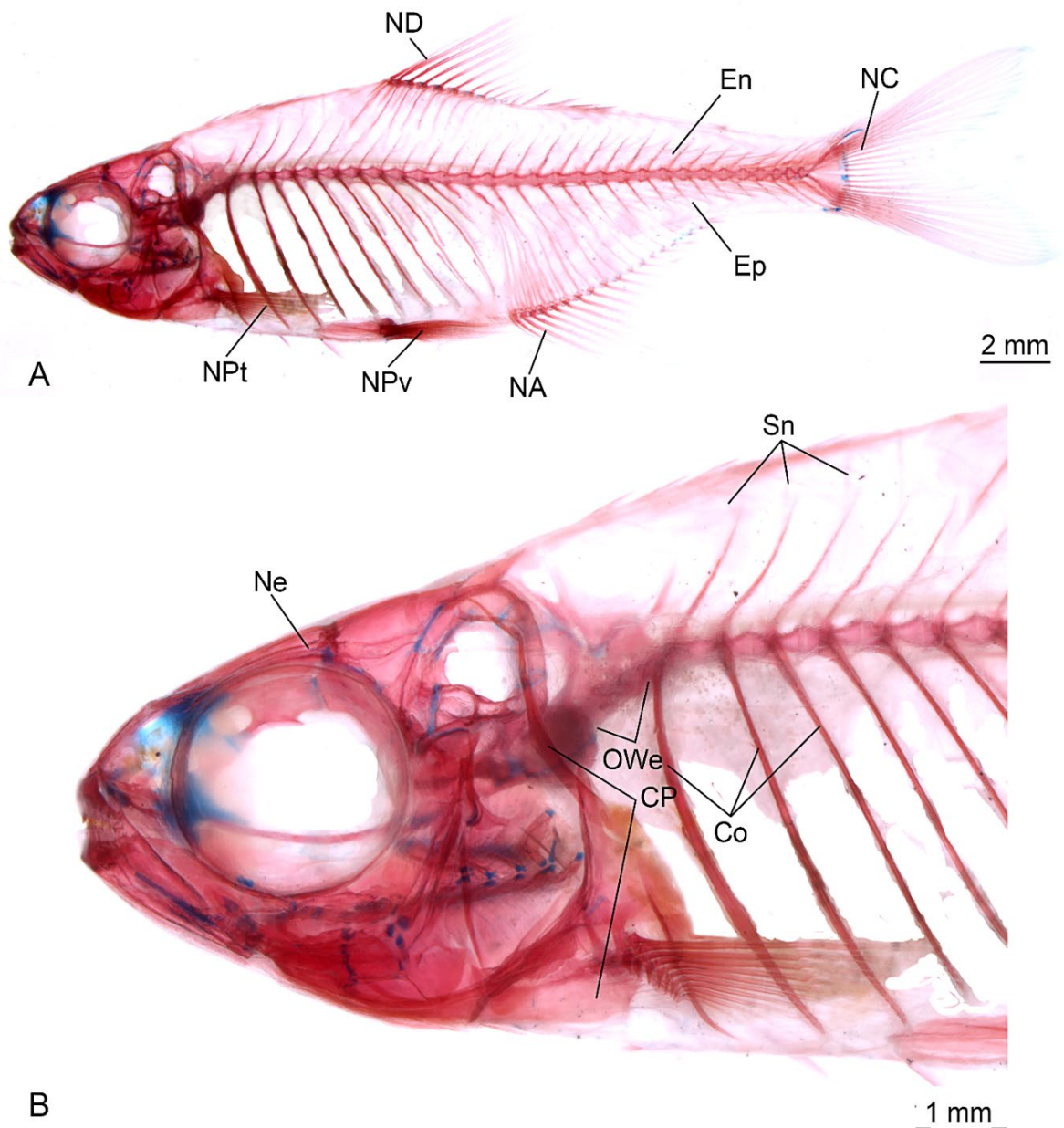


Figura 1 - *Paracheirodon axelrodi*, esqueleto completo e neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; **A**, vista lateral do esqueleto inteiro; **B**, vista lateral do esqueleto da cabeça e anterior do corpo; **Co**, costelas; **CP**, cintura peitoral; **En**, epineurais; **Ep**, epipleurais; **NA**, nadadeira anal; **NC**, nadadeira caudal; **Ne**, neurocrânio; **ND**, nadadeira dorsal; **NPt**, nadadeira peitoral; **NPv**, nadadeira pélvica; **OWe**, ossículos weberianos.

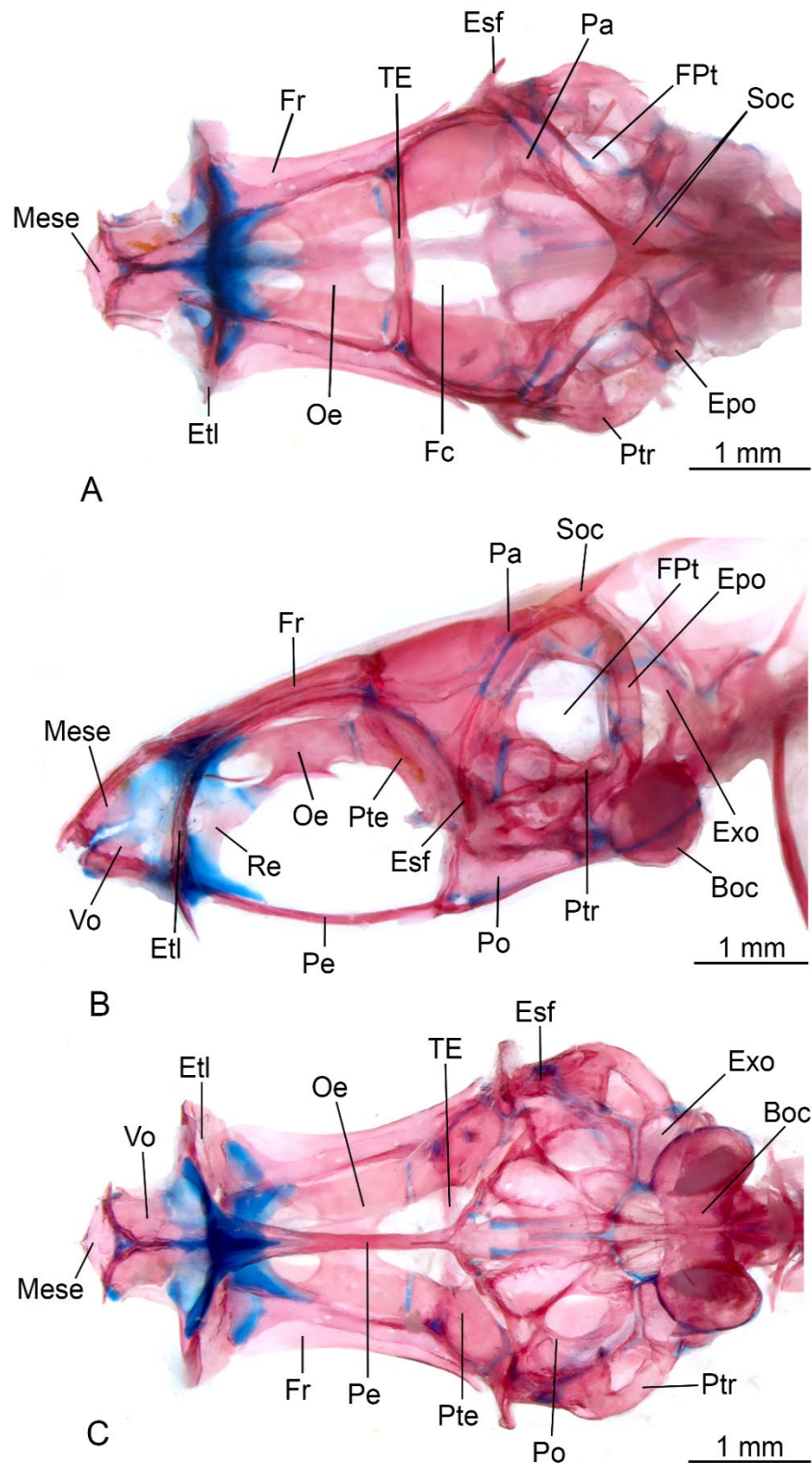


Figura 2 - *Paracheirodon axelrodi*, neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; **A**, vista dorsal; **B**, vista lateral; **C**, vista ventral; **Boc**, basioccipital; **Epo**, epoccipital; **Esf**, esfenótico; **Etl**, etimoide lateral; **Exo**, exoccipital; **Fc**, fossa craniana; **FPT**, fossa pós-temporal; **Fr**, frontal; **Mese**, mesetmoide; **Oe**, orbitoesfenoide; **Pa**, parietal; **Pe**, paraesfenoide; **Po**, próptico; **Pte**, pteroesfenoide; **Ptr**, pterótico; **Soc**, supraoccipital; **TE**, trabécula epifisiana; **Vo**, vômer.

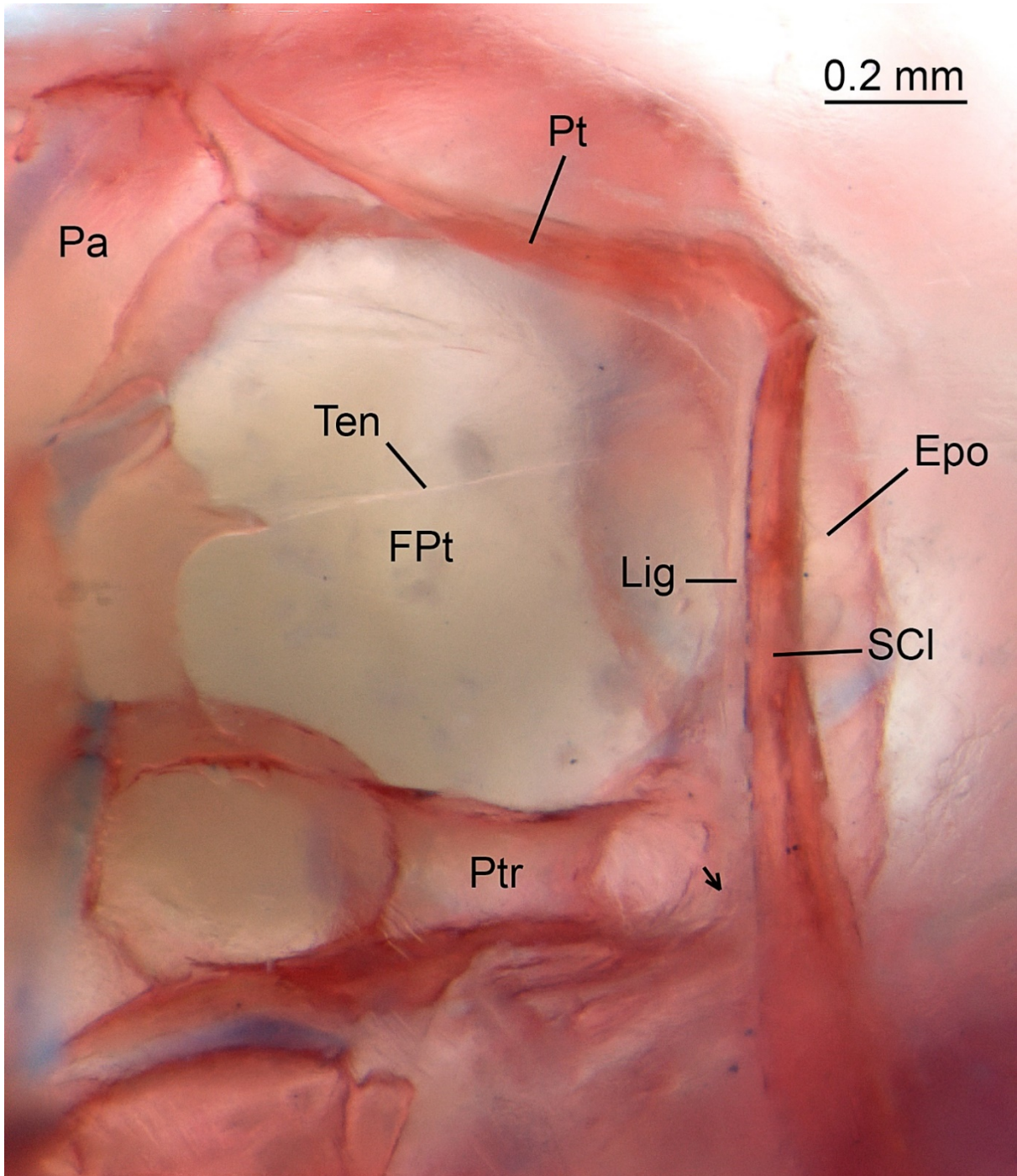


Figura 3 - *Paracheiroidon axelrodi*, detalhe na vista lateral do neurocrânio, fêmea, MZUSP 85752, 23.93 mm CP, d&c; seta preta indicando o intercalar vestigial; **Epo**, epoccipital; **FPt**, fossa pós-temporal; **Lig**, ligamento; **Pa**, parietal; **Pt**, pós-temporal; **Ptr**, pterótico; **SCI**, supraclitro; **Ten**, tendão.

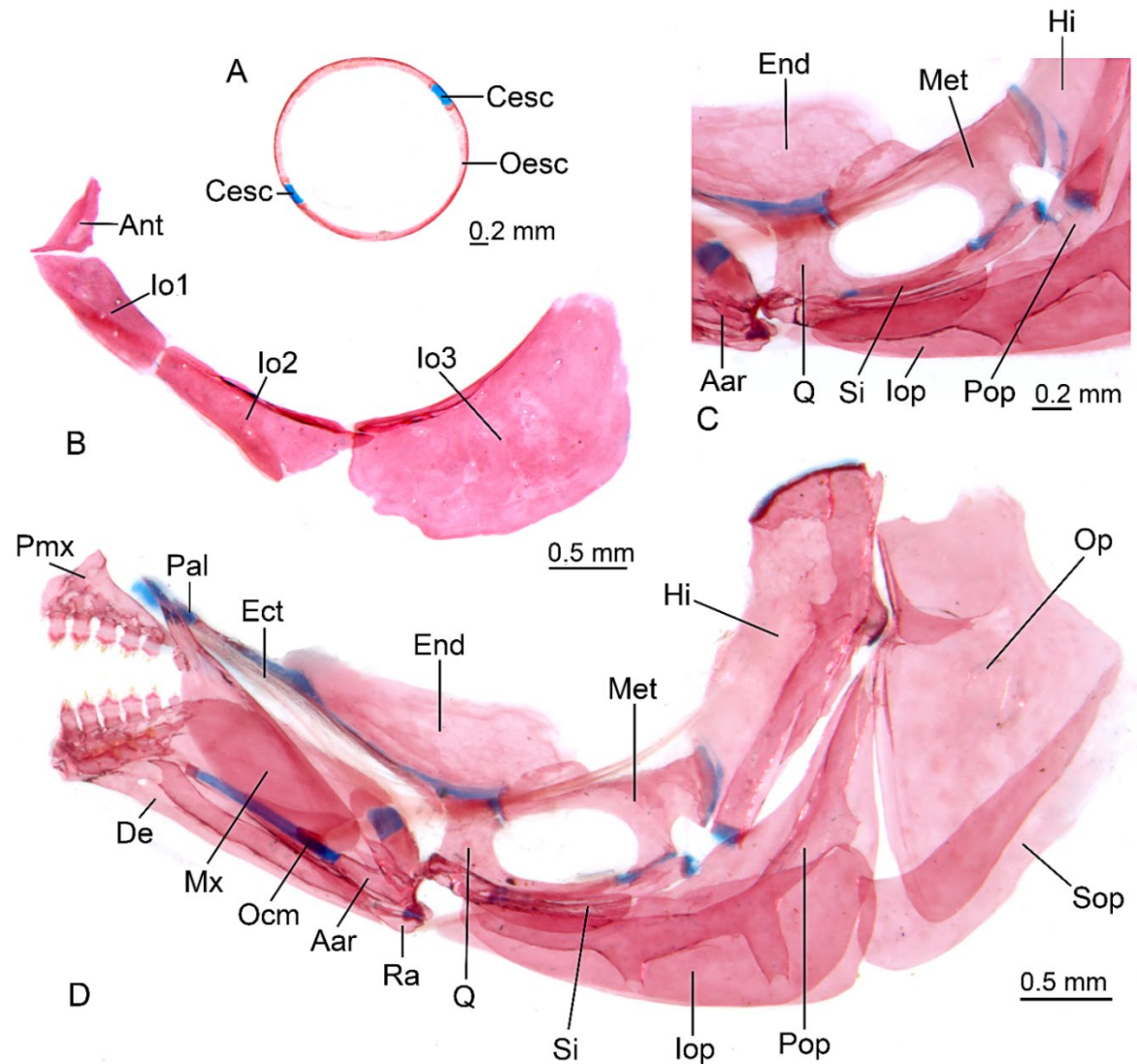


Figura 4 - *Paracheirodon axelrodi*, esclera, infraorbitais e suspensório; **A**, esclera, vista lateral, lado esquerdo, macho, MZUSP 58337, 23.54 mm CP; **B**, infraorbitais, vista lateral, lado esquerdo, fêmea, MZUSP 85752, 25.69 mm CP; **C**, detalhe na região do quadrado do suspensório, macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP; **D**, suspensório, macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP; **Aar**, ângulo-articular; **Ant**, antorbital; **Cesc**, cartilagem esclerótica; **De**, dentário; **Ect**, ectopterigoide; **End**, endopterigoide; **Hi**, hiomandibular; **lo1-3**, infraorbital 1-3; **lop**, interopérculo; **Met**, metapterigoide; **Mx**, maxilar; **Ocm**, osso coronomeckeliano; **Oesc**, osso esclerótico; **Op**, opérculo; **Pal**, palatino; **Pmx**, pré-maxilar; **Pop**, pré-operculo; **Q**, quadrado; **Ra**, retroarticular; **Si**, simplético; **Sop**, subopérculo.

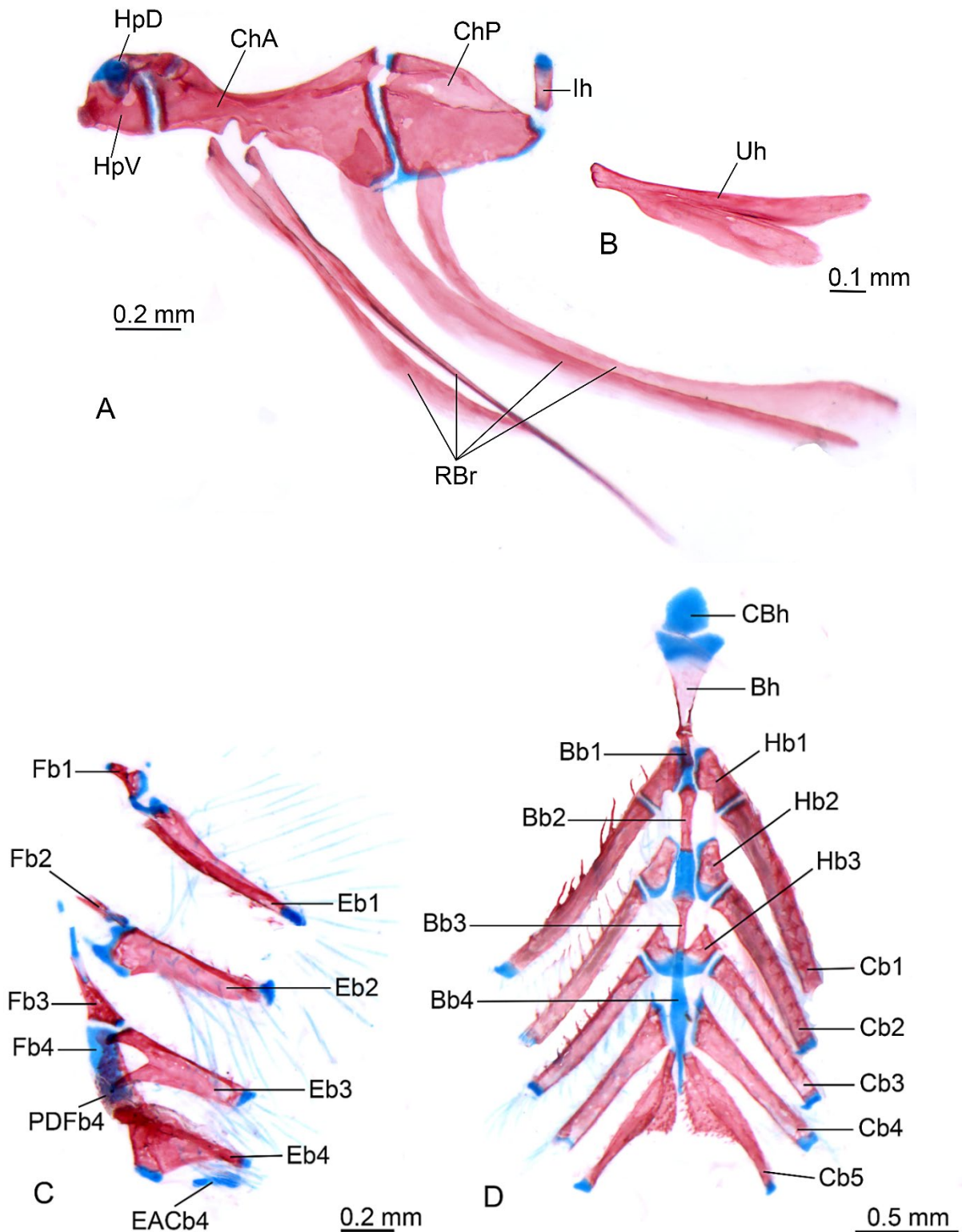


Figura 5 - *Paracheirodon axelrodi*, macho, MZUSP 58337, 23.31 mm CP, d&c; **A**, arco hioide, vista lateral; **B**, urohial, vista lateral; **C**, arcobranquial dorsal, vista dorsal; **D**, arcobranquial ventral, vista dorsal; **Bb1-4**, basibranquial 1-4; **Bh**, basi-hial; **Cb1-5**, ceratobranquial 1-5; **CBh**, cartilagem do basi-hial; **ChA**, ceratohial anterior; **ChP**, ceratohial posterior; **EACb4**, elemento acessório do ceratobranquial 4; **Eb1-4**, epibranquial 1-4; **Fb1-4**, faringobranquial 1-4; **Hb1-3**, hipobranquial 1-3; **HpD**, hipial dorsal; **HpV**, hipial ventral; **Ih**, interhial; **PDFb4**, placa dentífera do faringobranquial 4; **RBr**, raios branquiostégios; **Uh**, urohial.

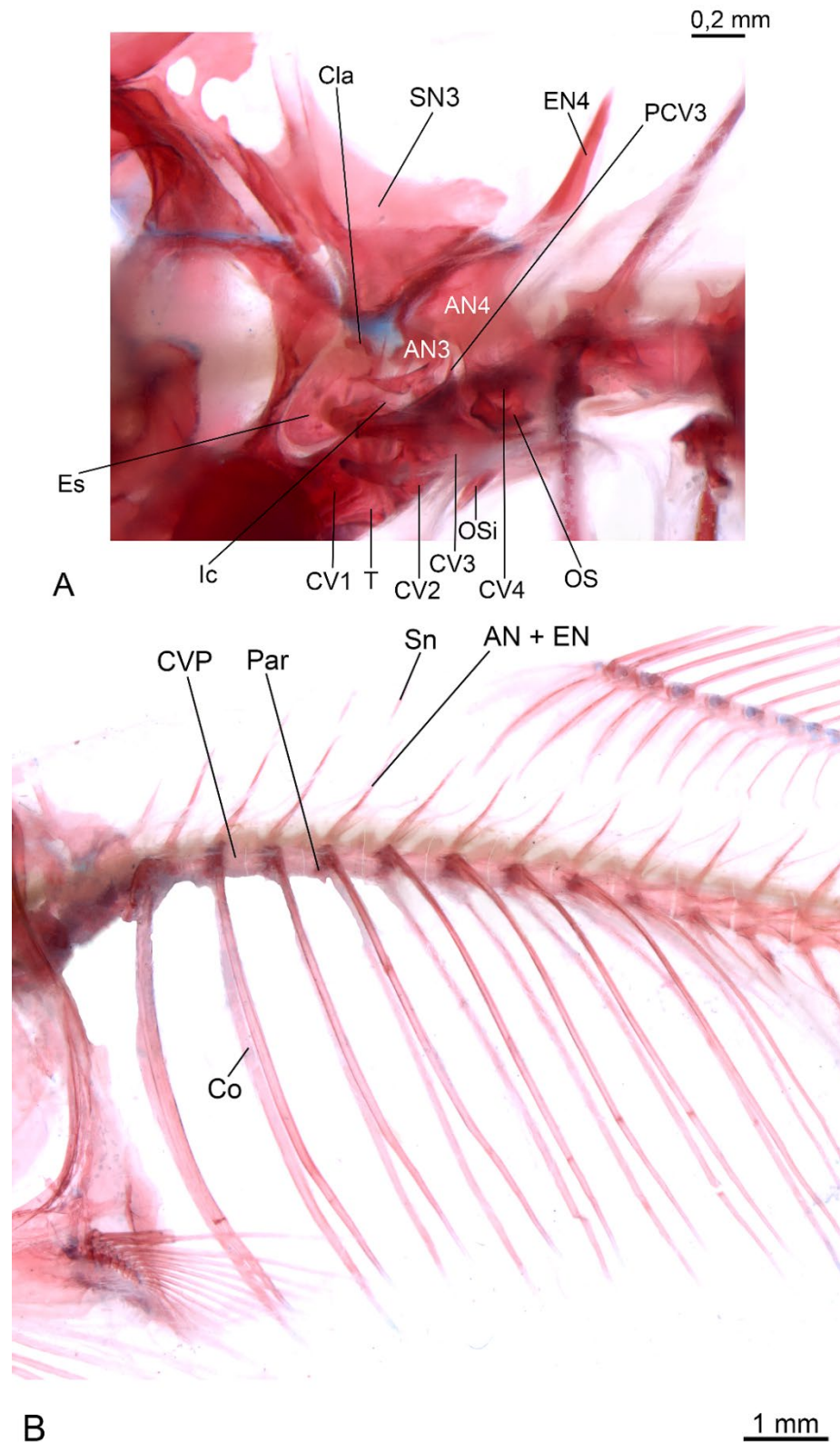


Figura 6 - *Paracheirodon axelrodi*, ossículos weberianos e esqueleto axial; **A**, ossículos weberianos, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP; **B**, esqueleto axial, fêmea, MZUSP 58337, 25.69 mm CP; **AN3-4**, arco neural 3-4; **AN + EN**, arco neural e espinho neural; **Cla**, claustrum; **Co**, costela; **CV1-4**, centro vertebral 1-4; **CVP**, centro vertebral pós-aparato de weber; **EN4**, espinho neural 4; **Ef**, escáfio; **Ic**, intercalário; **OS**, *os suspensorium* braço externo; **OSi**, *os suspensorium* braço interno; **Par**, parapófise; **PCV3**, processo do centro vertebral 3; **Sn**, supraneural; **SN3**, supraneural 3; **T**, trípode.

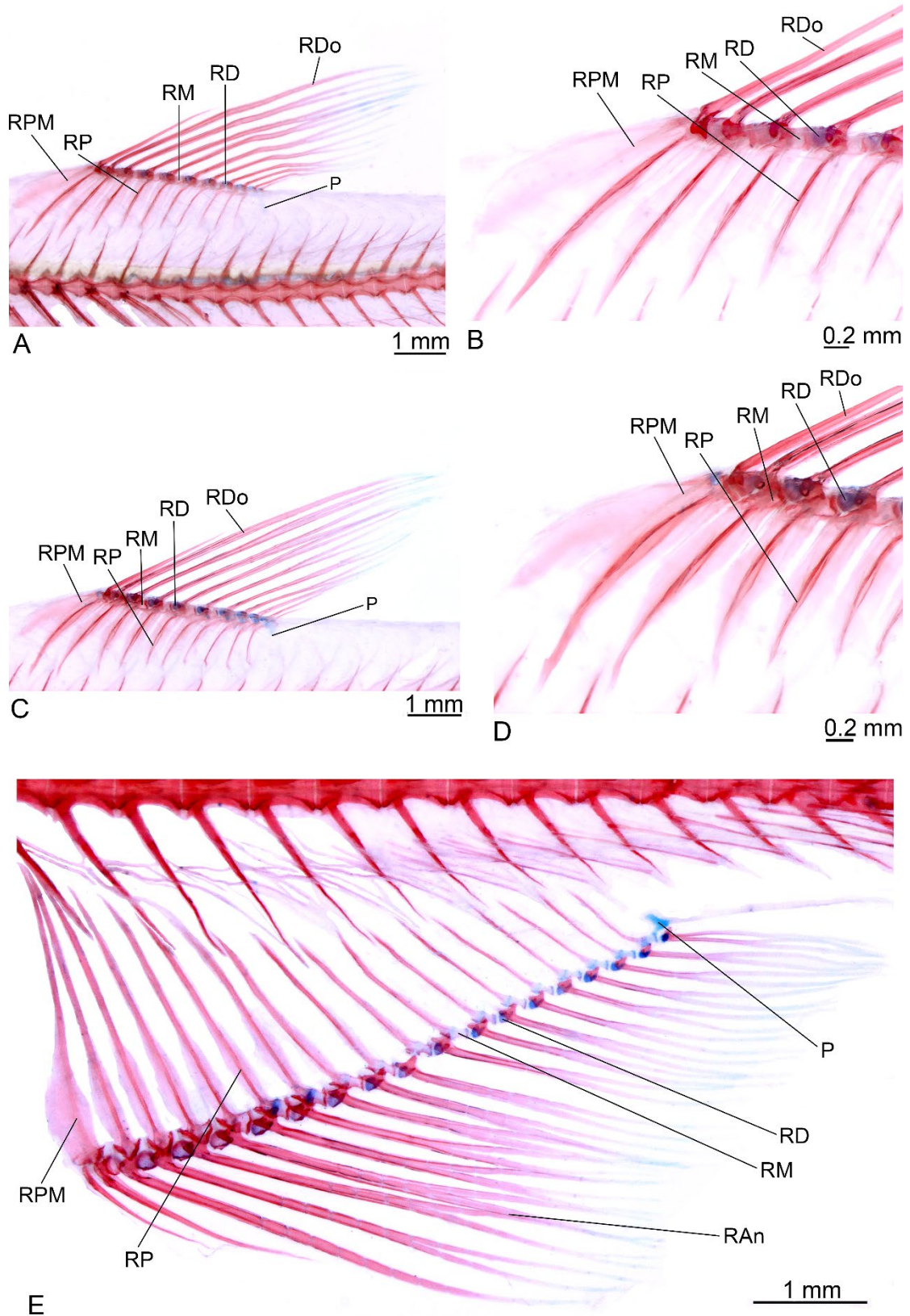


Figura 7 - *Paracheirodon axelrodi*, nadadeira dorsal e anal; A, nadadeira dorsal, macho, MZUSP 58337, 22,9 mm CP; B, foco na região anterior da nadadeira dorsal do macho; C, nadadeira dorsal, fêmea, MZUSP 58337, 25,16 mm CP; D, foco na região anterior da nadadeira dorsal da fêmea; E, nadadeira anal, macho, MZUSP 58337, 22,54 mm CP; P, peça terminal; RAn, raio da nadadeira anal; RD, radial distal; RDo, raio da nadadeira dorsal; RM, radial mediano; RP, radial proximal; RPM, radial proximal-mediano.

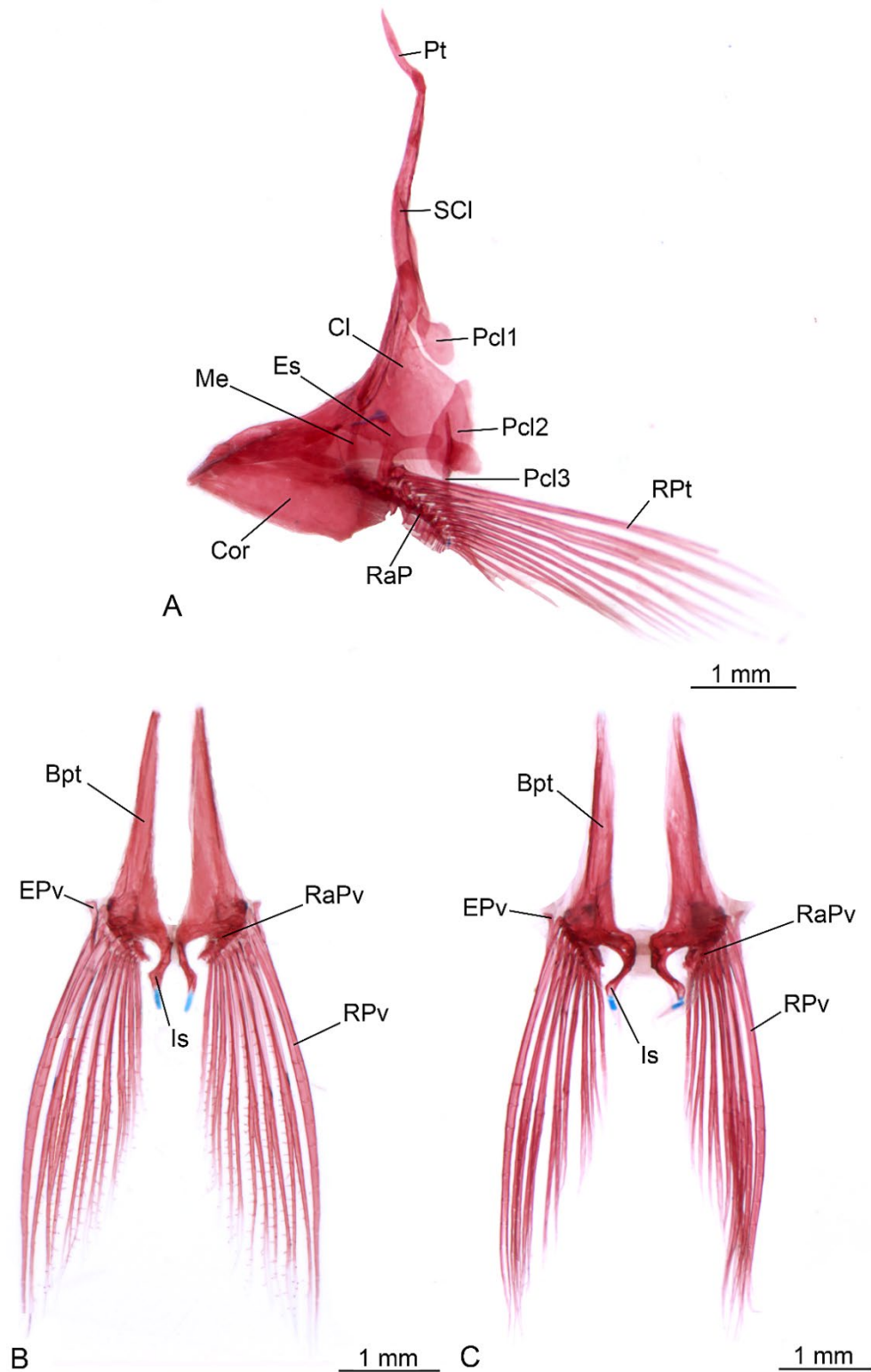


Figura 8 - *Paracheirodon axelrodi*, cintura e nadadeira peitoral e nadadeira pélvica; **A**, cintura e nadadeira peitoral, vista lateral esquerda, macho, MZUSP 58337, 23.31 mm CP; **B**, nadadeira pélvica com ganchos nos raios, vista ventral, macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP; **C**, nadadeira pélvica, vista ventral, fêmea, MZUSP 85752, 27.04 mm CP; **Bpt**, Basipterígio; **Cl**, cleitro; **Cor**, coracoide; **EPv**, esquiróla pélvica; **Es**, escápula; **Is**, processo isquiático; **Me**, mesocoracoide; **Pt**, pós-temporal; **Pcl 1-3**, pós-cleitro 1-3; **RaP**, radial da nadadeira peitoral; **RaPv**, radial da nadadeira pélvica; **RPt**, raio da nadadeira peitoral; **RPv**, raio da nadadeira pélvica; **SCI**, supracleitro.

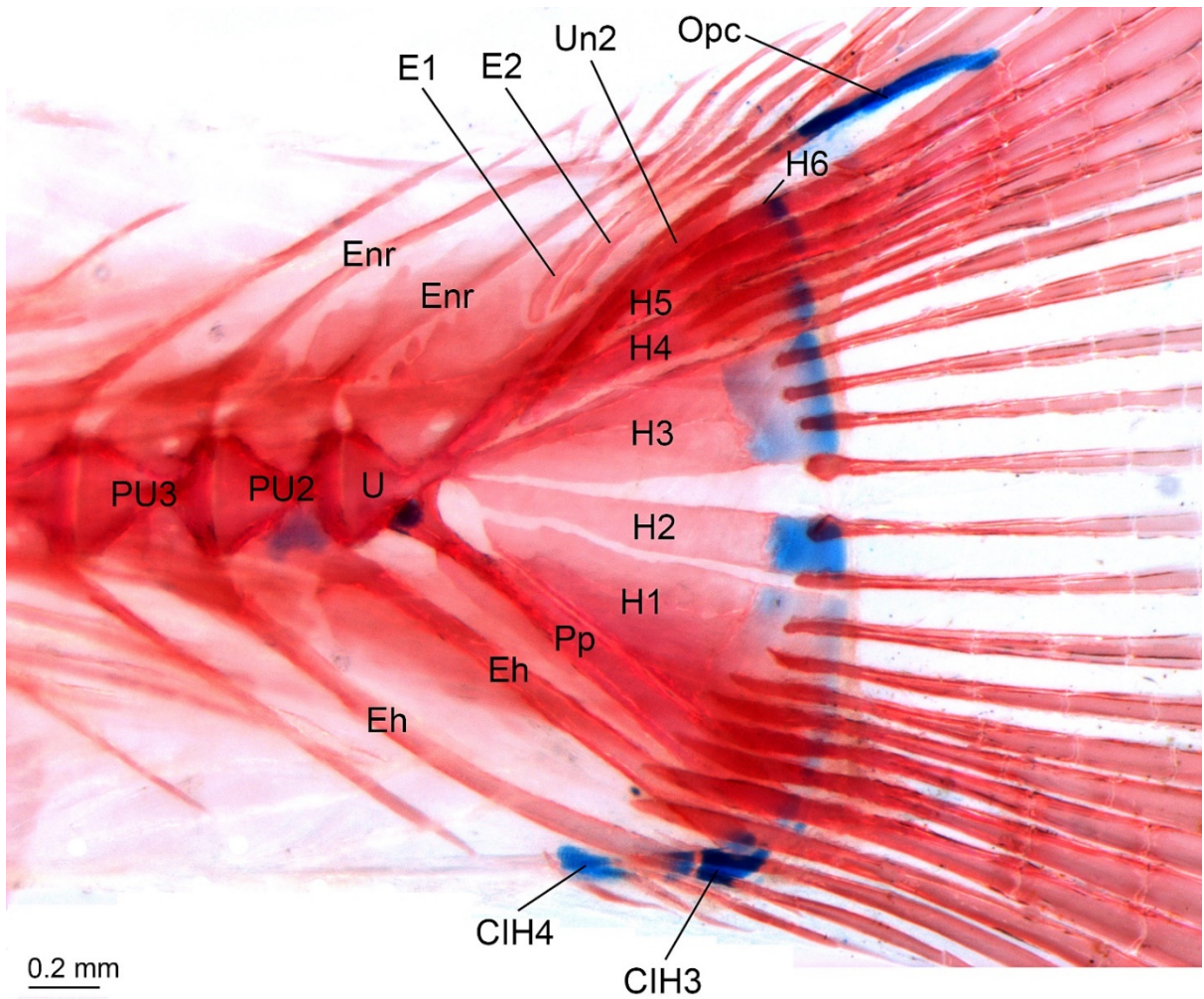


Figura 9 - *Paracheirodon axelrodi*, nadadeira caudal, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; **CIH3-4**, cartilagem inter-hemal do centro pré-ural 3 e 4; **E1-2**, epural 1 e 2; **Eh**, espinho hemal; **Enr**, espinho neural; **H1-6**, hipural 1-6; **Opc**, cartilagem opistural; **Pp**, paripural; **PU2-3**, centro pré-ural 2 e 3; **U**, centro ural composto; **Un2**, uroneural 2.

3.1.2. *Paracheiroduon innesi*

3.1.2.1. Neurocrânio

- Região olfativa

Ossos presentes: Mesetmoide, vômer, nasal e etmoide lateral.

Mesetmoide ligeiramente inclinado ântero-ventralmente, aproximadamente losangular, extremidade anterior aproximadamente triangular, localizada entre os processos ascendentes do pré-maxilar. Processos laterais do mesetmoide curtos, pontiagudos e dirigidos lateralmente com região central ao longo do processo pouco ossificada. Dois poros um do lado direito e outro do lado esquerdo na região dorsal do mesetmoide próximo a região anterior. Região dorsal posteriormente em contato estreito com o frontal. Estreita lamela ventral na linha sagital que contata a projeção mediana dorsal do vômer. Região posterior do mesetmoide bifurcada, na margem anterior da fontanela craniana. Vômer pouco ossificado, com formato aproximadamente quadrado e uma projeção posterior medial afilada em vista ventral, cartilagem etmoidal posterior ao vômer presente e conspícua. Nasal pequeno em relação aos demais ossos da região olfativa, alongado, afilado nas extremidades e extremamente delgado, localizado na região lateral ao mesetmoide. Etmoide lateral com processo descendente grande e ossificado, pouco ossificado na margem medial, com projeção anterior na região média (Figuras 10 e 11).

- Região orbital

Ossos presentes: Frontal, rinoesfenoide, orbitoesfenoide e pteroesfenoide, paraesfenoide.

Frontal longo e ligeiramente largo quando comparado a *Paracheiroduon axelrodi*, grande em relação aos ossos do neurocrânio, porção anterior medial recobrimdo a *taenia marginalis*, se estendendo posteriormente à trabécula epifisiana e contatando o parietal posteriormente. A trabécula epifisiana se situa na região medial dos frontais, na área entre a região média e posterior dos frontais. Canal supraorbital presente no frontal com túbulos acessórios, SO4, SO5, SO6 (ramo epifisiano), ossificados, e SO7 ossificado, mas sem contato com o canal ótico. Rinoesfenoide aproximadamente retangular, medial ao etmoide lateral e ventralmente sucedido pela *trabecula communis*, posteriormente o rinosfenoide é separado do

orbitoesfenoide por uma fina porção de cartilagem. Orbitoesfenoide com a parte dorsal aproximadamente reta e larga, região média ligeiramente estreita, sua extremidade ântero-dorsal em contato com o etmoide lateral, sua extremidade ântero-ventral larga e contato com o rinoesfenoide, sua extremidade pósterodorsal em contato com o pteroesfenoide e sua extremidade póstero-ventral menor que as demais extremidades, terminada em um processo pontiagudo voltado posteriormente conectado ao orbitoesfenoide contralateral. Pteroesfenoide aproximadamente retangular, ligeiramente largo e côncavo, com pequena lamela de cartilagem na região anterior e um orifício dorsal junto à região posterior do orbitoesfenoide. Paraesfenoide estreito, longo e côncavo, localizado entre o vômer anteriormente e o basioccipital, posteriormente, contatando ambos e o proótico lateralmente na região posterior, extremidade anterior maior que a extremidade posterior do vômer. Região posterior expandida, em formato aproximadamente losangular em vista ventral e bifurcada posteriormente e região medial ligeiramente pouco ossificada em ambas as projeções da bifurcação (Figuras 10 e 11).

- Região ótica

Ossos presentes: Parietal, esfenótico, proótico, pterótico, intercalar e epoccipital.

Parietal em vista dorsal retangular, em vista lateral com formato ligeiramente triangular, projetado ventralmente na região ântero-ventral, Parietal localizado lateralmente à região posterior da fontanela craniana. Fontanela do parietal larga. Ramo parietal do canal supraorbital e canal supratemporal ausentes. Esfenótico largo em vista lateral, com um processo lateral ossificado, a partir do qual o músculo *dilatator operculi* se origina, separado dos ossos adjacentes por finas áreas cartilagosas. Proótico grande em relação às outras espécies do gênero, com a parte ventral acompanhando a curvatura do paraesfenoide. Presença de um pequeno forame na extremidade anterior com orientação transversal próximo ao paraesfenoide. Em vista ventral há dois forames, um na região anterior ao forame auditivo e outro localizado mais anteriormente e medial a este forame, com forame auditivo presente próximo ao centro. Pterótico, em vista ventral ligeiramente arredondado posteriormente, em vista lateral delimitado por concavidade anteriormente com projeção ascendente anterior a fossa pós-temporal e uma concavidade posterior, sucedida pelo forame lateral occipital, pterótico localizado abaixo da fossa pós-temporal, sendo a região ventral da fossa menor que em *Paracheiroduon axelrodi*. Canal ótico presente, localizado ventralmente

no pterótico. Intercalar vestigial, representado por pequena ossificação, na região posterior do pterótico. Epoccipital ligeiramente curvo, côncavo na região média, localizado posteriormente à fossa pós-temporal margeando parte da região póstero-dorsal da fossa pós-temporal. Ponte do epioccipital cruzando a fossa pós-temporal, dividindo-a em duas sendo a região inferior da fossa maior que a região superior. Fossa pós-temporal maior que o forame occipital lateral (Figuras 10, 11 e 12).

- Região occipital

Ossos presentes: Supra-occipital, exoccipital e basioccipital.

Supraoccipital em V em vista dorsal, com as duas extremidades do V anteriores, a extremidade do vértice posterior não se prolonga se projetando um pouco dorsalmente, região ventral ligeiramente espessa horizontalmente. Exoccipital curvilíneo, delgado em sua porção média, margeando o forame occipital lateral posteriormente. Basioccipital com a cápsula sacular anteriormente e cápsula lagenar posteriormente, porção lateral do côndilo com leve curvatura medial. Extremidade posterior terminada em estrutura pequena aproximadamente retangular, ossificada ao centro e pouco ossificada nas laterais (Figuras 10 e 11).

3.1.2.2. Série circumorbital

Ossos presentes: Antorbital e infraorbital 1-3.

Antorbital triangular, extremidade dorsal afilada. É o menor osso da série circumorbital. Infraorbital 1 trapezoidal, parte inferior mais larga que a superior e margens anterior e posterior levemente inclinadas em direção à região média, a região anterior próxima ao antorbital, ligeiramente mais larga que a região posterior, próxima ao infraorbital 2. Infraorbital 2 delgado, porção posterior sobrepondo lateralmente o infraorbital 3. Canal infraorbital na região dorsal pouco ossificado, presente unicamente na metade posterior da região orbital. Infraorbital 3, o maior osso da série infraorbital, com margem superior côncava e inclinada póstero-dorsalmente, convexo na região inferior, localizado dorsalmente ao arco hiopalatino. Canal infraorbital presente na região dorsal, pouco ossificado. Não há ossificação

do canal látero-sensorial no antorbital e infraorbital 1. Infraorbitais 4-6 ausentes (Figura 13).

3.1.2.3. Osso esclerótico

Osso presente: Esclerótico.

Um osso circunda a órbita, com uma porção de cartilagem relativamente extensa quando comparada ao osso da esclera, localizada dorsalmente ao olho (Figura 13).

3.1.2.4. Maxilas

Ossos presentes: Pré-maxilar, maxilar, dentário, corono-meckeliano, ângulo-articular e retroarticular.

Pré-maxilar longelíneo e curvo, processo ascendente pouco desenvolvido do pré-maxilar se estendendo até o nasal, afilando-se em direção à extremidade distal. Processo triangular, localizado da margem sinfisária do pré-maxilar até a região média da pré-maxila. Pré-maxilar com uma única série de dentes, sendo 6 (2) ou 7 (1) dentes tricúspides, com 1 ou 2 dentes ligeiramente deslocados anteriormente. Pré-maxilar com dentes próximos da sínfise da linha mediana progressivamente menores em direção às laterais. Maxilar com 2 (3) dentes tricúspides. Região anterior do maxilar ligeiramente afilada, região posterior larga. Dentário com 5 (2) dentes tricúspides em uma única série, gradualmente menores posteriormente. Canal mandibular presente. Osso corono-meckeliano pequeno e arredondado na região póstero-dorsal da Cartilagem de Meckel. Ângulo-articular ligeiramente alongado articulando posteriormente com o osso quadrado. Retroarticular pequeno aproximadamente triangular (Figura 13).

3.1.2.5. Arco hiopalatino

Ossos presentes: Palatino, ectopterigoide, endopterigoide, quadrado, metapterigoide, simplético e hiomandibular.

Palatino localizado látero-ventralmente ao vômer, ligeiramente alongado, com região anterior mais larga que a região posterior com extremidade anterior convexa cartilaginosa, curvado lateralmente na região anterior e ligeiramente curvado ventralmente na região posterior, extremidade posterior relativamente espessa em relação a região média. Ectopterigoide estreito, delimitado lateralmente pelo endopterigoide, sua porção posterior ligeiramente inclinada para baixo. Ectopterigoide ligeiramente mais largo anteriormente, em contato com o processo palatino da cartilagem do palatoquadrado dorsalmente. Endopterigoide alongado, um pouco estreito anteriormente, extremamente largo na região média, lamelar e grande quando comparado ao ectopterigoide. Quadrado, se articulando anteriormente ao ângulo-articular, com porção anterior dorsal conectando-se com ectopterigoide, endopterigoide e metapterigoide através da cartilagem do palatoquadrado, cartilagem com a margem definida por cada estrutura que se conecta a esta. Porção posterior do quadrado encontrando os braços anterior e posterior do metapterigoide, margeando a fenestra metapterigoide-quadrado ovalada horizontalmente. Metapterigoide alongado horizontalmente, com região posterior ligeiramente inclinada dorsalmente, com uma extremidade anterior conectada ao quadrado e ao endopterigoide pela cartilagem do palatoquadrado. Região medial anterior do metapterigoide com uma lamela arredondada, bem evidente com extremidade anterior reta e recoberta parcialmente pelo endopterigoide. Posteriormente, metapterigoide conectado ao hiomandibular e póstero-ventralmente ao simplético. Presença de pequena fenestra formada pelas duas extremidades posteriores do metapterigoide e o hiomandibular. Simplético estreito e alongado, se estendendo do quadrado à porção inferior do metapterigoide, porção posterior conectada ao hiomandibular através da cartilagem hiosimplética. Hiomandibular aproximadamente retangular, ligeiramente inclinado anteriormente, da região média em direção à região inferior. Região dorsal do hiomandibular convexa. Remanescentes de cartilagem nas margens dorsal e ventral. Próximo ao centro da região superior do hiomandibular há um forame onde passa o nervo facial. Parte póstero-dorsal do hiomandibular com um côndilo, proeminência lisa e arredondada que contacta com uma cavidade do opérculo. A margem anterior do hiomandibular com membrana dérmica que se conecta com o metapterigoide ventralmente. Porção inferior do hiomandibular conectada anteriormente ao metapterigoide. Hiomandibular mais fino do que em *Paracheirodon axelrodi* (Figura 13).

3.1.2.6. Série opercular

Ossos presentes: Opérculo, pré-opérculo, interopérculo e subopérculo.

Opérculo grande em relação aos demais ossos da série opercular, com forma aproximadamente trapezoidal, porção superior estreita e inferior larga. Região ântero-ventral alongada. Margem anterior conectada com a margem posterior do hiomandibular e em contato com o pré-opérculo e o interopérculo. Região posterior com margem dorsal ligeiramente côncava, sucedida ventralmente por margem retilínea inclinada póstero-ventralmente e terminada em forma concáva na região ventral da região posterior do opérculo. Porção superior do opérculo estreita e extremidade superior pouco desenvolvido, localizada abaixo do limite superior do hiomandibular. Porção inferior, localizada na região posterior do interopérculo, margem ventral levemente sinuosa, acompanhando a margem superior do subopérculo. O opérculo forma um soquete com o côndilo hiosimplético presente entre a região média e superior do hiomandibular em direção a região média e superior do opérculo, há uma ligeira e reduzida, quando comparada as espécies do gênero, expansão óssea ântero-posterior da cavidade opercular do côndilo hiosimplético. Pré-opérculo em formato de L invertido, extremidades aproximadamente equidistantes da região angular. Canal preopercular bem desenvolvido ao longo do osso. Porção dorsal do pré-opérculo com lamela óssea margeando o canal preopercular. Túbulos acessórios presentes e ossificados, provavelmente PR1, PR2, PR3 e PR5. Entretanto, é necessária a confirmação da homologia de tais túbulos. Interoopérculo alongado horizontalmente, mais desenvolvido que nas demais espécies do gênero, aproximadamente triangular com extremidade anterior afilada e região posterior larga, se sobrepondo ao pré-opérculo da região média à extremidade anterior. porção anterior conectada inferiormente à porção posterior do retroarticular pelo ligamento posto-retroarticular, porção posterior do interopérculo cobrindo a extremidade do subopérculo. Porção posterior parcialmente recoberta pelo opérculo. Subopérculo alongado horizontalmente com margens inferior e superior sinuosas, e porção média mais estreita que as extremidades. Parte superior sinuosa acompanhando o opérculo, margem superior recoberta pelo opérculo e porção anterior recoberta pelo interopérculo (Figura 13).

3.1.2.7. Arco Hioide

Ossos presentes: Hipial dorsal e ventral, cerato-hial anterior e posterior, inter-hial, uro-hial e raios branquiostégios.

Hipial dorsal com dois prolongamentos um lateral e outro posterior, formando com hipial ventral e ceratohial anterior um forame. Hipial ventral com formato aproximadamente retangular conectado ao hipial dorsal por cartilagem. Cerato-hial anterior com região média mais estreita que as extremidades. Cerato-hial anterior com três entalhes posteriores aos três primeiros raios branquiostégios. Cerato-hial anterior com canal aberto em sua porção dorsal se estendendo ao cerato-hial posterior. Cerato-hial posterior aproximadamente trapezoidal, um entalhe posterior ao quarto branquiostégio. Abertura do canal que se inicia no cerato-hial anterior presente na região dorsal do cerato-hial posterior. Cerato-hial anterior e posterior unidos por uma simples articulação sincondral. Cerato-hial posterior com porção distal pouco ossificada sucedida pelo inter-hial. Inter-hial curto, em forma de bastão com parte distal levemente mais espessa que a região proximal, extremidades não ossificadas constituídas por cartilagem, fazendo contato anteriormente com o cerato-hial posterior e lateralmente com o suspensório na conexão cartilaginosa entre hiomandibular e simplético. Uro-hial com formato aproximadamente triangular região posterior côncava com lamela óssea da região dorsal à região ventral. Raios branquiostégios progressivamente mais longos posteriormente, sendo os três primeiros conectados ao cerato-hial anterior e o último ao cerato-hial posterior (Figura 14).

3.1.2.8. Arcos Branquiais

Ossos presentes: Basi-hial, basibranquiais 1-3, hipobranquiais 1-3, ceratobranquiais 1-5, epibranquiais 1-4 e faringo-branquiais 1-3.

Basi-hial triangular bem pronunciado, sendo anteriormente largo e posteriormente estreito. Porção anterior com um pequeno fragmento cartilaginoso e um fragmento maior de cartilagem anterior ao basi-hial. Margem posterior do basi-hial articulando com margem anterior do basibranquial 1. Três basibranquiais, os três ossificados, separados entre si por cartilagem da copula anterior, cada um situado medialmente aos hipobranquiais.

Basibranquial 1 delgado com a parte média anterior levemente mais estreita, margem anterior convexa e ligeiramente larga, borda posterior arredondada e cartilaginosa posteriormente. Basibranquial 2 e 3 com bordas anteriores arredondadas, a porção anterior do basibranquial 2 ligeiramente menor em relação ao basibranquial 3. Copula posterior com formato de gota, com região anterior sendo a extremidade e sua porção posterior aproximadamente esférica. Três hipobranquiais com margens pouco ossificadas. Hipobranquial 1 com formato aproximadamente retangular, alongado ântero-posteriormente, com porção proximal inclinada medialmente, sendo ligeiramente mais estreito em sua porção anterior. Hipobranquial 2 aproximadamente trapezoidal, alongado ântero-posteriormente, com porção proximal inclinada medialmente, a região proximal menor que a região distal. Hipobranquial 3 aproximadamente retangular, região posterior inclinada medialmente; parte posterior do hipobranquial 3 curvada na região proximal. Cada hipobranquial com um a dois rastros branquiais, com pequenos dentículos dispostos na região média dos hipobranquiais. Ceratobranquiais 1-5 bem desenvolvidos, com cartilagem nas extremidades, diminuindo em comprimento do primeiro ao último possuindo rastros branquiais. Ceratobranquiais 3 e 4 com duas séries de rastros, sendo a série anterior com oito rastro e a série posterior com 8 e 9 rastros, respectivamente. Ceratobranquial 5 com uma placa dentígera aproximadamente triangular em sua porção posterior medialmente. Quatro epibranquiais ossificados com extremidades cartilaginosas. Epibranquial 1 alongado com região distal dividida em duas pequenas extremidades. Epibranquial 1 com sete rastros anteriores alongados. Epibranquial 2 alongado, com uma pequena divisão na região distal, dando origem a um pequeno prolongamento subsequente e outra porção anterior contatando o faringo-branquial 2. Epibranquial 2 com seis rastros branquiais anteriores. Epibranquial 3 alongado com uma projeção ossificada entre sua porção média e distal, localizada posteriormente. Epibranquial 3 com seis rastros anteriores e quatro rastros posteriores. Epibranquial 4 aproximadamente triangular, sendo a região posterior mais larga com a formação em sua porção proximal de um orifício contendo em sua região posterior o elemento acessório do ceratobranquial 4 cartilaginoso. Epibranquial 4 com quatro rastros anteriores e quatro posteriores. Faringo-branquiais 1-3 com bordas cartilaginosas. Faringo-branquial 1 curto, com pequena projeção posterior na região média. Faringo-branquial 2 aproximadamente retangular. Faringo-branquial 3 alongado aproximadamente triangular e levemente curvo medialmente em direção a região posterior, sendo a região anterior mais

afilada. Porção média posterior com pequenos dentículos. Cartilagem faringo-branquial 4 retangular, cartilaginosa fracamente ossificada e na região média com uma placa dentígera bem desenvolvida articulando com a extremidade do epibranquial 4 (Figura 14).

3.1.2.9. Ossículos Weberianos

Ossos presentes: Supraneural 3, escáfio, claustro, intercalário, centro vertebral 1-4, arco neural 3 e 4, espinho neural 4, trípode e *os suspensorium*.

Supraneural 3 ligeiramente alongado horizontalmente, com região superior côncava, com processo ascendente anterior. Escáfio arredondado projetado ântero-ventralmente, ventral ao supraneural 3 anterior ao claustro. Claustro pequeno, em formato curvo dorsalmente e com a região pósterodorsal convexa. Intercalário falciforme, côncavo e com região ventral ligeiramente projetada ântero-ventralmente. Centro vertebral 1 aproximadamente retangular. Centro vertebral 2 retangular. Processo lateral do centro vertebral 2 estreito pouco desenvolvido, com formato ligeiramente convexo. Centro vertebral 3 retangular, processo do centro vertebral 3 retangular com partes marginais pouco ossificadas e processo transversal na vértebra. Centro vertebral 4 aproximadamente retangular. Arco neural 3 aproximadamente triangular com uma extremidade anterior e duas extremidades posteriores. Arco neural 4 com região larga, arredondada ântero-dorsalmente e cartilagem pouco conspícua presente entre o arco neural 4 e o espinho neural 4. Espinho neural 4 alongado e afilado pósterodorsalmente. Trípode, em vista ventral, falciforme e espesso posteriormente. *Os suspensorium* ósseo com região anterior cartilaginosa, braço interno arredondado, braço externo aproximadamente retangular, tanto o braço interno quanto o externo pouco ossificados medialmente, ambos não muito proeminentes (Figura 15).

3.1.2.10. Esqueleto axial pós-Weberiano

Ossos presentes: Vértebras pré-caudais, vértebras caudais, pré e pós-zigapófises, parapófises, supraneurais, costelas, arco neurais e espinhos neurais, arcos hemais e espinhos

hemais, ossos intermusculares epineurais e epipleurais.

Vértebras do aparato pós-Weberiano em um total de 29 (2), 30 (2), consistindo em 11 (3) ou 12 (1) vértebras pré-caudais e 18 (3) ou 19 (1) vértebras caudais. Centro vertebral ligeiramente mais longo que alto. Estrutura entre a 5.^a e a 13.^a vértebra semelhantes em forma e composição, de pré e pós-zigapófises neurais, costelas e espinhos neurais. Vértebra 15.^a ligeiramente mais larga em um dos espécimes.

Pré e pós-zigapófises neurais presentes em todas as vértebras menos nas três caudais posteriores. Pré e pós-zigapófises hemais presentes a partir da 14.^a vértebra. Quatro supraneurais, o primeiro predominantemente composto por cartilagem, os demais cartilagosos apenas em suas porções proximais e distais, sendo o primeiro situado entre a 4.^a vértebra e a 5.^a vértebra. Parapófises presentes da 5.^a à 15.^a vértebra. Costelas associadas da 5.^a à 14.^a vértebras. Todas as costelas são similares em tamanho com exceção das associadas à 14.^a vértebra que são menores. Costelas anteriores mais espessas, progressivamente mais delgadas ao longo do espécime, sendo a costela associadas à 14.^a vértebra a mais estreita, costelas sem projeções. Costelas nas fêmeas maduras na região abdominal maiores do que nos machos.

Na região dorsal de cada arco neural há um espinho neural. Primeiro arco neural menor sucedido por arcos neurais pré-caudais progressivamente maiores, último arco neural pré-caudal ligeiramente menor que o penúltimo, arcos neurais caudais progressivamente menores. Os espinhos neurais variam em espessura ficando mais espessos proximalmente, a partir da região abaixo da nadadeira dorsal, com exceção do primeiro espinho neural que possui sua região proximal espessa. Os cinco primeiros espinhos neurais são maiores em comprimento, seguidos por quatro espinhos neurais menores situados ântero-ventralmente à região da nadadeira dorsal. Comprimento dos espinhos neurais aumenta progressivamente após a região abaixo da nadadeira dorsal, até o 16.^o espinho neural e depois diminui também progressivamente até a região do pedúnculo caudal. Ventralmente em cada vértebra caudal há um arco hemal e um espinho hemal. A 15.^a vértebra possui um arco hemal completo reduzido.

Os ossos intermusculares são 26 (3) e 25 (1) epineurais ao longo do corpo e 16 (3) e 17 (1) epipleurais ao longo da extensão das vértebras caudais. Epineurais bifurcados na região

distal do primeiro ao 23.º (1) e 24.º (1) epineurais. A extremidade distal do penúltimo e do antepenúltimo em forma de expansão arredondada. Todos os epipleurais bifurcados distalmente (Figura 15).

3.1.2.11. Nadadeira dorsal

Ossos presentes: Raios não ramificados, raios ramificados, radial proximal-mediano, radiais proximais, radiais medianos, radiais distais e peça terminal.

Nadadeira dorsal com ii,9 raios. Primeiro raio não ramificado curto, segundo longo. Primeiro raio ramificado mais longo que os demais raios, com tamanho próximo ao do segundo raio ramificado. Segundo raio ramificado e demais raios ramificados alternando entre ramificações na posição anterior e posteriormente. Raios ramificados progressivamente mais curtos. Nadadeira dorsal com dez pterigióforos sustentando os raios. Primeiro pterigióforo sem diferenciação entre radial proximal e radial mediano, sendo chamado radial proximal-mediano. Radial proximal-mediano com lamela óssea assimétrica anteriormente. Primeiro radial proximal maior que os demais, sendo os radiais proximais progressivamente menores ao longo da nadadeira dorsal. Radiais medianos e distais não completamente ossificados a partir do quinto pterigióforo. Fêmeas com um pouco mais de cartilagem que os machos nos proximais, mediais e distais. Peça terminal presente, com pouca cartilagem na extremidade ventral (Figura 16).

3.1.2.12. Nadadeira anal

Ossos presentes: Raios não ramificados, raios ramificados, radial proximal-mediano, radiais proximais, radiais medianos, radiais distais e peça terminal.

Nadadeira anal com iii ou iv, 17 (5) raios, os 3 (5) primeiros supranumerários. Os raios supranumerários não são ramificados e são progressivamente maiores posteriormente. Primeiro raio ramificado maior que os demais. Raios ramificados progressivamente menores posteriormente ao longo da nadadeira anal. O tamanho diminui acentuadamente do segundo ao sexto raio. Posteriormente, o tamanho dos raios diminui suavemente. Assim, a nadadeira

anal possui formato falcado. Nadadeira anal com 17 (3), 18 (2) pterigióforos, sustentando os raios. Primeiro e segundo pterigióforos sem diferenciação entre radial proximal e o radial mediano, chamados de radiais proximais-medianos. Primeiro radial proximal-mediano mais longo que os radiais proximais e com uma borda larga em sua região proximal. Pterigióforos progressivamente menores posteriormente. Peça terminal da nadadeira anal pouco desenvolvida, projetada anteriormente e posteriormente pouco ossificada na extremidade dorsal (Figura 16).

3.1.2.13. Cintura e Nadadeira peitoral

Ossos presentes: Pós-temporal, supracleitro, cleitro, pós-cleitro 1-3, escápula, coracoide, mesocoracoide, radiais e raios da nadadeira peitoral.

Pós-temporal estreito, com extremidade dorsal afilada e região ventral ligeiramente mais larga, sem processo ventral. Canal pós-ótico presente nos dois terços ventrais. Supracleitro desenvolvido e longo, parte dorsal curva da extremidade superior à região média, região média e ventral largas, com largura variando abruptamente, região posterior reta e inclinada póstero-ventralmente, ligamento de Baudelot associando o supracleitro ao pós-cleitro 1. Canal pós-ótico presente ao longo do supracleitro. Cleitro, desenvolvido, largo em sua região ventral. Pós-cleitro 1 com extremidades arredondadas, com extremidade afilada na região dorsal e região mais larga ventralmente, localizada posterior à extremidade ventral do supracleitro. Pós-cleitro 2 largo, convexo e ligeiramente alongado verticalmente, região dorsal levemente mais delgada que a ventral, situado ventralmente ao pós-cleitro 1 e posterior ao cleitro. Pós-cleitro 2 sobrepondo-se ao pós-cleitro 3. Pós-cleitro 3 longo, espesso dorsalmente, ligeiramente curvo com região média ligeiramente anterior e extremidades dorsal e ventral posteriores. Escápula, bem desenvolvida com estrutura em formato de Y, extremidade anterior mais larga que extremidades posteriores. Coracoide alongado, largo na região média e com saliência póstero-ventral, levemente côncavo. Mesocoracoide pequeno em relação aos ossos da cintura peitoral, estreito, extremidade dorsal maior e mais larga que a região média do mesocoracoide, região média delgada, extremidade ventral maior que a anterior e conseqüentemente mais larga que a região média, localizado próximo à região média do cleitro. Placa radial peitoral triangular anterior aos radiais da nadadeira peitoral;

Cinco radiais proximais pequenos retangulares, com forma alongada horizontalmente, os radiais proximais sustentam os radiais mediais estreitos e afilados, sucedidos pelos radiais distais, retangulares. Raios em um total de 9 (1), 11 (1) e 12 (1) raios ramificados, 2 (1) e 3 (1) não ramificados, dentre os raios não ramificados 1 (1), 2 (1) mediais e 1 (2) lateral, progressivamente menores do mais lateral ao mais medial, lateralmente uma esquirola (Figura 17).

3.1.2.14. Cintura e Nadadeira pélvica

Ossos presentes: Basipterígio, processo isquiático, radiais e raios da nadadeira pélvica.

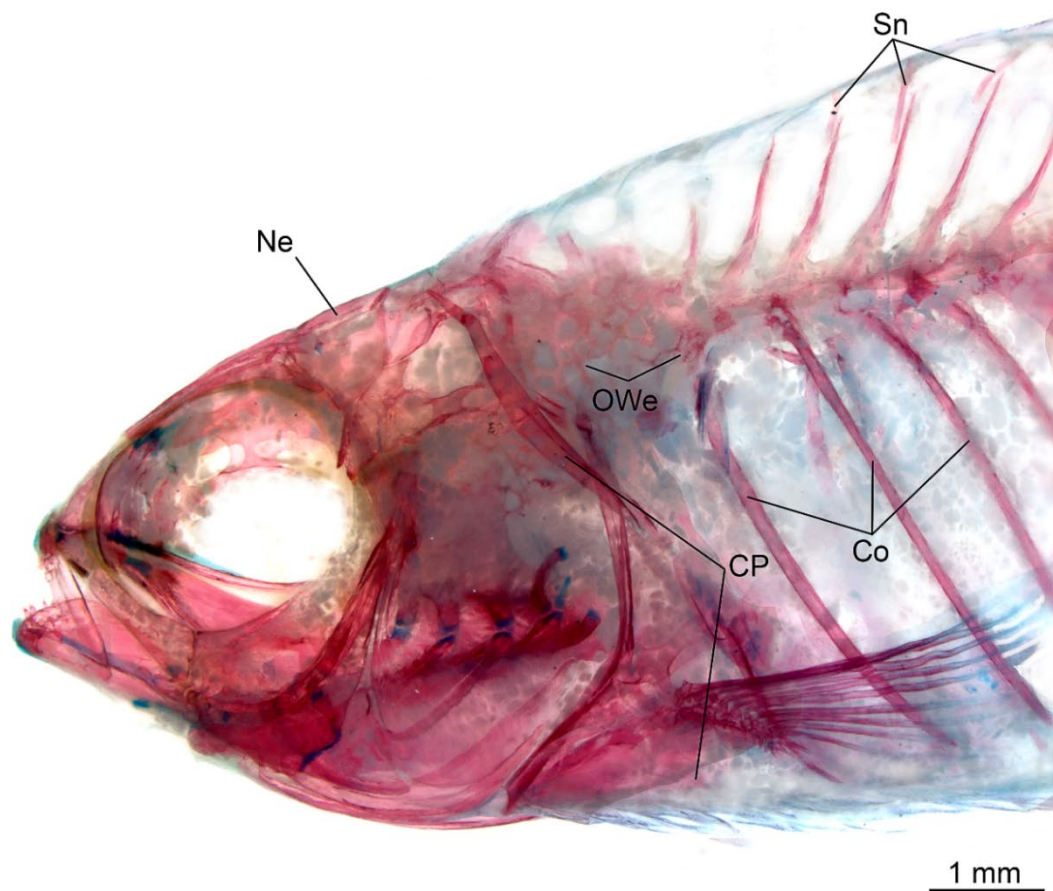
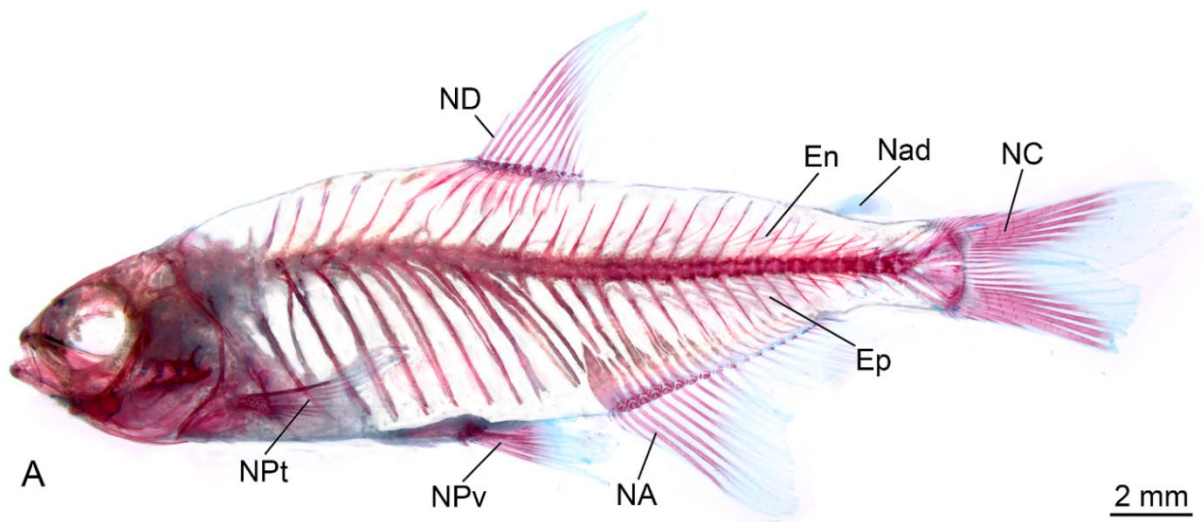
Basipterígio aproximadamente triangular com extremidade anterior ligeiramente convexa medialmente. Porção anterior do basipterígio situada na vertical que passa entre as costelas da 5.^a e 6.^a vértebra, com região anterior inclinada dorsalmente e medialmente, região posterior mais espessa que a anterior. Processo isquiático delgado côncavo medialmente e direcionado posteriormente, com região proximal ligeiramente robusta e extremidade distal cartilaginosa. Nadadeira pélvica com oito raios e uma esquirola pélvica, do segundo ao sétimo raio ramificados e progressivamente maiores, dois raios não ramificados nas extremidades sendo o oitavo raio lateral sucedido pela esquirola pélvica. Ganchos ausentes na nadadeira pélvica dos machos (Figura 17).

3.1.2.15. Nadadeira caudal

Ossos presentes: Raios principais, raios procorrentes, centro pré-ural 2 (PU 2), centro pré-ural 3 (PU 3) e seus respectivos arcos e espinhos neurais e arcos e espinhos hemais, centro composto, epurais 1 e 2, uroneural 2, paripurais, hipurais 1-6.

Dezenove raios principais: i,9,8,i. Nove raios dorsais procorrentes e seis raios ventrais procorrentes. Última vértebra modificada, formando o centro composto. Epural 1 delgado, longo e região proximal normalmente mais larga que a região proximal do epural 2. Epural 2, delgado em toda sua extensão. O uroneural 2 estende-se do centro composto à proximidade da região do hipural 6. Hipural 1 desconectado do centro composto. Hipural 1 com formato

aproximadamente triangular, sendo a parte posterior larga. Hipural 2 delgado. Hipural 1 e 2 sustentando o lobo ventral da nadadeira caudal. Hipurais 3, 4, 5 e 6 longilínios, o hipural 3 aproximadamente triangular. Hipurais 3, 4, 5 e 6 sustentando o lobo superior da nadadeira caudal. Partes distais dos hipurais 1-6 cartilaginosas. Paripural delgado e longo, com lamela óssea na região proximal, também sustentando o lobo ventral da nadadeira caudal. Arco neural do PU 2 um pouco menor que o arco neural do PU 3, ambos sucedidos por espinhos neurais. Espinho neural do PU 2 ligeiramente mais largo que a espinho neural do PU 3. Arco hemal do PU 2 com lamela óssea anteriormente, sucedido pelo espinho hemal do PU 2. Arco hemal PU 2 com o orifício do arco maior em relação ao arco hemal do PU 3, por sua vez, sucedido pelo espinho hemal do PU 3. Os espinhos hemais do PU 2 e 3 possuem extremidades distais cartilaginosas próximas ao início dos raios caudais. Cartilagem inter-hemal do PU 3 localizada entre a porção distal dos espinhos hemais do PU 2 e 3. Na região ventral caudal existe a cartilagem inter-hemal do centro pré-ural 4 (PU 4), localizada anteriormente à parte distal do espinho hemal do PU 3. Cartilagem opistural presente (Figura 18).



B

Figura 10 - *Paracheiroidon innesi*, esqueleto completo e neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 23.11 mm CP, d&c; **A**, vista lateral do esqueleto inteiro; **B**, vista lateral do esqueleto da cabeça e anterior do corpo; **Co**, costelas; **CP**, cintura pélvica; **En**, epineurais; **Ep**, epipleurais; **NA**, nadadeira anal; **Nad**, nadadeira adiposa; **NC**, nadadeira caudal; **Ne**, neurocrânio; **ND**, nadadeira dorsal; **NPt**, nadadeira peitoral; **NPv**, nadadeira pélvica; **OWe**, ossículos weberianos.

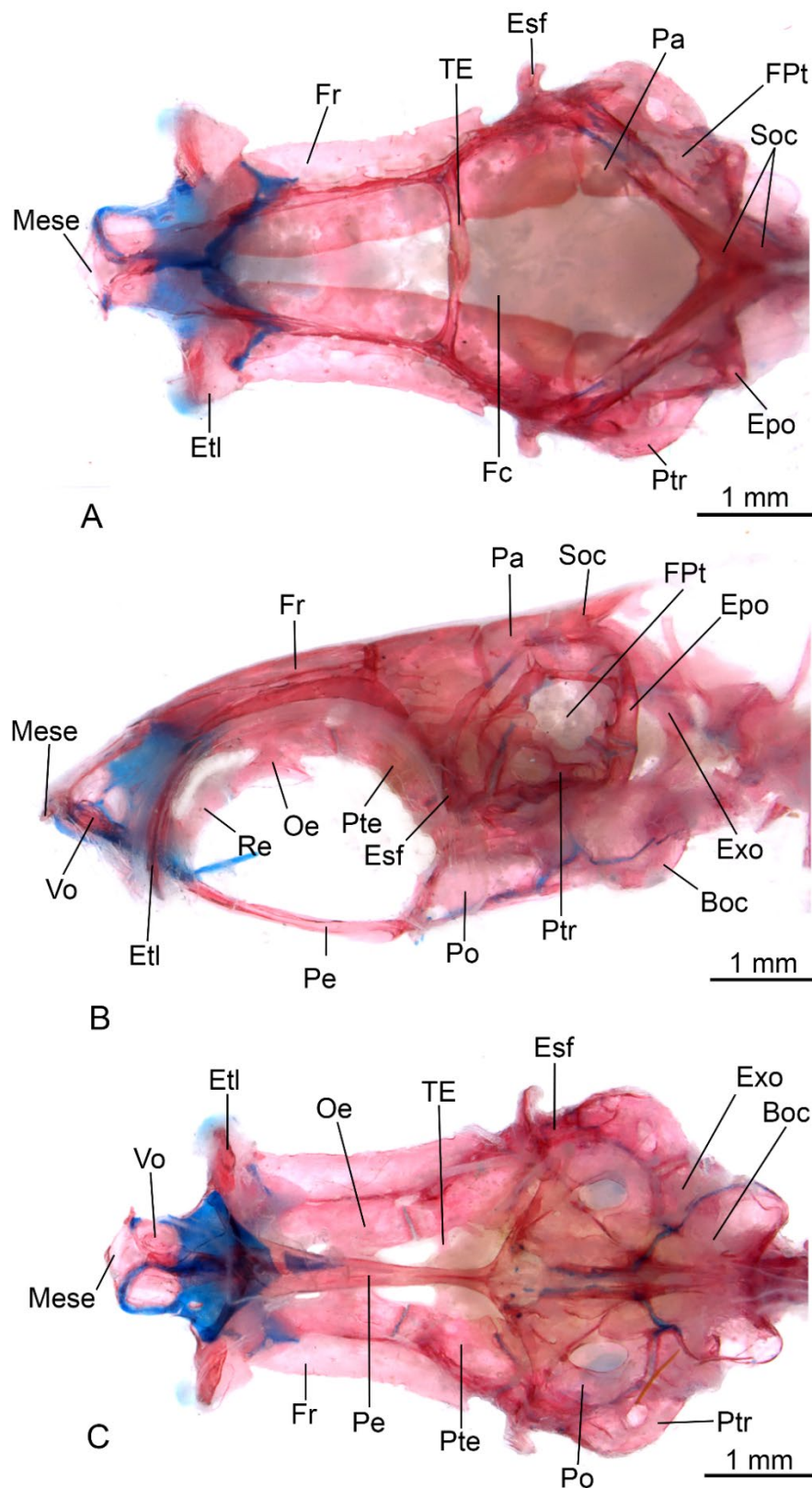


Figura 11 - *Paracheirodon innesi*, neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 27.8 mm CP, d&c; **A**, vista dorsal; **B**, vista lateral; **C**, vista ventral; **Boc**, basioccipital; **Epo**, epoccipital; **Esf**, esfenótico; **Etl**, etimoide lateral; **Exo**, exoccipital; **Fc**, fossa craniana; **Fpt**, fossa pós-temporal; **Fr**, frontal; **Mese**, mesetmoide; **Oe**, orbitoesfenoide; **Pa**, parietal; **Pe**, paraesfenoide; **Po**, prótico; **Pte**, pteroesfenoide; **Ptr**, pterótico; **Soc**, supraoccipital; **TE**, trabécula epifisiana; **Vo**, vômer.

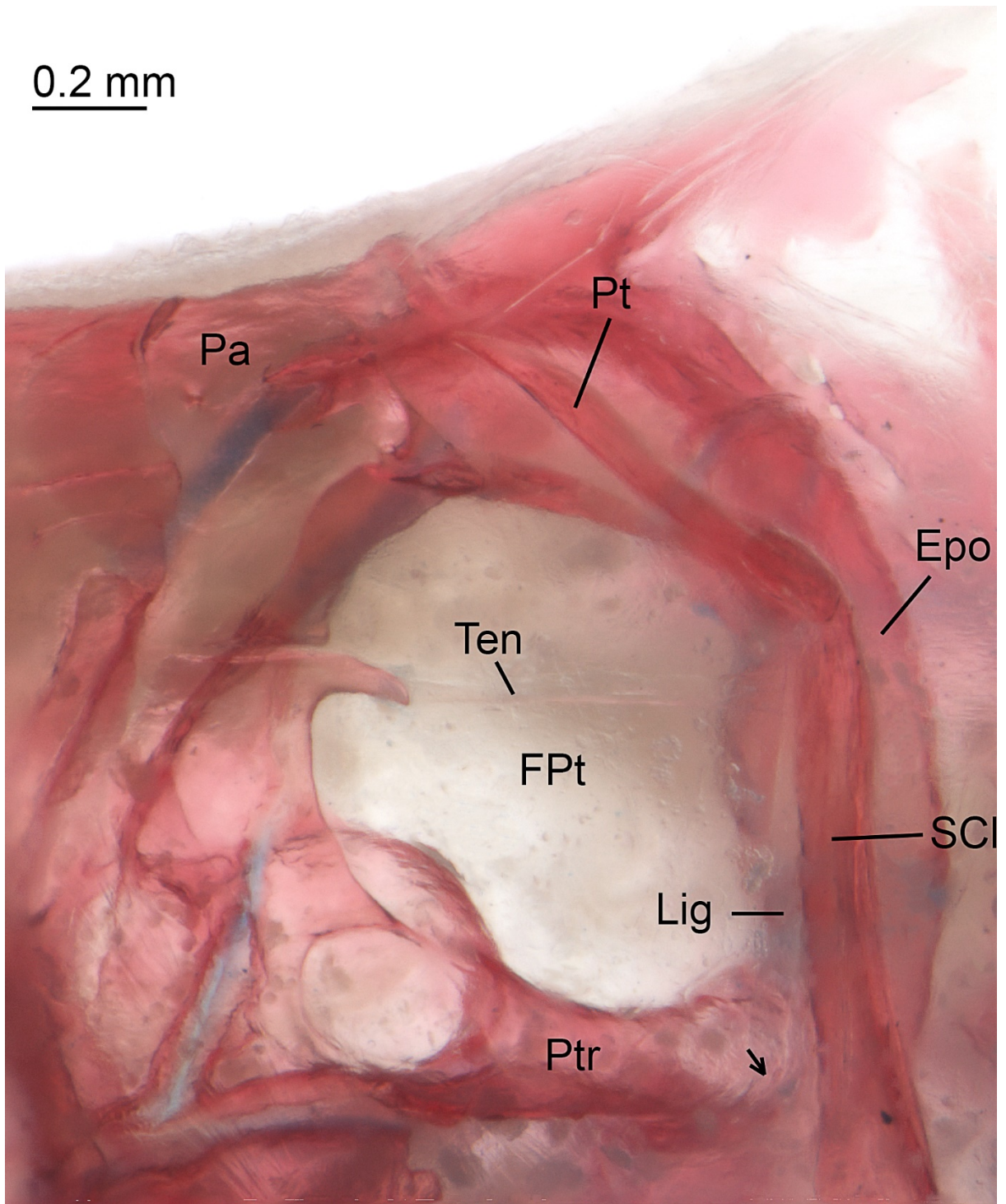


Figura 12 - *Paracheirodon innesi*, detalhe na vista lateral do neurocrânio, fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.45 mm CP, d&c; seta preta indicando o intercalar vestigial; **Epo**, epoccipital; **FPt**, fossa pós-temporal; **Lig**, ligamento; **Pa**, parietal; **Pt**, pós-temporal; **Ptr**, pterótico; **SCL**, supracleitro; **Ten**, tendão.

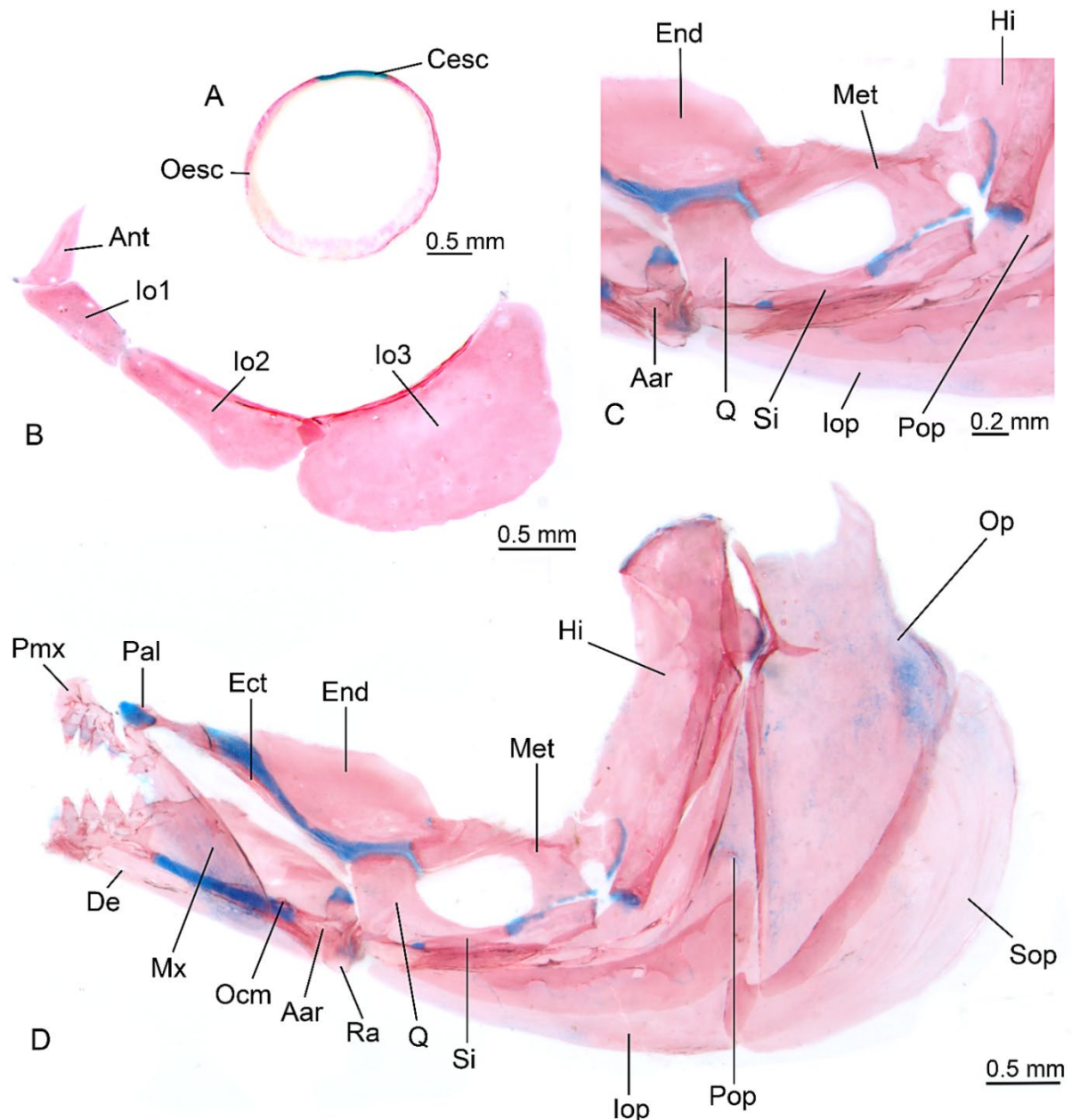


Figura 13 - *Paracheirodon innesi*, esclera, infraorbitais e suspensório; **A**, esclera, vista lateral, lado direito, macho, MZUSP não-catalogado, 23.11 mm CP; **B**, infraorbitais, vista lateral, lado esquerdo, fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.23 mm CP; **C**, detalhe na região do quadrado do suspensório, fêmea, MZUSP não-catalogado, 26.3 mm CP; **D**, suspensório, macho, MZUSP não-catalogado, 26.3 mm CP; **Aar**, ângulo-articular; **Ant**, antorbital; **Cesc**, cartilagem esclerótica; **De**, dentário; **Ect**, ectopterigoide; **End**, endopterigoide; **Hi**, hiomandibular; **lo1-3**, infraorbital 1-3; **lop**, interopérculo; **Met**, metapterigoide; **Mx**, maxilar; **Ocm**, osso coronomeckeliano; **Oesc**, osso esclerótico; **Op**, opérculo; **Pal**, palatino; **Pmx**, pré-maxilar; **Pop**, pré-opérculo; **Q**, quadrado; **Ra**, retroarticular; **Si**, simplético; **Sop**, subopérculo.

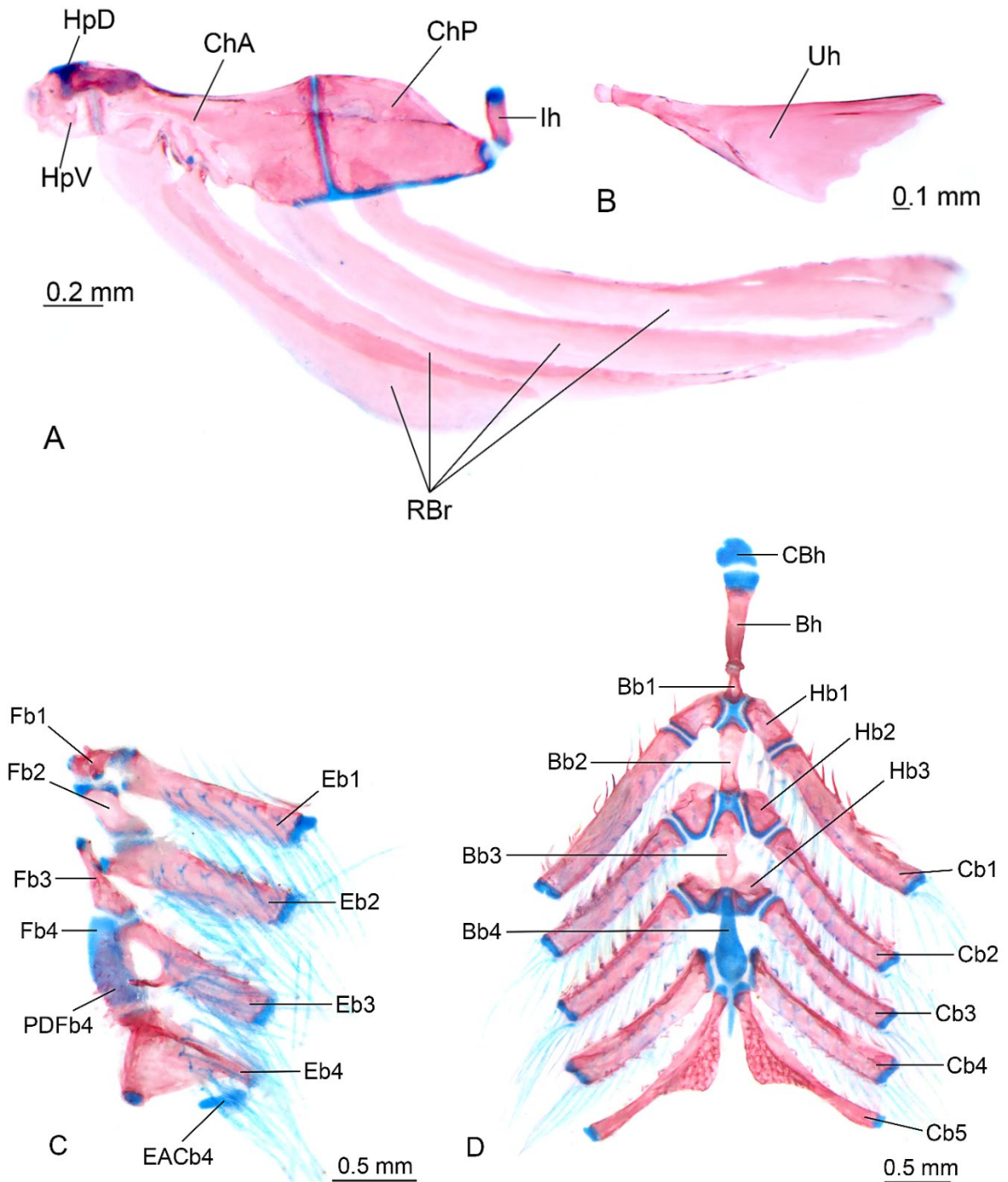


Figura 14 - *Paracheirodon innesi*, arco hioide e arco branquial; **A**, arco hioide, vista lateral, fêmea, MZUSP não-catalogado, 26.04 mm CP; **B**, urohial, vista lateral, macho, MZUSP não-catalogado, 27.25 mm CP; **C**, arco branquial dorsal, vista dorsal, macho, MZUSP não-catalogado, 28.09 mm CP; **D**, arco branquial ventral, vista dorsal, macho, MZUSP não-catalogado, 28.09 mm CP; **Bb1-4**, basibranquial 1-4; **Bh**, basi-hial; **Cb1-5**, ceratobranquial 1-5; **CBh**, cartilagem do basi-hial; **ChA**, ceratohial anterior; **ChP**, ceratohial posterior; **EACb4**, elemento acessório do ceratobranquial 4; **Eb1-4**, epibranquial 1-4; **Fb1-4**, faringobranquial 1-4; **Hb1-3**, hipobranquial 1-3; **HpD**, hipial dorsal; **HpV**, hipial ventral; **Ih**, interhial; **PDFb4**, placa dentígera do faringobranquial 4; **RBr**, raios branquiostégios; **Uh**, urohial.

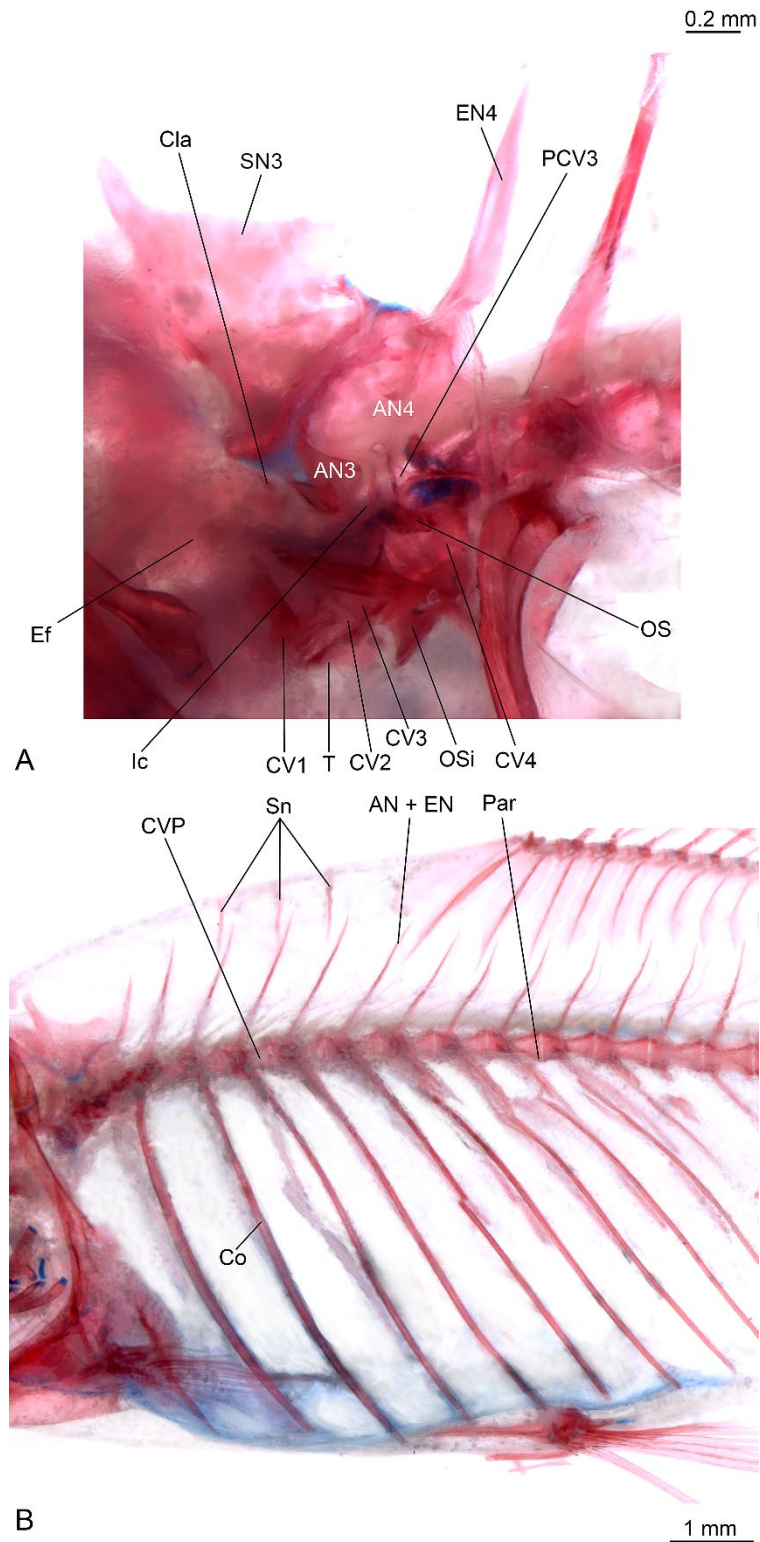


Figura 15 - *Paracheirodon innesi*, ossículos weberianos e esqueleto axial; **A**, ossículos weberianos, macho, MZUSP não-catalogado, 27.77 mm CP; **B**, esqueleto axial, fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.12 mm CP; **AN3-4**, arco neural 3-4; **AN + EN**, arco neural e espinho neural; **Cla**, claustrum; **Co**, costela; **CV1-4**, centro vertebral 1-4; **CVP**, centro vertebral pós-aparato de weber; **EN4**, espinho neural 4; **Ef**, escáfio; **Ic**, intercalário; **OS**, os suspensorium braço externo; **OSi**, os suspensorium braço interno; **Par**, parapófise; **PCV3**, processo do centro vertebral 3; **Sn**, supraneural; **SN3**, supraneural 3; **T**, trípode.

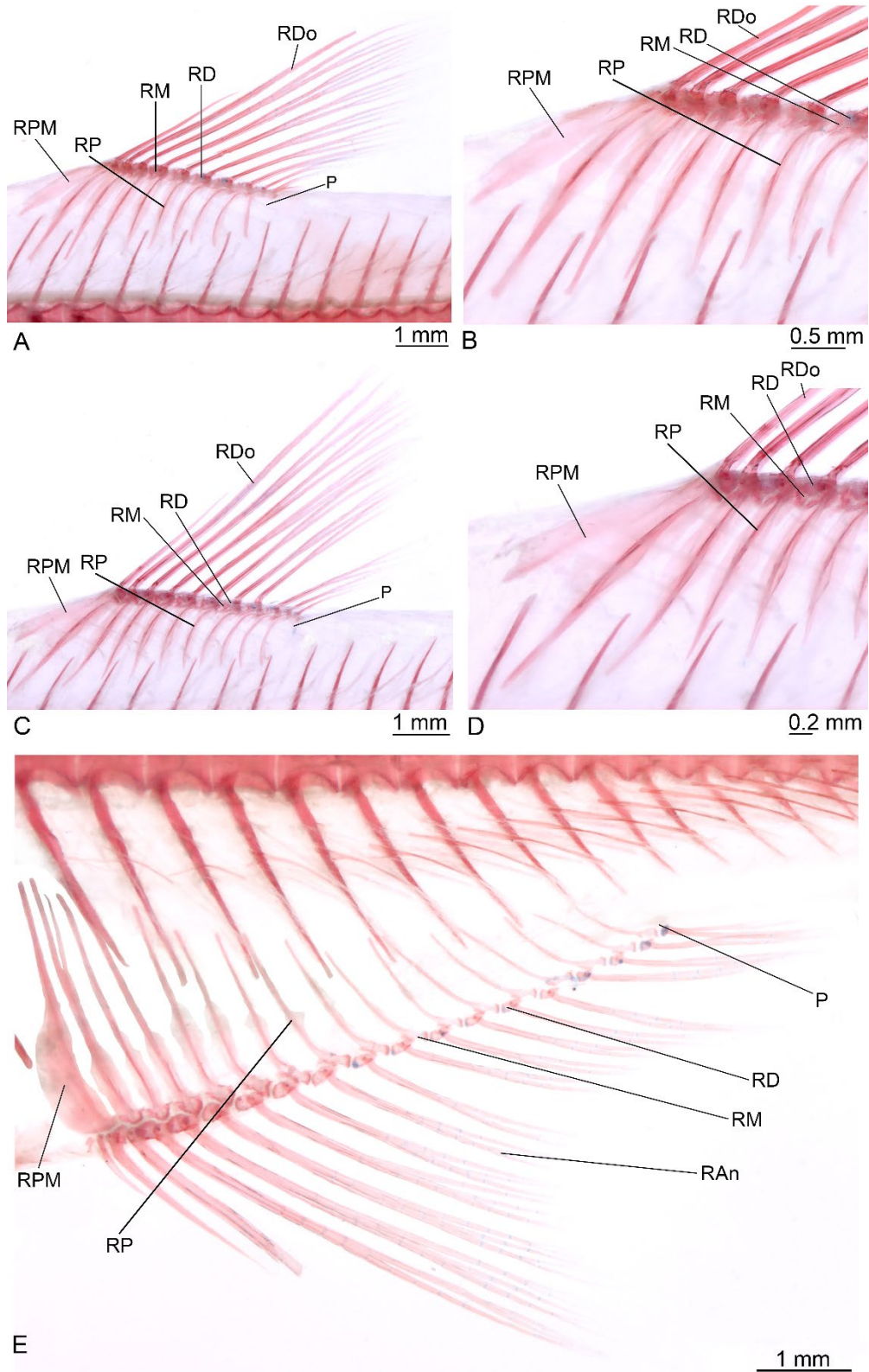


Figura 16 - *Paracheirodon innesi*, nadadeira dorsal e anal; **A**, nadadeira dorsal, macho, MZUSP não-catalogado, 27.33 mm CP; **B**, foco na região anterior da nadadeira dorsal do macho; **C**, nadadeira dorsal, fêmea, MZUSP não-catalogado, 26.23 mm CP; **D**, foco na região anterior da nadadeira dorsal da fêmea; **E**, nadadeira anal, macho, MZUSP não-catalogado, 27.74 mm CP; **P**, peça terminal; **RAn**, raio da nadadeira anal; **RD**, radial distal; **RDo**, raio da nadadeira dorsal; **RM**, radial mediano; **RP**, radial proximal; **RPM**, radial proximal-mediano.

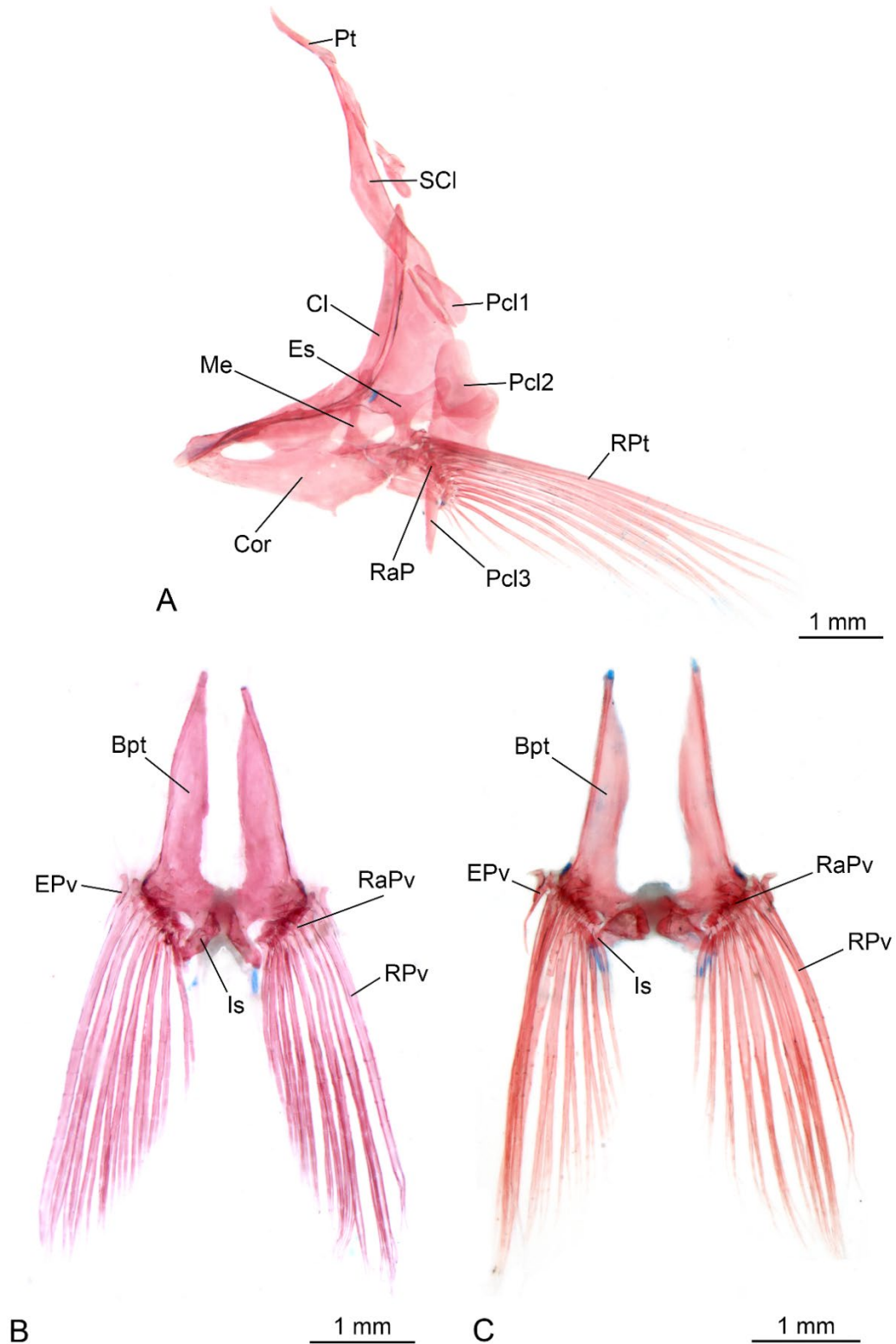


Figura 17 - *Paracheirodon innesi*, cintura e nadadeira peitoral e nadadeira pélvica; **A**, cintura e nadadeira peitoral, vista lateral esquerda, macho, MZUSP não-catalogado, 28.09 mm CP; **B**, nadadeira pélvica, vista ventral, macho, MZUSP não-catalogado, 25.85 mm CP; **C**, nadadeira pélvica, vista ventral, fêmea, MZUSP não-catalogado, 27.29 mm CP; **Bpt**, Basipterégio; **Cl**, cleitro; **Cor**, coracoide; **EPv**, esquiróla pélvica; **Es**, escápula; **Is**, processo isquiático; **Me**, mesocoracoide; **Pt**, pós-temporal; **Pcl 1-3**, pós-cleitro 1-3; **RaP**, radial da nadadeira peitoral; **RaPv**, radial da nadadeira pélvica; **RPt**, raio da nadadeira peitoral; **RPv**, raio da nadadeira pélvica; **SCI**, supracleitro.

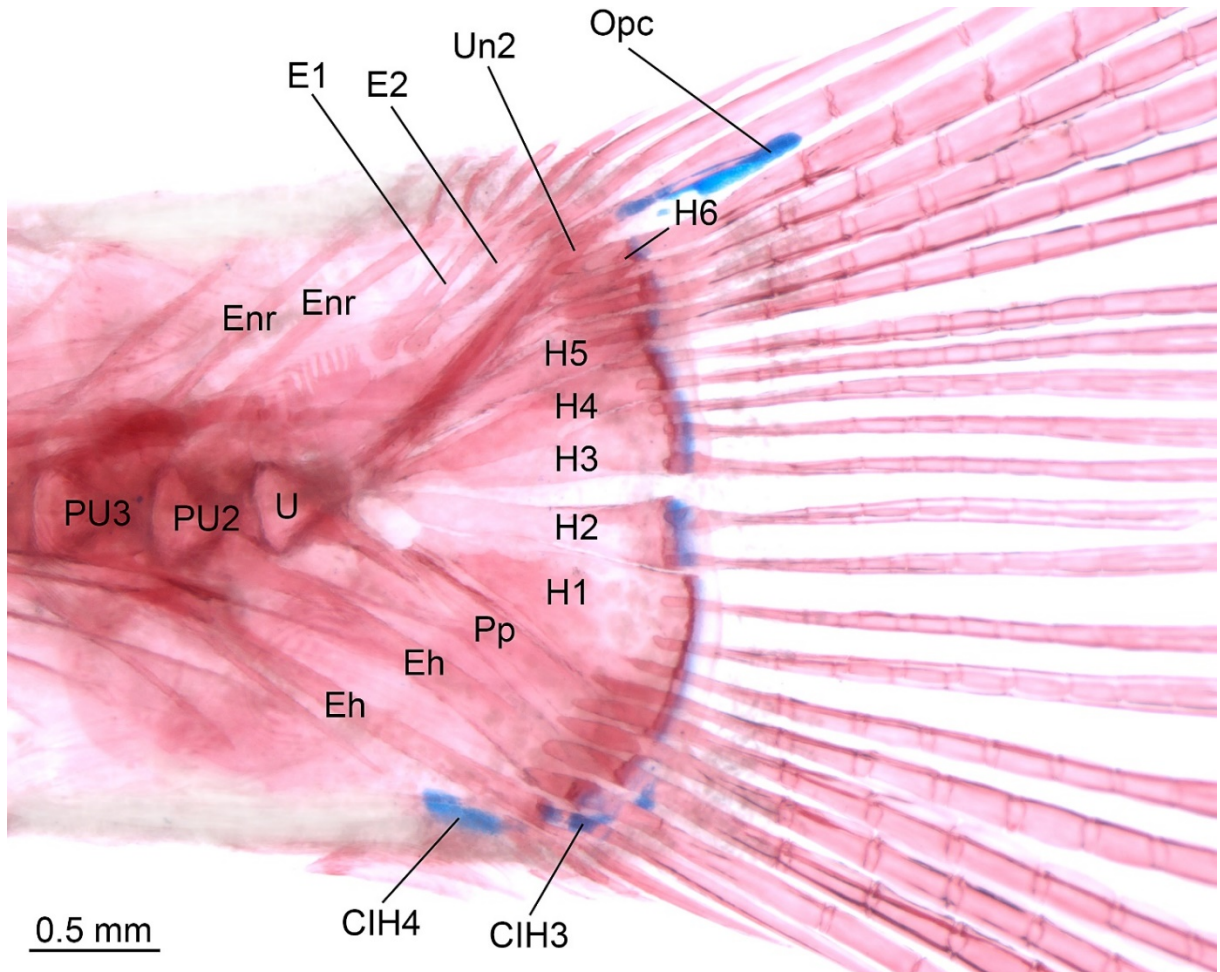


Figura 18 - *Paracheirodon innesi*, nadadeira caudal, macho, MZUSP não-catalogado, 25.78 mm CP, d&c; **CIH3-4**, cartilagem inter-hemal do centro pré-urinal 3 e 4; **E1-2**, epural 1 e 2; **Eh**, espinho hemal; **Enr**, espinho neural; **H1-6**, hipural 1-6; **Opc**, cartilagem opisthural; **Pp**, paripural; **PU2-3**, centro pré-urinal 2 e 3; **U**, centro urinal composto; **Un2**, uroneural 2.

3.1.3. *Paracheiroduon simulans*

3.1.3.1. Neurocrânio

- Região olfativa

Ossos presentes: Mesetmoide, vômer, nasal e etmoide lateral.

Mesetmoide ligeiramente inclinado ântero-ventralmente losangular, pequeno em relação aos ossos da região olfativa, com extremidade anterior projetada ventralmente, localizada entre os processos ascendentes do pré-maxilar. Processos laterais do mesetmoide curtos, pontiagudos e dirigidos lateralmente ligeiramente projetados anteriormente. Região posterior mais espessa que a extremidade anterior, bifurcada, se expandindo posteriormente e lateralmente na margem anterior da fontanela craniana. Vômer pouco ossificado tanto nas extremidades anteriores, quanto na região posterior com formato aproximadamente quadrado e uma projeção posterior medial afilada em vista ventral, bifurcado tanto anteriormente, quanto posteriormente. Nasal pequeno em relação aos demais ossos da região olfativa, alongado, extremamente delgado ligeiramente côncavo e sem contato com o mesetmoide. Etmoide lateral, grande em relação aos demais ossos do neurocrânio olfativo, afilado, com processo descendente alongado projetado látero-ventralmente, localizado posterior ao mesetmoide na região inferior ao frontal, pouco ossificado na região proximal, lamela óssea presente ao longo do processo descendente do etmoide lateral. (Figuras 19 e 20).

- Região orbital

Ossos presentes: Paraesfenoide, frontal, rinoesfenoide, orbitoesfenoide e pteroesfenoide.

Frontal longo horizontalmente em relação a grande parte dos ossos do neurocrânio e ligeiramente estreito, porção anterior medial recobrando a *taenia marginalis*, se estendendo posteriormente à trabécula epifisiana e contatando o parietal posteriormente. A trabécula epifisiana se situa na região medial dos frontais, na área entre a região média e posterior dos frontais. Canal supraorbital presente no frontal, com SO4 e SO5 pouco ossificados, SO6 (ramo epifisiano) ossificado e SO7 sem contato com o canal ótico. Rinoesfenoide, grande em relação à proporção encontrada nas demais espécies do gênero, estreito em sua região média, um

forame dorsal entre a região média do rinoesfenoide e a porção anterior do neurocrânio. Conexão entre rinoesfenoide e região anterior do neurocrânio se estendendo até o paraesfenoide, medial ao etmoide lateral e ventralmente sucedido pela *trabecula communis*, região posterior espessa sucedida pelo orbitoesfenoide, em sua porção pósterodorsal formando um forame entre rinoesfenoide e orbitoesfenoide. Orbitoesfenoide com duas regiões em contato com o frontal dorsalmente com um pequeno espaço entre elas e região média estreita, em contato com o rinoesfenoide ântero-ventralmente, sua extremidade pósterodorsal terminada em um processo pontiagudo voltado posteriormente conectado ao orbitoesfenoide contralateral. Pteroesfenoide em formato curvo, côncavo, com três extremidades, duas dorsais e outra ventral. As duas extremidades superiores são conectadas a parte posterior do orbitoesfenoide, com pequena lamela de cartilagem na região anterior, formando um forame entre pteroesfenoide e orbitoesfenoide, sendo a projeção que margeia a parte dorsal do forame, próximo ao frontal. Extremidade inferior ligeiramente afilada. Paraesfenoide, estreito, longo e côncavo, localizado entre o vômer anteriormente e o basioccipital, posteriormente, contactando ambos e o prótico lateralmente na região posterior, extremidade anterior maior que a extremidade posterior do vômer. Região posterior expandida, em formato aproximadamente losangular em vista ventral e bifurcada, com projeções posteriores ligeiramente curvas em direção lateral. (Figuras 19 e 20).

- Região ótica

Ossos presentes: Parietal, Esfenótico, prótico, pterótico, intercalar, epoccipital.

Parietal em vista dorsal retangular, em vista lateral com formato ligeiramente triangular, projetado ventralmente na região ântero-ventral. Parietal localizado lateralmente à região posterior da fontanela craniana. Fontanela do parietal larga. Ramo parietal do canal supraorbital e canal supratemporal ausentes. Esfenótico pequeno em relação aos ossos do neurocrânio, possui um processo lateral ossificado, a partir do qual o músculo *dilatator operculi* se origina, separado dos ossos adjacentes por finas áreas cartilaginosas. Prótico com formas arredondadas. Próximo a região anterior do prótico dois forames, sendo um forame pequeno na orientação dorso-ventral e outro ligeiramente menor anterior a este transversal. Ao centro, o forame auditivo. O forame auditivo possui uma trabécula dividindo o forame em uma porção menor anterior e uma porção maior posterior. Pterótico, em vista lateral aproximadamente retangular delimitado anteriormente por concavidade com projeção

ascendente anterior a fossa pós-temporal e uma concavidade posterior, sucedida pelo forame occipital lateral, pterótico localizado abaixo da fossa pós-temporal, região média do pterótico proeminente dorsalmente. Canal ótico presente, localizado ventralmente no pterótico. Intercalar vestigial, representado por pequena ossificação, na região posterior do pterótico. Epoccipital margeando posteriormente a fossa pós-temporal. Ponte do epoccipital cruzando a fossa pós-temporal, dividindo-a em duas sendo a região inferior da fossa maior que a região superior. Fossa pós-temporal grande em relação ao forame occipital lateral, parte ventral do epoccipital com margem ligeiramente pouco ossificada próxima a região posterior do pterótico (Figuras 19, 20 e 21).

- Região occipital

Ossos presentes: Supra-occipital, exoccipital e basioccipital.

Supraoccipital, em formato de Y com uma projeção posterior não muito proeminente, e duas projeções anteriores longas e com margens laterais ligeiramente pouco ossificadas anteriormente, região ventral ligeiramente espessa. Exoccipital curvo e delgado na região média, margeando a forame occipital lateral posteriormente. Basioccipital com a cápsula sacular anteriormente e cápsula lagenar posteriormente. Extremidade posterior terminada em estrutura pequena aproximadamente retangular, ossificada ao centro e com pouco ossificada nas margens laterais e posterior (Figuras 19 e 20).

3.1.3.2. Série circumorbital

Ossos presentes: Antorbital, infraorbitais 1 e 2.

Antorbital pequeno triangular e com extremidade superior inclinada posteriormente, sucedido ventralmente pelo infraorbital 1. Infraorbital 1 aproximadamente triangular com a extremidade do triângulo em direção ventral e duas extremidades dorsais. Primeiro terço superior mais largo que a extremidade posterior. Infraorbital 2 reduzido em relação as demais espécies do gênero, região póstero-ventral convexa, posterior e sem contato direto com o infraorbital 1. Canal infraorbital pouco ossificado, presente unicamente na região dorsal do infraorbital 2. Não há ossificação do canal infraorbital no antorbital e infraorbital 1.

Infraorbitais 3-6 ausentes (Figura 22).

3.1.3.3. Ossos escleróticos

Ossos presentes: Escleróticos.

Dois ossos circundam a órbita, separados por uma porção de cartilagem anterior relativamente extensa quando comparada aos ossos da esclera e outra cartilagem curta posterior (Figura 22).

3.1.3.4. Maxilas

Ossos presentes: Pré-maxilar, maxilar, dentário, osso corono-meckeliano, ângulo-articular e retroarticular.

Pré-maxilar longelíneo e curvo, processo ascendente próximo a região medial, sendo a espessura do processo progressivamente menor dorsalmente. Duas séries de dentes no pré-maxilar, série externa com 1 (1) ou 2 (5) dentes cônicos, série interna 5 (6) dentes multicuspidados com 5–9 cúspides cada. Maxilar desprovido de dentes afilado anteriormente, largo após a região do pré-maxilar. Dentário contendo 5 (5) dentes multicuspidados com 5–9 cúspides cada, sucedidos por 4 (4) à 5 (1) cônicos progressivamente menores. Pequeno forame no dentário ântero-dorsal à cartilagem de Meckel. Canal mandibular presente. Osso corono-meckeliano dorsal à extremidade posterior da cartilagem de Meckel. Ângulo-articular, ligeiramente alongado, articulando posteriormente com o osso quadrado. Retroarticular aproximadamente triangular (Figura 22).

3.1.3.5. Arco hiopalatino

Ossos presentes: Palatino, ectopterigoide, endopterigoide, quadrado, metapterigoide, simplético e hiomandibular.

Palatino localizado látero-ventralmente ao vômer, lateralmente côncavo, sendo as

extremidades anterior e posterior convexas e pouco ossificadas. Ectopterigoide muito alongado, ligeiramente mais largo em sua porção anterior e levemente ossificado nas margens com sua porção central pouco ossificada. Endopterigoide e ectopterigoide se conectam com palatino através do processo palatino da cartilagem do palatoquadrado, cartilagem grande, retangular e ligeiramente mais larga que comprida anteriormente se prolongando e margeando parte do endopterigoide e do ectopterigoide. Endopterigoide alongado, com região média lamelar e larga, afilado anteriormente. Processo pterigoide da cartilagem do palatoquadrado se prolonga pela margem ventral do endopterigoide. Quadrado sem contato direto com endopterigoide e metapterigoide devido à grandes porções remanescentes da cartilagem do palatoquadrado. Porção posterior do quadrado próximo aos braços anterior e posterior do metapterigoide margeando a fenestra do metapterigoide-quadrado. Fenestra do metapterigoide-quadrado elíptica, horizontal e estreita. Metapterigoide alongado horizontalmente. Extremidade anterior larga. Limites de contato anterior e ventral do metapterigoide com remanescentes de cartilagem do palatoquadrado. Extremidade posterior bífida, em contato com o hiomandibular e porção posterior do quadrado, também conectadas por cartilagem. Fenestra relativamente pequena quando comparada as demais estruturas do suspensório, entre o metapterigoide e o hiomandibular. Simplético retangular e alongado, conectado ao quadrado anteriormente, porção anterior do simplético mais estreita que a posterior, porção posterior conectada ao hiomandibular através da cartilagem hiosimplética. Hiomandibular aproximadamente retangular com sua porção ventral e levemente inclinada anteriormente. Região dorsal do hiomandibular convexa expandida horizontalmente. Remanescentes de cartilagem nas margens dorsal e ventral. Próximo ao centro da região superior do hiomandibular há um forame grande em relação ao hiomandibular onde passa o nervo facial. Parte póstero-dorsal do hiomandibular com um côndilo, proeminência lisa e arredondada que contacta com uma cavidade do opérculo. A margem anterior do hiomandibular com membrana dérmica que se conecta com o metapterigoide ventralmente. Porção inferior do hiomandibular conectada anteriormente ao metapterigoide (Figura 22).

3.1.3.6. Série opercular

Ossos presentes: Opérculo, pré-opérculo, interopérculo e subopérculo.

Opérculo grande em relação aos demais ossos da série opercular, com forma aproximadamente trapezoidal, porção superior estreita e inferior larga. Margem anterior conectada com o hiomandibular e delimitada pelo hiomandibular e pré-opérculo. Região ântero-ventral alongada ventralmente. Região ventral levemente sinuosa. Região posterior com margem dorsal com ligeira ondulação côncava, sucedida ventralmente por margem retilínea inclinada póstero-ventralmente e terminada em ligeira ondulação concava na extremidade ventral da região posterior do opérculo. Porção superior do opérculo estreita e extremidade superior pouco desenvolvido, localizada abaixo do limite superior do hiomandibular. Região inferior larga, localizada na região posterior do interopérculo, margem ventral levemente sinuosa, acompanhando a margem superior do subopérculo. O opérculo forma um soquete com o côndilo hiosimplético presente entre a região média e superior do hiomandibular em direção a região média e superior do opérculo, há uma ligeira expansão óssea ântero-posterior da cavidade opercular do côndilo hiosimplético. Pré-opérculo em formato de L invertido, extremidades aproximadamente equidistantes da região angular. Canal preopercular bem desenvolvido ao longo do osso. Porção dorsal do pré-opérculo com pouca lamela óssea margeando o canal preopercular. Túbulos acessórios presentes e ossificados, provavelmente PR1, PR2, PR3 e PR5. Entretanto, é necessária a confirmação da homologia de tais túbulos. Em *P. simulans*, os túbulos PR2, PR3 e PR5 são curtos, pouco ossificados. Pré-opérculo margeando parte inferior do hiomandibular. Interopérculo alongado horizontalmente, porção anterior conectada inferiormente à porção posterior do retroarticular pelo ligamento posto-retroarticular, porção posterior do interopérculo cobrindo a extremidade do subopérculo. Subopérculo alongado horizontalmente e levemente curvo, em forma de arco convexo como um todo, sua parte superior sinuosa acompanha o opérculo. Parte superior recoberta pelo opérculo e porção anterior recoberta pelo interopérculo (Figura 22).

3.1.3.7. Arco Hioide

Ossos presentes: Hipial dorsal e ventral, cerato-hial anterior e posterior, inter-hial, uro-hial e raios branquiostégios.

Hipial dorsal em parte cartilaginosa com dois prolongamentos um lateral e outro posterior, formando com hipial ventral e cerato-hial anterior um forame. Hipial ventral com formato aproximadamente triangular conectado ao hipial dorsal por cartilagem. Cerato-hial anterior com região média mais estreita que as extremidades. Cerato-hial anterior com três entalhes posteriores aos três primeiros raios branquiostégios. Cerato-hial anterior com canal aberto em sua porção dorsal se estendendo ao cerato-hial posterior. Cerato-hial posterior aproximadamente trapezoidal, um entalhe posterior ao quarto branquiostégio. Abertura do canal que se inicia no cerato-hial anterior presente na região dorsal do cerato-hial posterior. Cerato-hial posterior com sua parte ventral cartilaginosa. Cerato-hial anterior e posterior unidos por uma simples articulação sincondral. Cerato-hial posterior com porção distal pouco ossificada sucedida pelo inter-hial. Inter-hial curto, em forma de bastão com parte distal levemente mais espessa que a região proximal, extremidades não ossificadas constituídas por cartilagem, fazendo contato anteriormente com o cerato-hial posterior e lateralmente com o suspensório na conexão cartilaginosa entre hiomandibular, simplético e inter-hial. Uro-hial com formato de V, com uma extremidade anterior e duas extremidades posteriores, sendo a extremidade ventral lamelar e mais larga que a extremidade dorsal. Quatro braquiostégios progressivamente mais longos posteriormente, sendo os três primeiros conectados ao cerato-hial anterior e o último ao cerato-hial posterior (Figura 23).

3.1.3.8. Arcos Branquiais

Ossos presentes: Basi-hial, basibranquiais 1-3, hipobranquiais 1-3, ceratobranquiais 1-5, epibranquiais 1-4 e faringo-branquiais 1-3.

Basi-hial longo em formato levemente triangular, com extremidade anterior maior que a posterior, vista lateral, muito ligeiramente com formato de S. Porção anterior do basi-hial com dois blocos de cartilagem um anterior largo e um curto subsequente, mais estreito. Margem posterior do basi-hial articulando com a margem anterior do basibranquial 1. Três basibranquiais, os três ossificados, separados entre si por cartilagem da copula anterior, cada um situado medialmente aos hipobranquiais. Basibranquial 1 delgado com extremidades maiores que o centro, extremidade posterior pouco ossificada, com estreita conexão cartilaginosa entre basibranquial 1 e 2. Basibranquial 2 com extremidade anterior

arredondada e pouco ossificada. Basibranquial 3 com cartilagem grande e aproximadamente retangular antecedendo o basibranquial 3. Copula posterior alongada, com extremidade anterior e posterior afiladas. Três hipobranquiais com margens pouco ossificadas. Hipobranquial 1 aproximadamente retangular e extremidade anterior inclinada medialmente, margem proximal e distal pouco ossificadas. Hipobranquial 2 trapezoidal, com porção anterior menor que a posterior e lateral inclinada medialmente em direção a região anterior. Margens anterior, medial e posterior cartilaginosas. Hipobranquial 3 aproximadamente retangular, com região posterior inclinada medialmente, margem posterior pouco ossificada. Cada hipobranquial com dois rastros branquiais, possuindo pequenos dentículos na região média. Ceratobranquiais 1-5 bem desenvolvidos e alongados, com cartilagem nas extremidades, diminuindo em comprimento do primeiro ao último, possuindo rastros branquiais. Ceratobranquial de 1-5 com oito rastros branquiais nas séries anteriores progressivamente mais curtos, situados ao longo do ceratobranquial. Ceratobranquial 4 e 5 com seis rastros branquiais posteriores e cinco rastros anteriores, respectivamente. Ceratobranquial 5 com uma placa dentígera aproximadamente triangular em sua porção proximal posterior. Quatro epibranquiais, ossificados com extremidades cartilaginosas. Epibranquial 1 alongado com região distal bífida. Epibranquial 1 com sete longos rastros anteriores. Epibranquial 2 alongado, sem divisão. Epibranquial 2 com seis rastros anteriores. Epibranquial 2 com seis pequenos rastros posteriores. Epibranquial 3 alongado com uma projeção ossificada entre sua porção média e distal, localizada posteriormente. Epibranquial 3 com cinco rastros anteriores e nenhum rastro posterior. Epibranquial 4 em formato aproximadamente triangular, sendo a região posterior mais larga com a formação em sua porção proximal de um orifício contendo em sua região posterior o elemento acessório do ceratobranquial 4 cartilaginoso. Epibranquial 4 com quatro rastros anteriores e quatro posteriores. Epibranquial 4 com expansão distal possuindo pequenos dentículos na região posterior e com uma placa dentígera em sua porção distal. Faringo-branquiais 1-3 com bordas cartilaginosas. Faringo-branquial 1 pequeno e delgado, predominantemente cartilaginoso. Faringo-branquial 2 alongado e região distal composta por cartilagem. Faringo-branquial 3 alongado se projetando anteriormente e medialmente, com formato levemente côncavo e porção proximal com pequenos dentículos. Cartilagem faringo-branquial 4 retangular, fracamente ossificado ao centro com uma placa dentígera bem desenvolvida articulando com a extremidade do epibranquial 4 (Figura 23).

3.1.3.9. Ossículos Weberianos

Ossos presentes: Supraneural 3, escáfio, claustro, intercalário, centro vertebral 1-4, arco neural 3 e 4, espinho neural 4, trípode e *os suspensorium*.

Supraneural 3 aproximadamente triangular, com processo ascendente anterior fino. Escáfio com formato aproximadamente de elipse, arredondado, projetado ântero-ventralmente, localizado em grande parte abaixo do claustro. Claustro pequeno, estreito e fusiforme, próximo a região dorsal do escáfio. Intercalário fino, longo, com inclinação ântero-ventral e posterior ao escáfio. Centro vertebral 1 aproximadamente retangular. Centro vertebral 2 retangular, Com processo lateral alongado. Centro vertebral 3 retangular com processo do centro vertebral 3, projetado dorsalmente, aproximadamente triangular parcialmente cartilaginosa, com cartilagem conspícua posteriormente e processo transversal na vértebra. Centro vertebral 4 aproximadamente retangular. Arco neural 3 aproximadamente triangular, região ventral larga. Arco neural 4 desenvolvido, com forma convexa ântero-dorsalmente e côncava posteriormente, com espinho neural situado na extremidade pósterodorsal. Espinho neural 4 estreito, alongado e projetado pósterodorsalmente. Trípode, em vista ventral, falciforme com concavidade medial, com região anterior larga e região posterior afilada e arredondada lateralmente. *Os suspensorium* com braço externo afilado e alongado, braço interno pequeno com região medial parcialmente cartilaginosa (Figura 24).

3.1.3.10. Esqueleto axial pós-Weberiano

Ossos presentes: Vértebras pré-caudais, vértebras caudais, pré e pós-zigapófises, parapófises, supraneurais, costelas, arco neurais e espinhos neurais, arcos hemais e espinhos hemais, ossos intermusculares epineurais e epipleurais.

Vértebras do aparato pós-Weberiano em um total de 28 (1), 29 (4) e 30 (1), consistindo em 12 (5) ou 13 (1) vértebras pré-caudais e 16 (1) ou 17 (3) vértebras caudais. Centro vertebral ligeiramente mais longo que alto. As estruturas entre a 5.^a e a 14.^a vértebra são semelhantes em forma e composição, de pré e pós-zigapófises neurais, costelas e espinhos neurais. Vértebras 15.^a e 16.^a com arco hemal incompleto e sem o espinho hemal. As vértebras

anteriores e posteriores do indivíduo são um pouco mais curtas ântero-posteriormente com relação as demais vértebras.

Pré e pós-zigapófises neurais presentes em todas as vértebras menos nas três caudais posteriores. Pré e pós-zigapófises hemais presentes em todas as vértebras caudais. Seis supraneurais, sendo o primeiro localizado entre a 4.^a e 5.^a vértebra e predominantemente composto por cartilagem, os demais supraneurais com cartilagem em suas porções proximais e distais. Parapófises presentes da 5.^a à 15.^a vértebras pré-caudais. Costelas associadas da 5.^a à 15.^a vértebra. Todas as costelas são similares em tamanho com exceção das associadas à 15.^a vértebra que são menores. As costelas anteriores mais espessas progressivamente mais delgadas ao longo do espécie, sendo as associadas a 15.^a vértebra as mais estreitas, costelas sem projeções.

Na região dorsal de cada arco neural há um espinho neural. Primeiro arco neural menor sucedido por arcos neurais pré-caudais progressivamente maiores, último arco neural pré-caudal ligeiramente menor que o penúltimo, arcos neurais caudais progressivamente menores. Os sete primeiros espinhos neurais são maiores em comprimento, seguidos por três espinhos neurais menores, situados ântero-ventralmente à região da nadadeira dorsal. Próximo à região pósterio-ventral da nadadeira dorsal, o tamanho dos espinhos neurais aumenta progressivamente até o 17.^o espinho neural e diminui progressivamente até a região do pedúnculo caudal. Ventralmente em cada vértebra caudal há um arco hemal e um espinho hemal. Arcos hemais progressivamente menores até as últimas vértebras caudais.

Os ossos intermusculares são 16 (2) e 19 (1) epineurais e 14 (2) e 12 (1) epipleurais, localizados predominantemente na região posterior do espécime. Epineurais bifurcados na região proximal do nono ao último epineural. Epipleurais não bifurcados, sendo os dois últimos com pequenas lamelas ósseas adjacentes anteriores (Figura 24).

3.1.3.11. Nadadeiras dorsal

Ossos presentes: Raios não ramificados, raios ramificados, radiais proximais, radiais medianos, radiais distais.

Nadadeira dorsal com ii-8. Primeiro raio não ramificado curto, segundo longo. Segundo raio não ramificado maior que os outros, demais raios progressivamente menores em direção posterior. Nadadeira dorsal com dez pterigióforos sustentando os raios. Primeiro pterigióforo sem diferenciação entre radial proximal e radial mediano, sendo chamado radial proximal-mediano. Primeiro radial proximal largo proximalmente aos raios. Lamela óssea anterior, progressivamente menor nos proximais radiais. Último radial proximal predominantemente de cartilagem. Peça terminal cartilaginosa (Figura 25).

3.1.3.12. Nadadeira anal

Ossos presentes: Raios não ramificados, raios ramificados, radiais proximais, radiais medianos, radiais distais e peça terminal.

Nadadeira anal possui iii ou iv, 13(1), 14 (3), 15 (1) ou 16 (2) raios, 2 (3) ou 3 (4) raios supranumerários. Raios não ramificados progressivamente maiores posteriormente. Raios ramificados progressivamente menores posteriormente ao longo da nadadeira anal. O tamanho diminui acentuadamente do primeiro ao quinto raio. Posteriormente, o tamanho dos raios diminui suavemente. Assim, a nadadeira anal possui formato falcado. Nadadeira anal com 15 (3), 16 (2), 17 (1) ou 18 (1) pterigióforos, sustentando os raios, radial proximal, mediano e distal delimitados. Primeiro radial proximal com uma lamela óssea adjacente espessa, cartilagem presente na região anterior da lamela próxima aos raios, localizada acima do primeiro raio supranumerário, alguns espécimes com ligeira ossificação dorsal a essa cartilagem. Peça terminal cartilaginosa presente contatando o último radial mediano (Figura 25).

3.1.3.13. Cintura e Nadadeira peitoral

Ossos presentes: Pós-temporal, supracleito, cleitro, pósclitro 1-3, escápula, coracoide, mesocoracoide, radiais da nadadeira peitoral, raios da peitoral.

Pós-temporal longo, levemente côncavo na região dorsal, sem processo ventral. Canal pós-ótico presente nos dois terços ventrais. Supracleito longo, ligeiramente convexo, com a

região média e posterior ligeiramente espessa, ligamento de Baudelot associando o supracleitro ao pós-cleitro 1. Canal pós-ótico presente ao longo do supracleitro. Cleitro alongado anteriormente, côncavo na região dorsal. Pós-cleitro 1 com formato de gota, levemente alongado, pequeno em relação aos demais ossos da cintura peitoral. Pós-cleitro 2, bem desenvolvido e aproximadamente triangular. Pós-cleitro 3 muito longo, estreito, levemente mais espesso na região dorsal, ântero-ventral ao pós-cleitro 2 e ventral ao cleitro. Escápula com um prolongamento ventral e outro posterior, prolongamento ventral ligeiramente mais espesso, formando um orifício redondo entre escápula e o mesocoracoide, localizada abaixo da região média posterior do cleitro. Placa radial peitoral triangular anterior aos radiais da nadadeira peitoral. Quatro radiais proximais pequenos e retangulares sucedidos pelos radiais mediais e distais dos raios da nadadeira peitoral. Raios em um total de 12 raios (1), 13 (1), sendo 9 (1) e 10 (1) raios ramificados progressivamente menores medialmente e 3 (1), 4 (1) raios não ramificados, 2 (1) e 3 (1) mediais e 1 (2) lateral. Coracoide aproximadamente triangular com região média posterior espessa dorsalmente, com margem póstero-dorsal pouco ossificada. Mesocoracoide estreito, com extremidades ligeiramente arredondadas e mais espessas que a região média, região dorsal precedida pelo cleitro. Placa radial peitoral triangular anterior aos radiais da nadadeira peitoral. Cinco radiais da nadadeira peitoral com formato aproximadamente triangular com margem ventral pouco ossificada, pequenos e retangulares sucedidos pelos radiais mediais e distais dos raios da nadadeira peitoral. Raios em um total de 10 raios (1) sendo 5 (1) raios ramificados, o primeiro raio ramificado menor que os demais ramificados, o segundo raio ramificado maior que os demais. Desde o segundo raio ramificado ao décimo raio, progressivamente menores medialmente, 5 (1) raios não ramificados, 4 mediais e 1 (1) lateral (Figura 26).

3.1.3.14. Cintura e Nadadeira pélvica

Ossos presentes: Basipterígio, processo isquiático, radiais e raios da nadadeira pélvica.

Basipterígio delgado, alongado e com extremidade anterior cartilaginosa, extremidade anterior situada na vertical que passa entre as costelas da 8.^a e 9.^a vértebras. Processo isquiático curvo, sua porção média côncava direcionado posteriormente, convexo medialmente, com região proximal ligeiramente robusta e extremidade distal cartilaginosa.

Nadadeira pélvica com oito raios cada e uma esquirola pélvica, do segundo ao sétimo raio ramificados e progressivamente maiores, dois raios não ramificados nas extremidades sendo o oitavo raio lateral sucedido pela esquirola pélvica. Ganchos ausentes na nadadeira pélvica dos machos (Figura 26).

3.1.3.15. Nadadeira caudal

Ossos presentes: Raios principais, raios procorrentes, centro pré-ural 2 (PU 2), centro pré-ural 3 (PU 3) e seus respectivos arcos e espinhos neurais e arcos e espinhos hemais, centro composto, epurais 1 e 2, uroneurais 2, paripural, hipurais 1-6.

Dezenove raios principais: i,9,8,i. Dez raios dorsais procorrentes e nove raios ventrais procorrentes. Última vértebra modificada, formando o centro composto. Centro composto com lamela óssea dorsal contendo dois orifícios grandes em relação aos ossos da caudal, cartilagem presente em sua região póstero-ventral. Epural 1 delgado e alongado, mais afilado distalmente. Epural 2 alongado, com sua região proximal mais estreita e região distal ligeiramente mais larga. Uroneural 2 delgado, projeta-se em direção ao hipural 6. Hipural 1 desconectado do centro ural composto. Hipural 1 aproximadamente triangular, sendo a parte posterior larga. Hipural 2 contatando o centro ural composto, sustentando o lobo ventral da nadadeira caudal. Hipural 3 longilínio, aproximadamente triangular, com pequena cartilagem em sua porção ventral na região proximal. Hipural 4, 5 e 6, delgados e longos, progressivamente menores. Hipurais 3, 4, 5 e 6 sustentando o lobo superior da nadadeira caudal. Partes distais dos hipurais 1-6 cartilaginosas. Paripural delgado, longo, com porção proximal levemente larga, paripural com lamela óssea ventral larga na região média, progressivamente mais delgada distalmente. Paripural com porção proximal e distal cartilaginosas, também sustentando o lobo ventral da nadadeira caudal. Arco neural do PU 2 com um orifício maior que arco neural do PU 3. Arco neural do PU 2 sucedido por espinho neural maior do que o espinho neural do PU 3. Arco hemal do PU 2 com o orifício maior que o arco hemal do PU 3. Espinho hemal do PU 2 levemente mais espesso que o espinho hemal do PU 3 e com lamela óssea ventralmente. Arco hemal do PU 3 sucedido por espinho hemal, sem lamela óssea sucedendo ventralmente. Espinhos hemais do PU 2 e 3 levemente largos em sua porção proximal, região proximal do espinho hemal do PU 3 levemente mais espessa

em relação a região proximal do espinho hemal do PU2. Extremidades dos espinhos hemais do PU 2 e 3 cartilaginosas próximas ao início dos raios caudais. Cartilagem opistural presente (Figura 27).

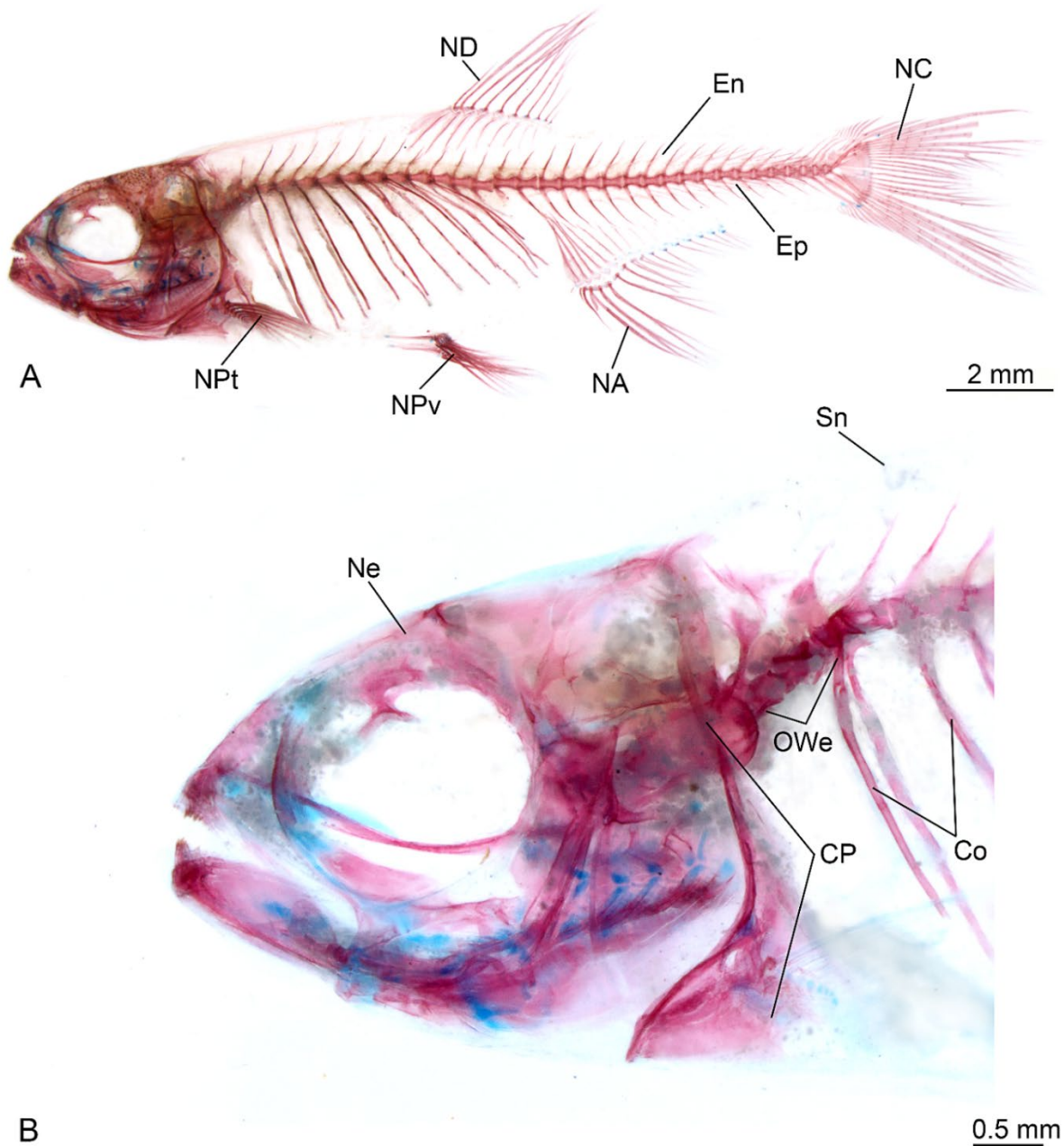


Figura 19 - *Paracheirodon simulans*, esqueleto completo e neurocrânio, d&c; **A**, vista lateral do esqueleto inteiro, fêmea, MZUSP 121674, 16.59 mm CP; **B**, vista lateral do esqueleto da cabeça e anterior do corpo, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; **Co**, costelas; **CP**, cintura pélvica; **En**, epineurais; **Ep**, epipleurais; **NA**, nadadeira anal; **NC**, nadadeira caudal; **Ne**, neurocrânio; **ND**, nadadeira dorsal; **NPt**, nadadeira peitoral; **NPv**, nadadeira pélvica; **OWe**, ossículos weberianos.

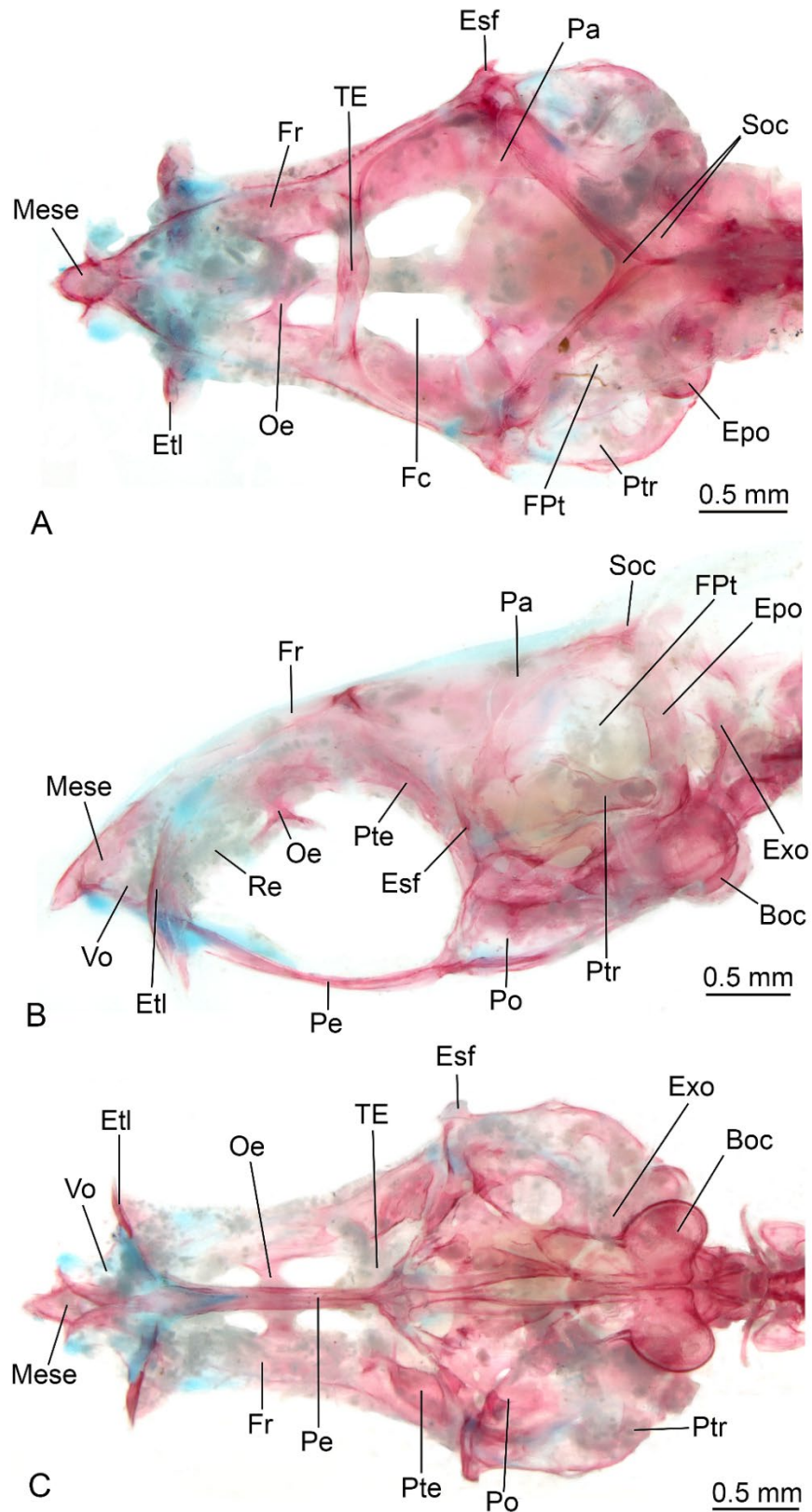


Figura 20 - *Paracheiroidon simulans*, neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; **A**, vista dorsal; **B**, vista lateral; **C**, vista ventral; **Boc**, basioccipital; **Epo**, epoccipital; **Esf**, esfenótico; **Etl**, etimoide lateral; **Exo**, exoccipital; **Fc**, fossa craniana; **FPt**, fossa pós-temporal; **Fr**, frontal; **Mese**, mesetmoide; **Oe**, orbitoesfenoide; **Pa**, parietal; **Pe**, paraesfenoide; **Po**, próptico; **Pte**, pteroesfenoide; **Ptr**, pterótico; **Soc**, supraoccipital; **TE**, trabécula epifisiana; **Vo**, vômer.

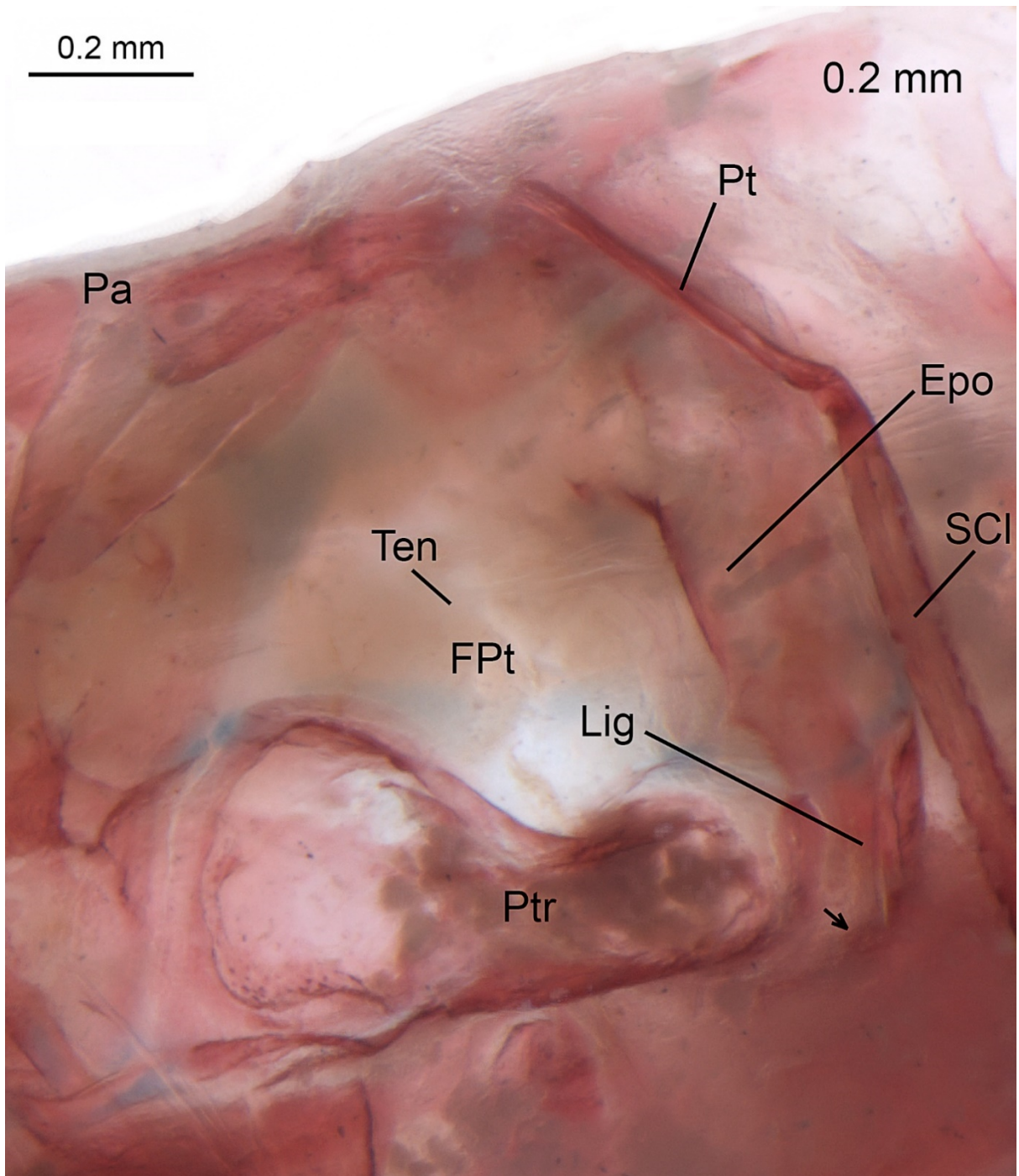


Figura 21 - *Paracheirodon simulans*, detalhe na vista lateral do neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 15.82 mm CP, d&c; seta preta indicando o intercalar vestigial; **Epo**, epoccipital; **FPt**, fossa pós-temporal; **Pa**, parietal; **Pt**, pós-temporal; **Ptr**, pterótico; **SCI**, supracleitro; **Ten**, tendão.

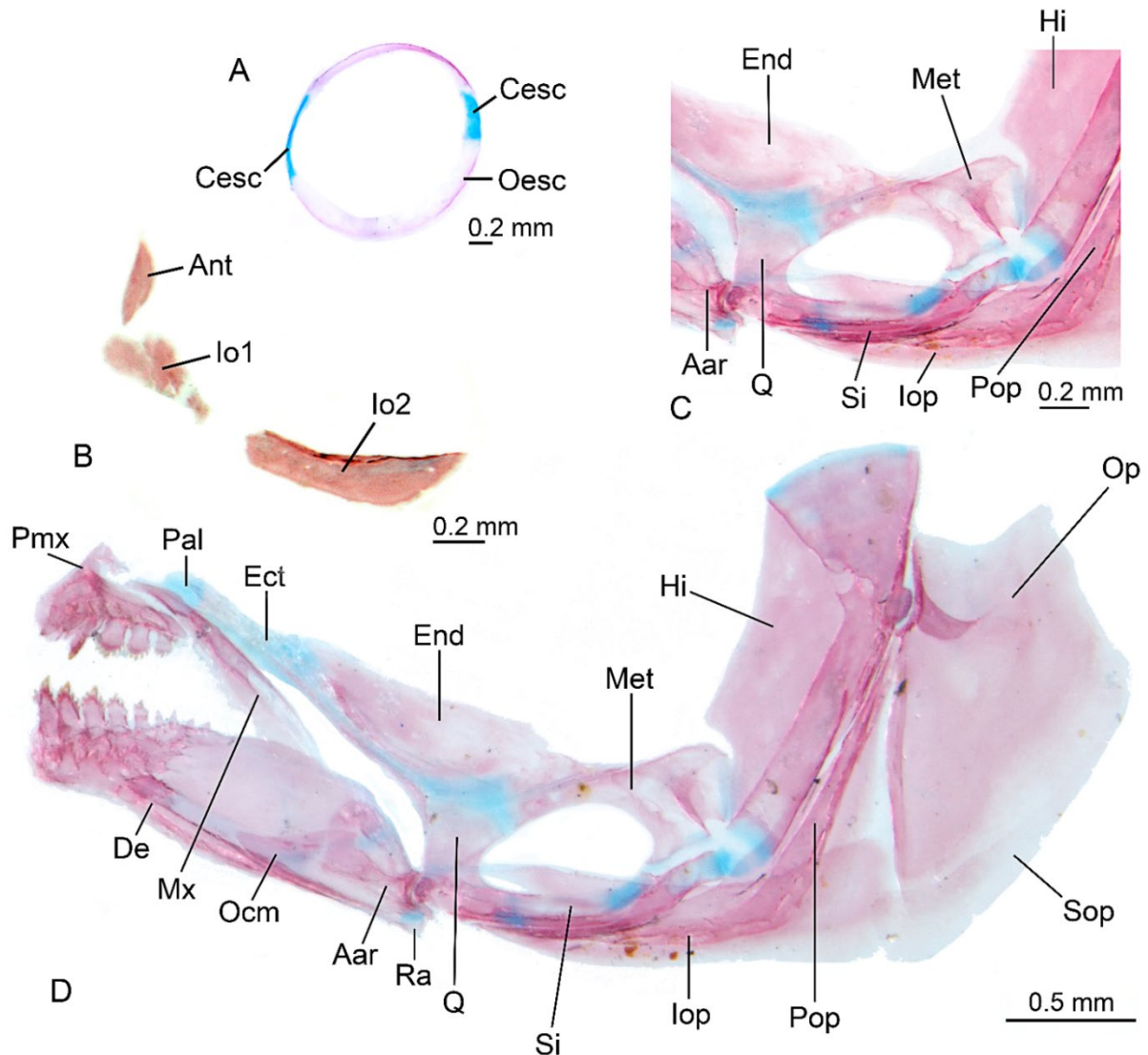


Figura 22 - *Paracheirodon simulans*, esclera, infraorbitais e suspensório; **A**, esclera, vista lateral, lado esquerdo, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; **B**, infraorbitais, vista lateral, lado esquerdo, macho, MZUSP 121674, 16.16 mm CP; **C**, detalhe na região do quadrado do suspensório, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; **D**, suspensório, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; **Aar**, ângulo-articular; **Ant**, antorbital; **Cesc**, cartilagem esclerótica; **De**, dentário; **Ect**, ectopterigoide; **End**, endopterigoide; **Hi**, hiomandibular; **Io1-3**, infraorbital 1-3; **Iop**, interopérculo; **Met**, metapterigoide; **Mx**, maxilar; **Ocm**, osso coronomeckeliano; **Oesc**, osso esclerótico; **Op**, opérculo; **Pal**, palatino; **Pmx**, pré-maxilar; **Pop**, pré-operculo; **Q**, quadrado; **Ra**, retroarticular; **Si**, simplético; **Sop**, subopérculo.

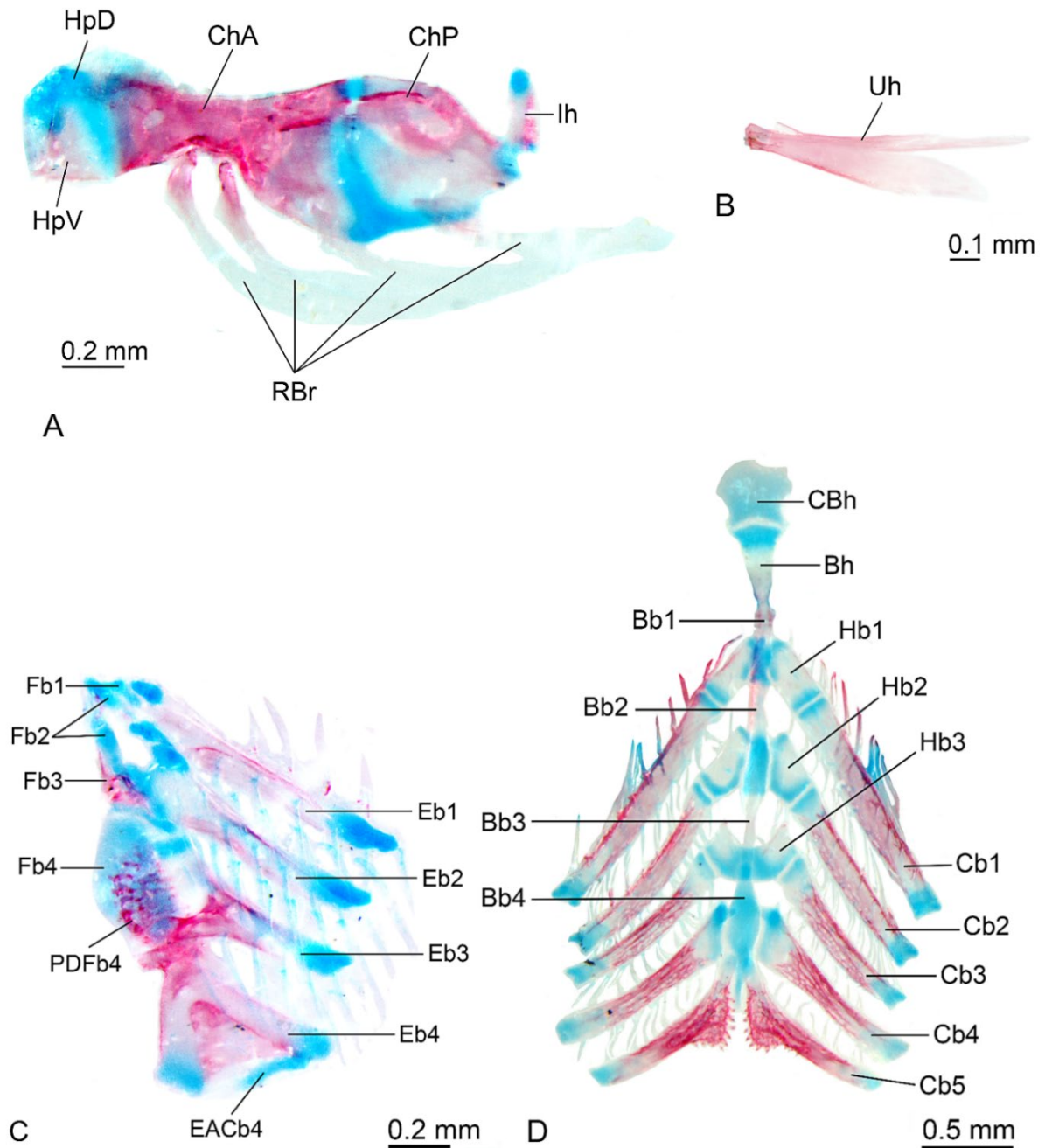


Figura 23 - *Paracheiroidon simulans*, arco hioide e arco branquial, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; **A**, arco hioide, vista lateral; **B**, urohial, vista lateral; **C**, arco branquial dorsal, vista dorsal; **D**, arco branquial ventral, vista dorsal; **Bb1-4**, basibranquial 1-4; **Bh**, basi-hial; **Cb1-5**, ceratobranquial 1-5; **CBh**, cartilagem do basi-hial; **ChA**, ceratohial anterior; **ChP**, ceratohial posterior; **EACb4**, elemento acessório do ceratobranquial 4; **Eb1-4**, epibranquial 1-4; **Fb1-4**, faringobranquial 1-4; **Hb1-3**, hipobranquial 1-3; **HpD**, hipial dorsal; **HpV**, hipial ventral; **Ih**, interhial; **PDFb4**, placa dentígera do faringobranquial 4; **RBr**, raios branquiostégios; **Uh**, urohial.

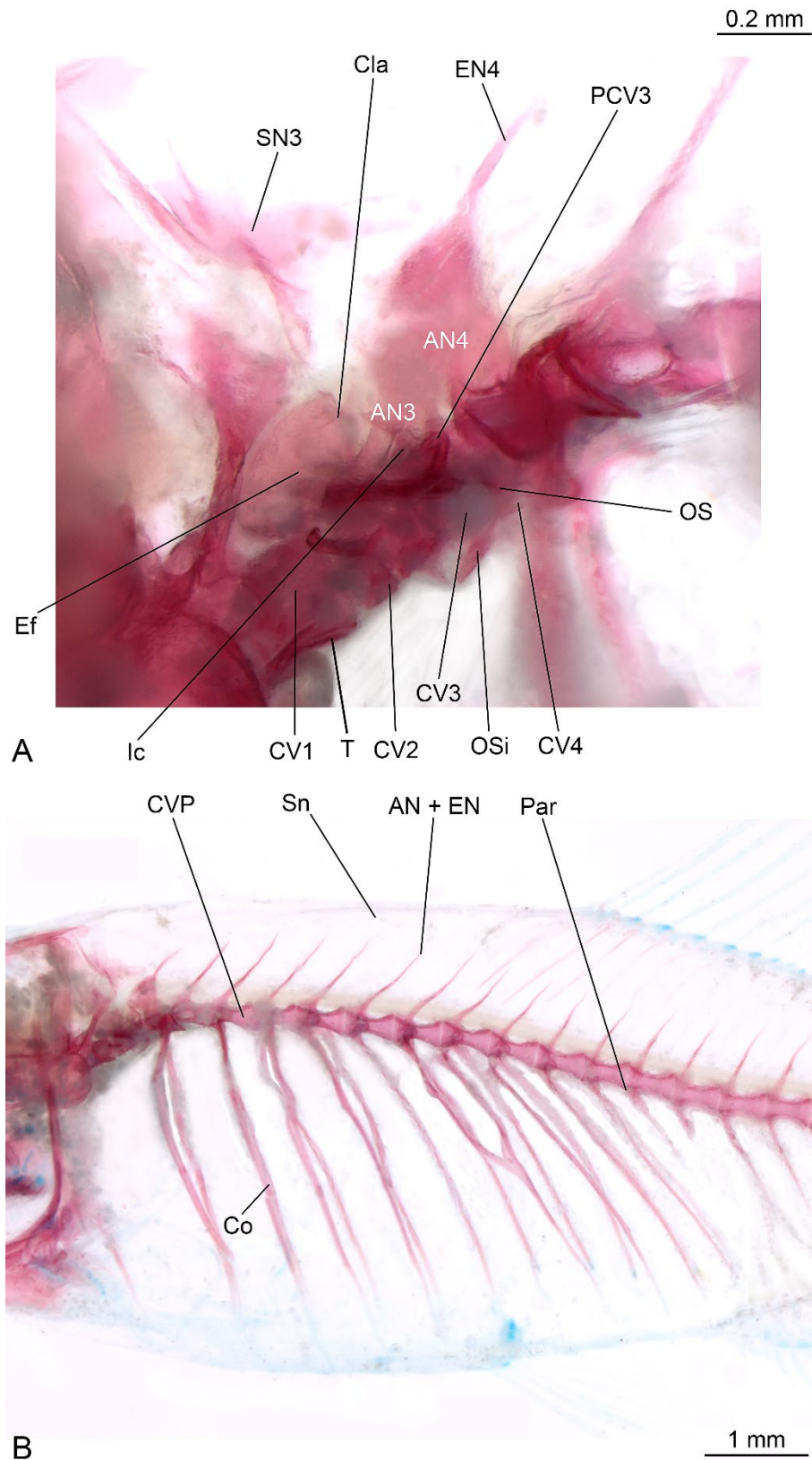


Figura 24 - *Paracheirodon simulans*, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; **A**, ossículos weberianos; **B**, esqueleto axial; **AN3-4**, arco neural 3-4; **AN + EN**, arco neural e espinho neural; **Cla**, claustro; **Co**, costela; **CV1-4**, centro vertebral 1-4; **CVP**, centro vertebral pós-aparato de weber; **EN4**, espinho neural 4; **Ef**, escáfio; **Ic**, intercalário; **OS**, *os suspensorium* braço externo; **OSi**, *os suspensorium* braço interno; **Par**, parapófise; **PCV3**, processo do centro vertebral 3; **Sn**, supraneural; **SN3**, supraneural 3; **T**, trípode.

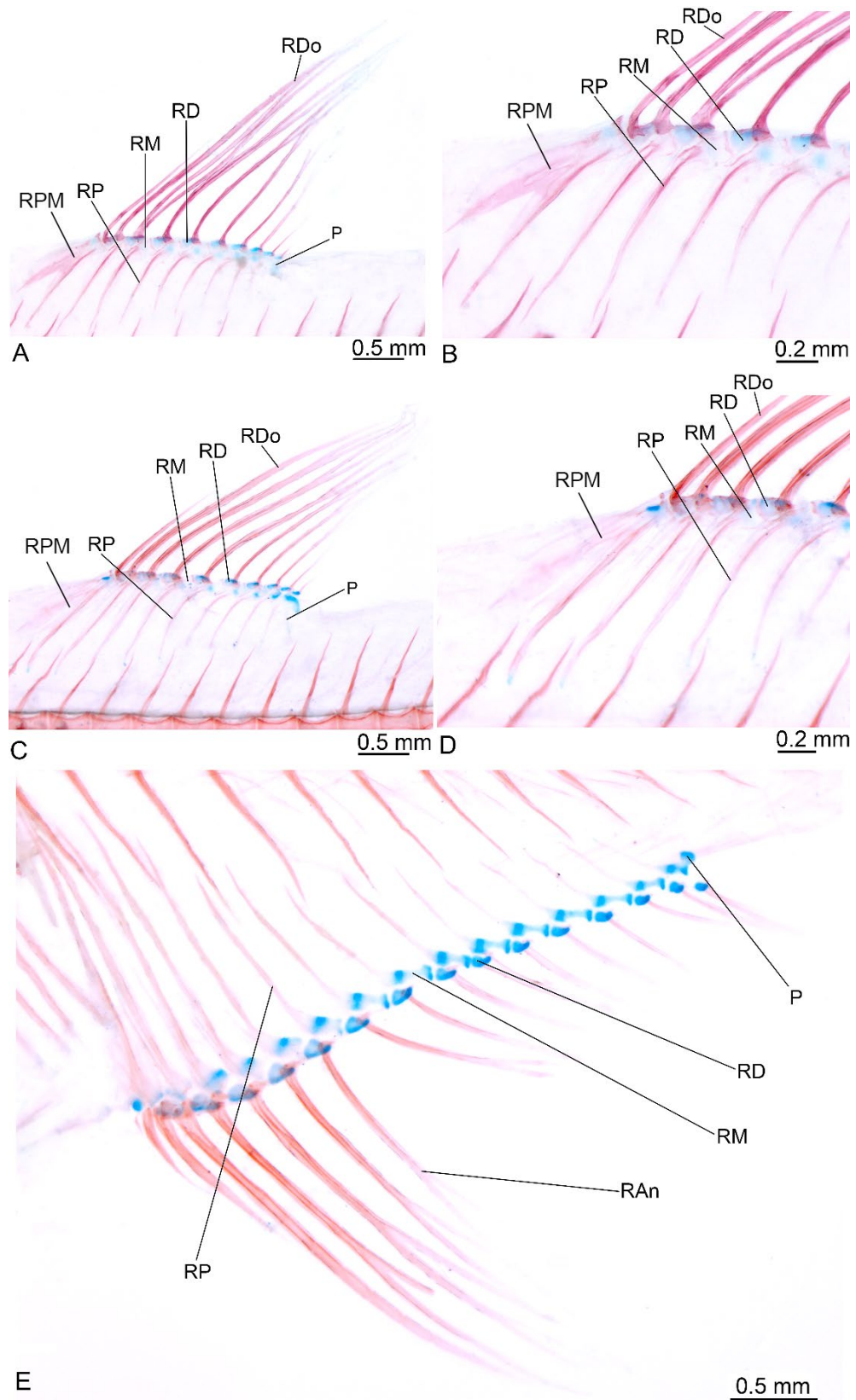


Figura 25 - *Paracheirodon simulans*, nadadeira dorsal e anal; **A**, nadadeira dorsal, macho, MZUSP 121674, 16.49 mm CP; **B**, foco na região anterior da nadadeira dorsal do macho; **C**, nadadeira dorsal, fêmea, MZUSP 121 674, 15.87 mm CP; **D**, foco na região anterior da nadadeira dorsal da fêmea; **E**, nadadeira anal, fêmea, MZUSP 121674, 16.63 mm CP; **P**, peça terminal; **RAn**, raio da nadadeira anal; **RD**, radial distal; **RDo**, raio da nadadeira dorsal; **RM**, radial mediano; **RP**, radial proximal; **RPM**, radial proximal-mediano.

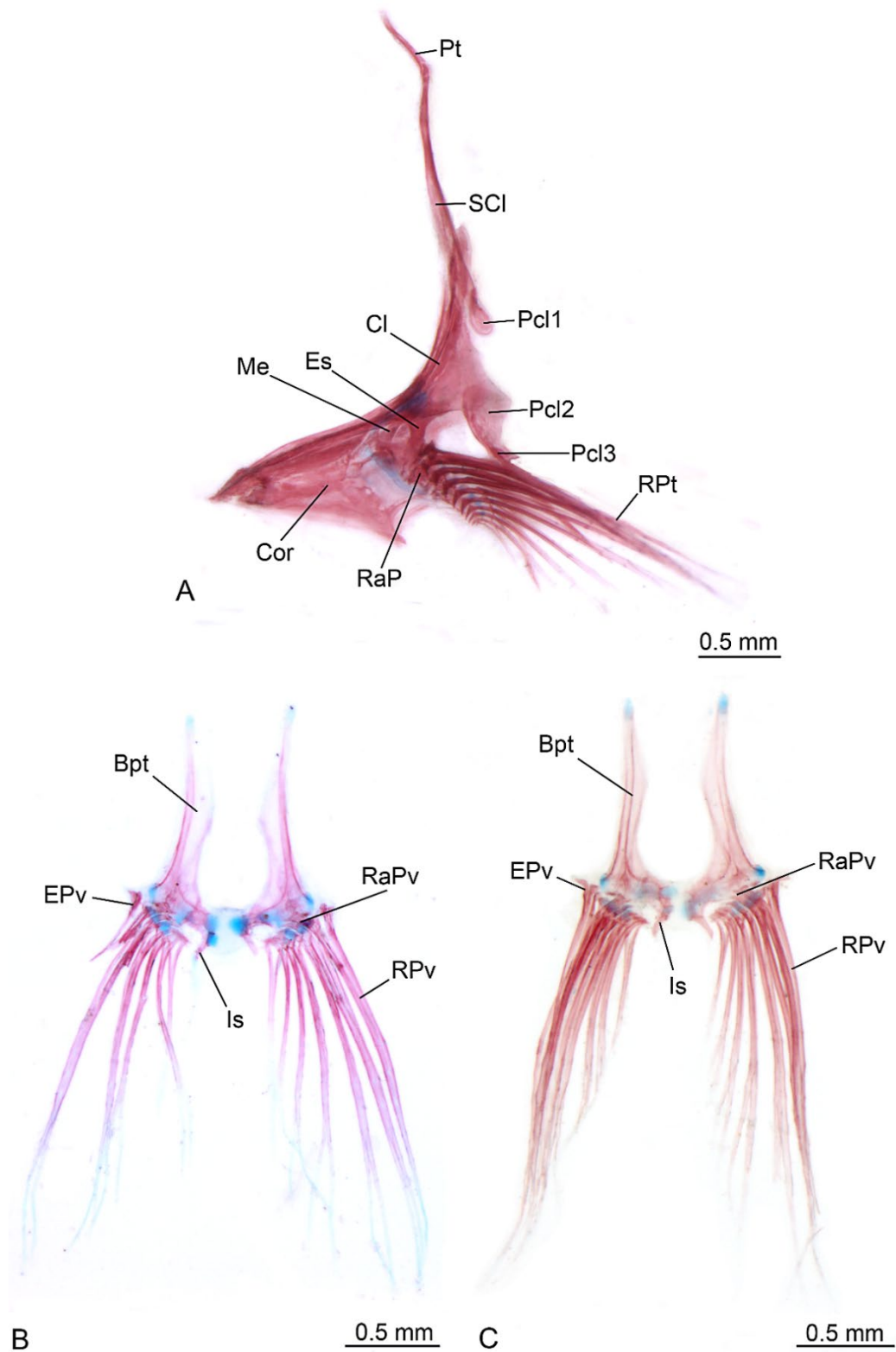


Figura 26 - *Paracheirodon simulans*, cintura e nadadeira peitoral e nadadeira pélvica; **A**, cintura e nadadeira peitoral, vista lateral esquerda, fêmea, MZUSP 121674, 16.48 mm CP; **B**, nadadeira pélvica, vista ventral, macho, MZUSP 121674, 16.49 mm CP; **C**, nadadeira pélvica, vista ventral, fêmea, MZUSP 121674, 16.37 mm CP; **Bpt**, Basipterégio; **Cl**, cleitro; **Cor**, coracoide; **EPv**, esquiróla pélvica; **Es**, escápula; **Is**, processo isquiático; **Me**, mesocoracoide; **Pt**, pós-temporal; **Pcl 1-3**, pós-cleitro 1-3; **RaP**, radial da nadadeira peitoral; **RaPv**, radial da nadadeira pélvica; **RPt**, raio da nadadeira peitoral; **RPv**, raio da nadadeira pélvica; **SCI**, supracleitro.

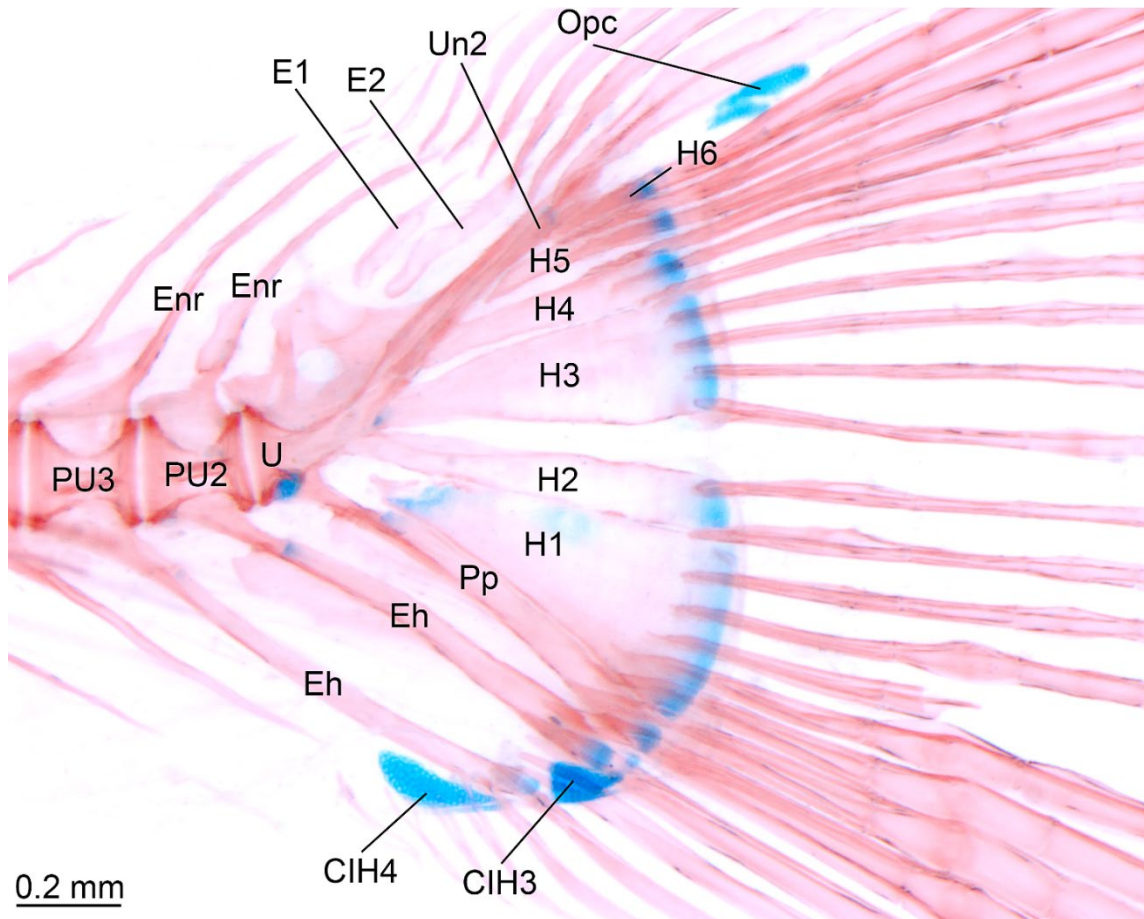


Figura 27 - *Paracheirodon simulans*, nadadeira caudal, fêmea, MZUSP 121674, 15.87 mm CP, d&c; **CIH3-4**, cartilagem inter-hemal do centro pré-ural 3 e 4; **E1-2**, epural 1 e 2; **Eh**, espinho hemal; **Enr**, espinho neural; **H1-6**, hipural 1-6; **Opc**, cartilagem opistural; **Pp**, paripural; **PU2-3**, centro pré-ural 2 e 3; **U**, centro ural composto; **Un2**, uroneural 2.

3.2. Estruturas ausentes e simplificações ósseas dentro do gênero *Paracheirodon*

O pressuposto de que o esqueleto é simplificado parte da comparação do grupo de estudo com a série ontogenética do caracídeo basal *Salminus brasiliensis* descrito por Mattox *et al.* (2014), espécie de grande porte com desenvolvimento completo de suas estruturas ósseas. Ao comparar o esqueleto de *S. brasiliensis* com o das espécies de *Paracheirodon*, nota-se uma série de ossos ausentes (como cinco ossos da série infraorbital e o extraescapular da cintura peitoral) e também de simplificações, como o menor grau de desenvolvimento de diversos ossos em várias partes do esqueleto e presença de grandes porções de cartilagens reminiscentes em ossos endocondrais (Tabela 1 e Figuras 28-47).

Tabela 1 - Estruturas ausentes ou que sofreram algum grau de simplificação óssea; comparativo entre *Salminus brasiliensis* e as espécies do gênero *Paracheirodon*.

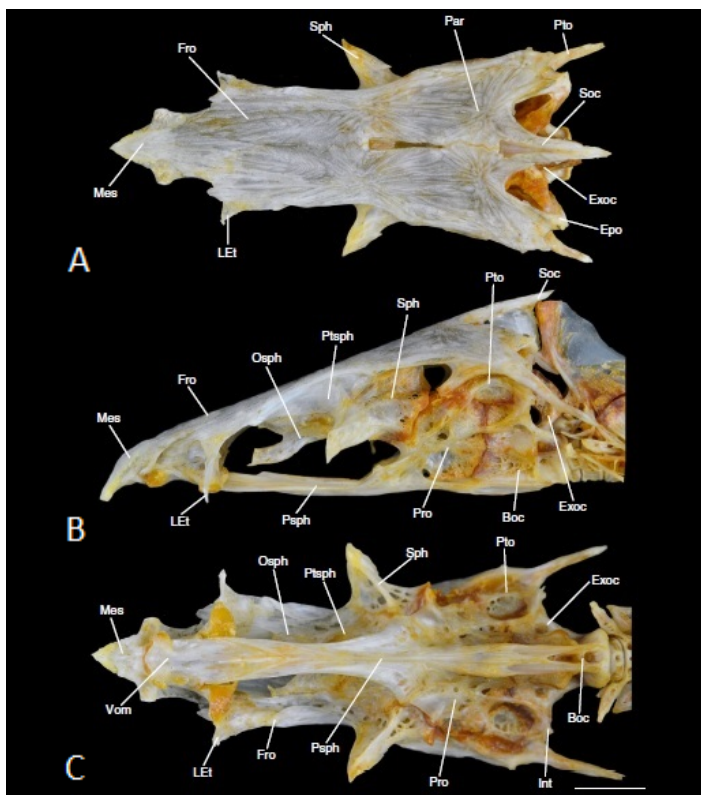
Complexos ósseos (Reduções e Simplificações)	<i>Salminus brasiliensis</i>	<i>Paracheirodon axelrodi</i>	<i>Paracheirodon innesi</i>	<i>Paracheirodon simulans</i>
Neurocrânio - Orbital				
Frontal				
Pteroesfenoide				
Orbitosfenoide				
Neurocrânio - Ótico				
Espinho do esfenótico				
Parietal				
Intercalar				
Canais do sistema látero-sensorial cefálico				
Ramo parietal do canal supraorbital				
Canal infraorbital (associado aos infraorbitais)				
Pós-ótico				
Supratemporal				
Série Infraorbital				
Infraorbital 1				
Infraorbital 2				
Infraorbital 3				
Infraorbital 4				
Infraorbital 5				

Infraorbital 6				
Supraorbital				
Arco hiopalatino				
Autopalatino				
Porção dérmica do hiomandibular				
Série Opercular				
Opérculo porção dorsal				
Arco hioide				
Canal do cerato-hial				
Nadadeira Peitoral				
Processo ventral do pós-temporal				
Coracoide				
Extraescapular				

Legenda:

- Osso completamente desenvolvido
- Ossificação presente mas "simplificada", osso não desenvolvido completamente.
- Ossificação presente mas muito "simplificada", menos desenvolvida que o estado anterior.
- Ossificação ausente.

3.2.1. Frontal e Parietal



Fonte: Mattox *et al.* (2014)

Figura 28 - *Salminus brasiliensis*, neurocrânio, 332 mm CP; A, vista dorsal; B, vista lateral; C, vista ventral. Barra de escala: 10 mm (Mattox *et al.*, 2014).

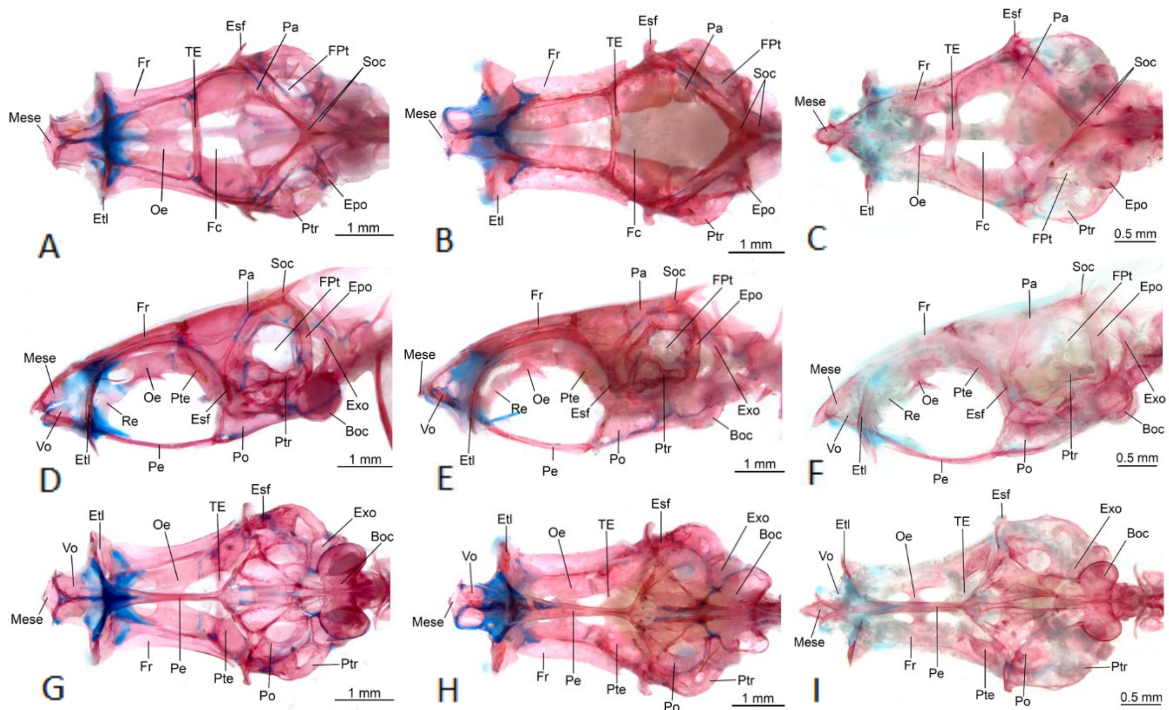
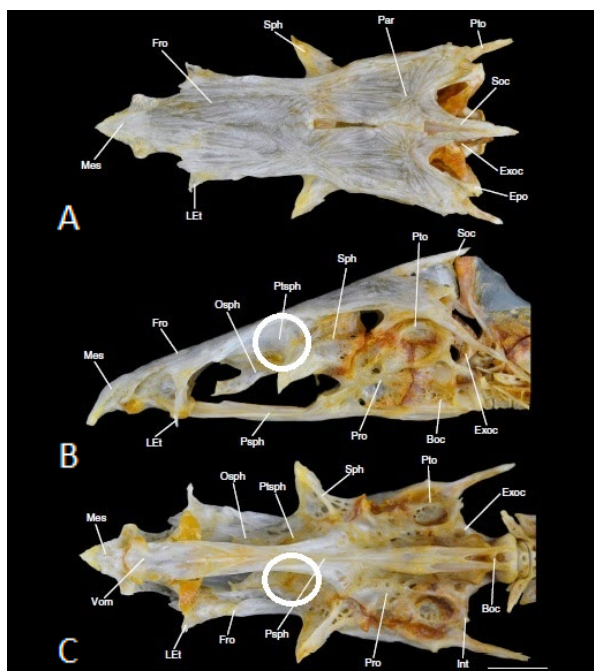


Figura 29 - *Paracheirodon*, neurocrânio; *Paracheirodon axelrodi*, neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; **A**, vista dorsal; **D**, vista lateral; **G**, vista ventral; *Paracheirodon innesi*, neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 27.8 mm CP, d&c; **B**, vista dorsal; **E**, vista lateral; **H**, vista ventral; *Paracheirodon simulans*, neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; **C**, vista dorsal; **F**, vista lateral; **I**, vista ventral.

3.2.2. Pterosfenoide



Fonte: Mattox et al. (2014)

Figura 30 - *Salminus brasiliensis*, neurocrânio, 332 mm CP; **A**, vista dorsal; **B**, vista lateral; **C**, vista ventral; circunferência branca indicando região da sutura anterior do pterosfenoide completamente ossificada. Barra de escala: 10 mm (Mattox et al., 2014).

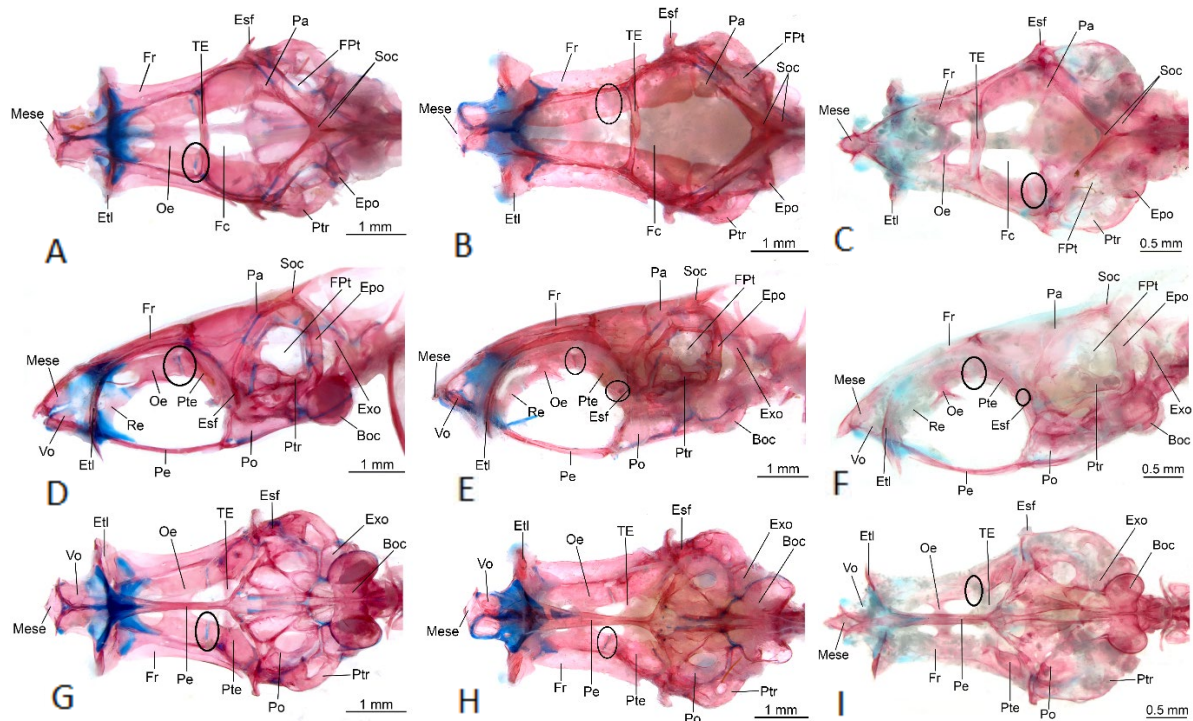
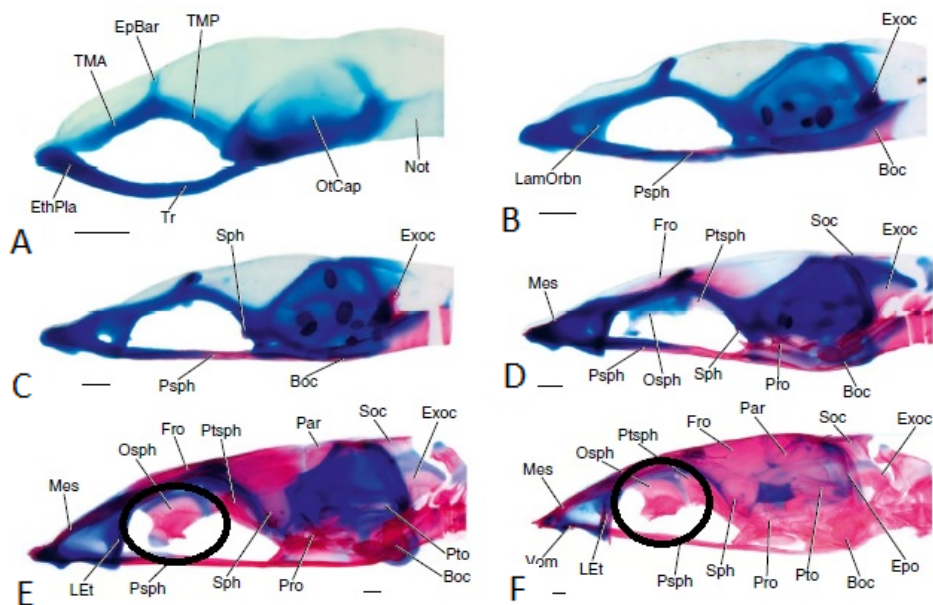


Figura 31 - *Paracheiroidon*, neurocrânio; *Paracheiroidon axelrodi*, neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; **A**, vista dorsal; **D**, vista lateral; **G**, vista ventral; *Paracheiroidon innesi*, neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 27.8 mm CP, d&c; **B**, vista dorsal; **E**, vista lateral; **H**, vista ventral; *Paracheiroidon simulans*, neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; **C**, vista dorsal; **F**, vista lateral; **I**, vista ventral; circunferência preta indicando região da sutura anterior do pterosfenoide pouco ossificado.

3.2.2. Orbitoesfenoide



Fonte: Mattox *et al.* (2014)

Figura 32 - *Salminus brasiliensis*, neurocrânio, vista lateral esquerda; **A**, 7.4 mm CN; **B**, 11.2 mm CP; **C**, 12.5 mm CP; **D**, 14.5 mm CP; **E**, 19.1 mm CP; **F**, 21.5 mm CP. Barra de escala: 0.2 mm (Mattox *et al.*, 2014).

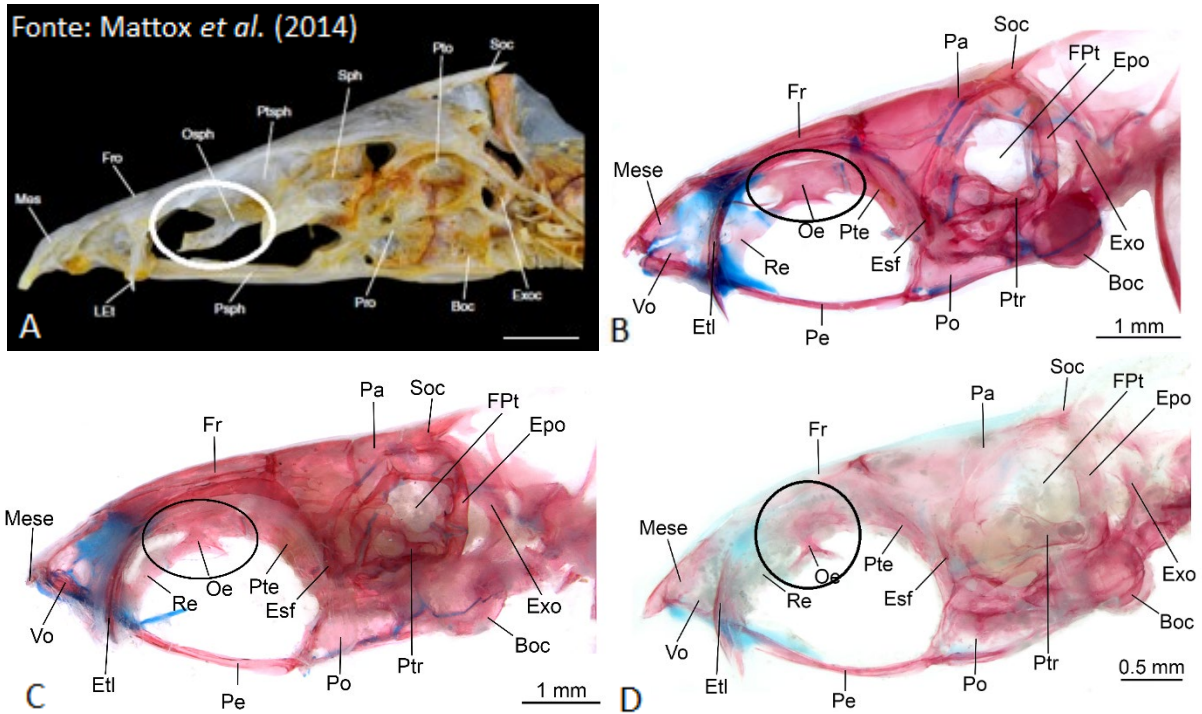
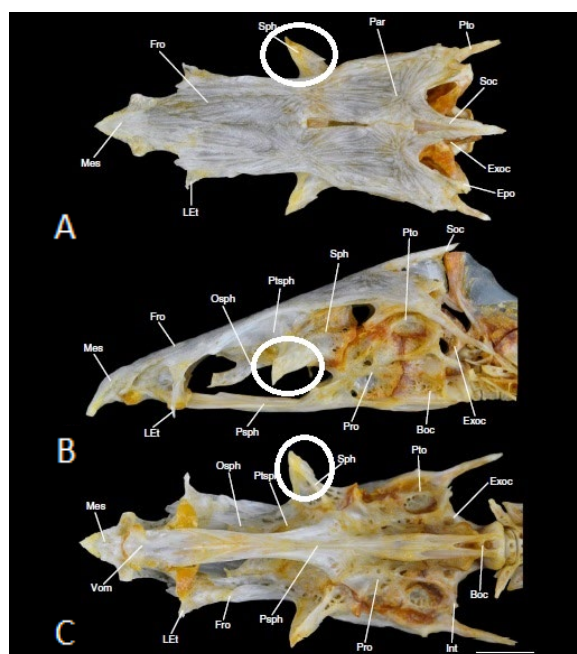


Figura 33 - *Salminus brasiliensis* e espécies do gênero *Paracheirodon*, neurocrânio, vista lateral esquerda; **A**, *Salminus brasiliensis*, neurocrânio, adulto, 332 mm CP. Barra de escala 10 mm (Mattox *et al.*, 2014); **B**, *Paracheirodon axelrodi*, neurocrânio, macho, MZUSP 58337, 24.32 mm CP, d&c; **C**, *Paracheirodon innesi*, neurocrânio, macho, MZUSP não-catalogado, 27.8 mm CP, d&c; **D**, *Paracheirodon simulans*, neurocrânio, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP, d&c; circunferência indicando região do orbitoesfenoide.

3.2.4. Espinho do esfenótico



Fonte: Mattox *et al.* (2014)

Figura 34 - *Salminus brasiliensis*, neurocrânio, 332 mm CP; **A**, vista dorsal; **B**, vista lateral; **C**, vista ventral; circunferência branca indicando espinho do esfenótico. Barra de escala: 10 mm (Mattox *et al.*, 2014).

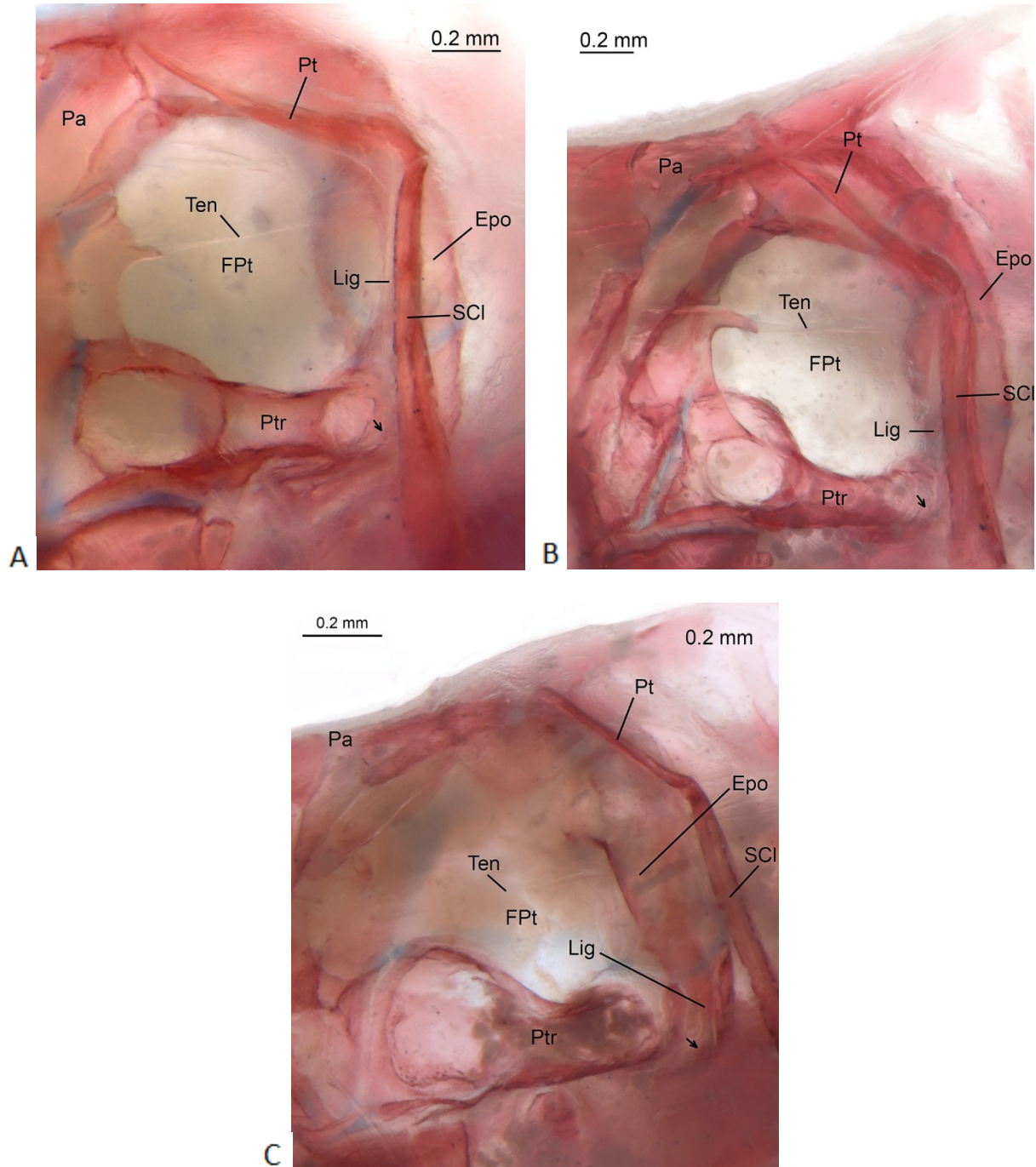
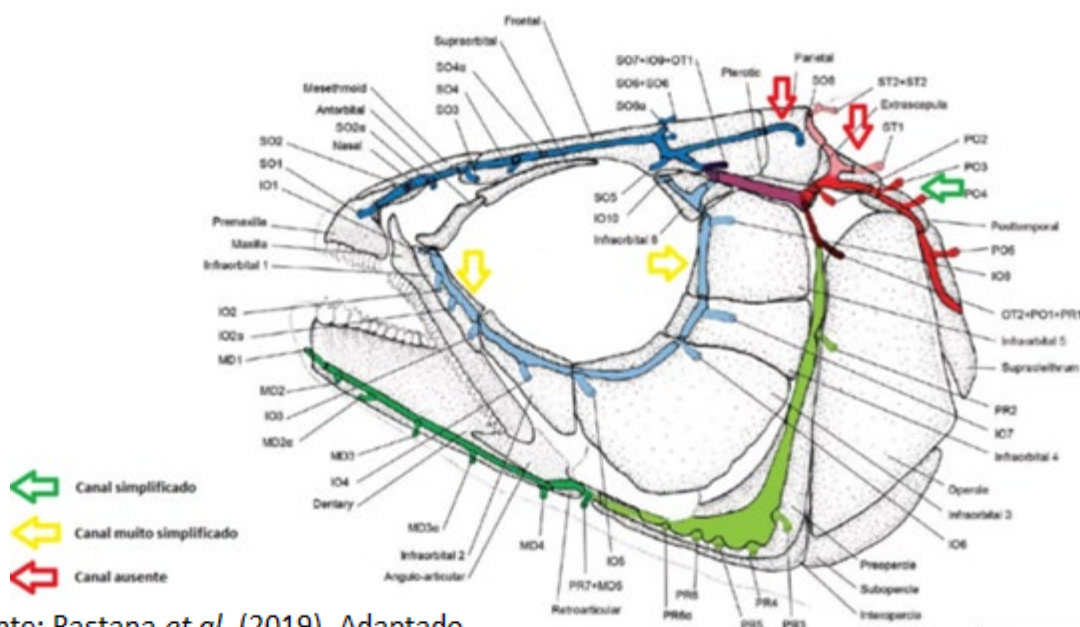


Figura 37 - *Paracheirodon*, detalhe na vista lateral do neurocrânio; **A**, *Paracheirodon axelrodi*, fêmea, MZUSP 85752, 23.93 mm CP, d&c; **B**, *Paracheirodon innesi*, fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.45 mm CP, d&c; **C**, *Paracheirodon simulans*, fêmea, MZUSP 121674, 15.82 mm CP, d&c; seta preta indicando o intercalar vestigial.

3.2.6. Canais do sistema látero-sensorial cefálico



Fonte: Pastana *et al.* (2019), Adaptado.

Figura 38 - Crânio de *Brycon nattereri* (LIRP 3590) representando os canais, túbulos e poros da linha lateral associados: azul escuro (supraorbital), azul claro (infraorbital), roxo (ótico), vermelho (postótico), rosa (supratemporal), verde claro (pré-opercular) e verde escuro (mandibular). Túbulos e poros diaulicos e triáulicos formados pela fusão de túbulos terminais de diferentes canais são indicados por mais de uma cor; setas indicando canais ausentes ou simplificados em *Paracheirodon*; seta verde canal simplificado, seta amarela canal muito simplificado e setas vermelhas canais ausentes. Barra de escala: 4 mm. Pastana *et al.* (2019).

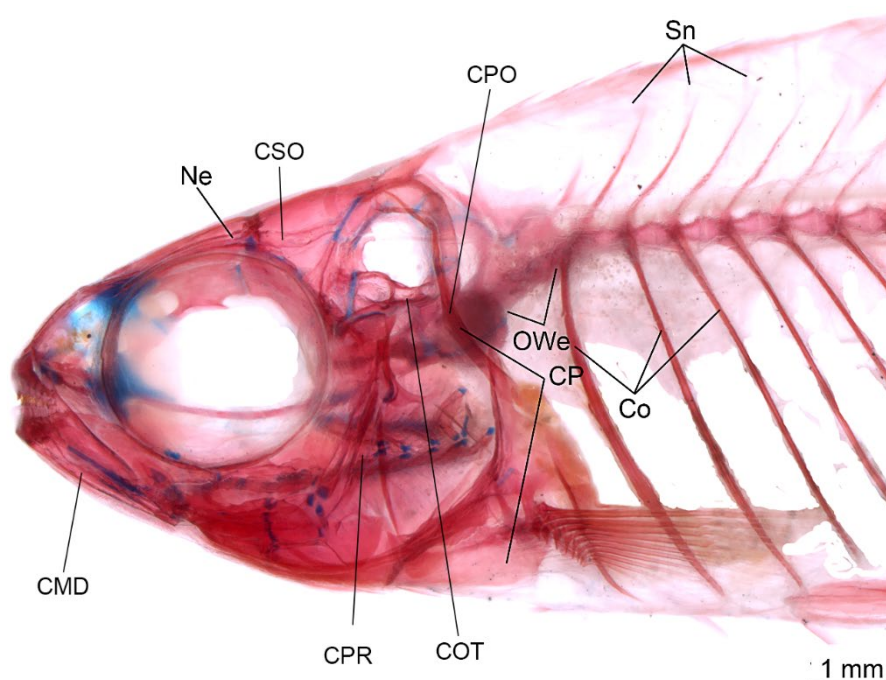


Figura 39 - *Paracheirodon axelrodi*, vista lateral da região anterior do corpo e canais látero-sensoriais associados; **Co**, costelas; **CP**, cintura peitoral; **CMD**, canal mandibular; **COT**, canal ótico; **CPO**, canal pós-ótico; **CPR**, canal pré-opercular; **CSO**, canal supraorbital; **En**, epineurais; **Ep**, epipleurais; **NA**, nadadeira anal; **NC**, nadadeira caudal; **Ne**, neurocrânio; **ND**, nadadeira dorsal; **NPt**, nadadeira peitoral; **NPv**, nadadeira pélvica; **OWe**, ossículos weberianos.

3.2.7. Série circumorbital

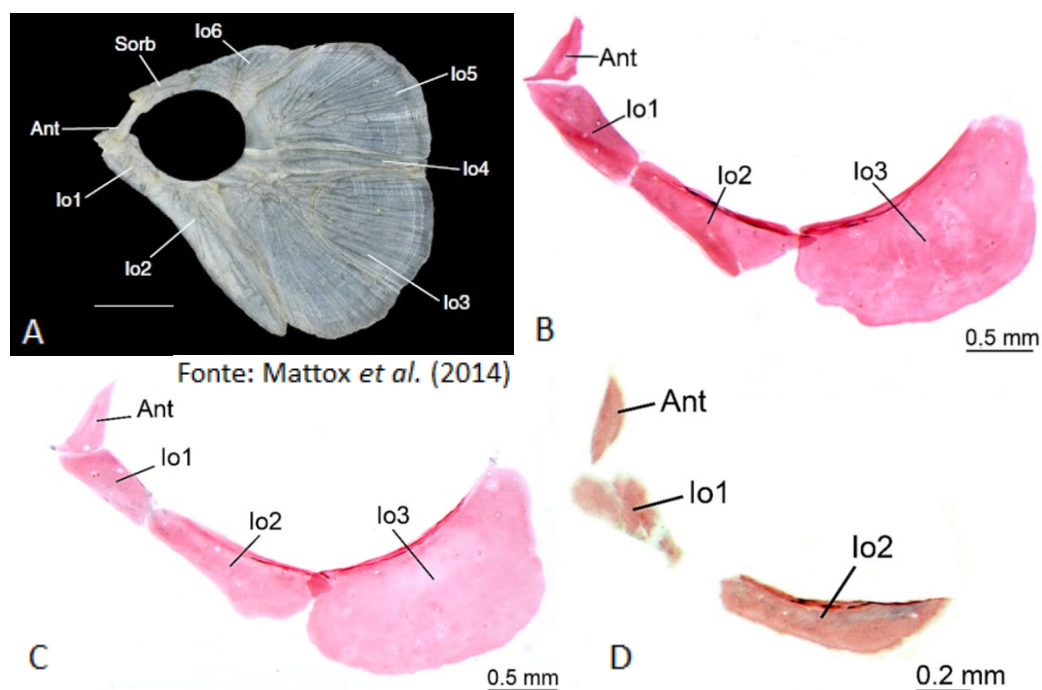


Figura 40 - *Salminus brasiliensis* e espécies do gênero *Paracheirodon*, infraorbitais, vista lateral esquerda; **A**, *Salminus brasiliensis*, 332 mm CP. Barra de escala: 10 mm (Mattox et al., 2014); **B**, *Paracheirodon axelrodi*, fêmea, MZUSP 85752, 25.69 mm CP; **C**, *Paracheirodon innesi*, fêmea, MZUSP não-catalogado, 23.23 mm CP; **D**, *Paracheirodon simulans*, macho, MZUSP 121674, 16.16 mm CP.

3.2.8. Autopalatino e hiomandibular

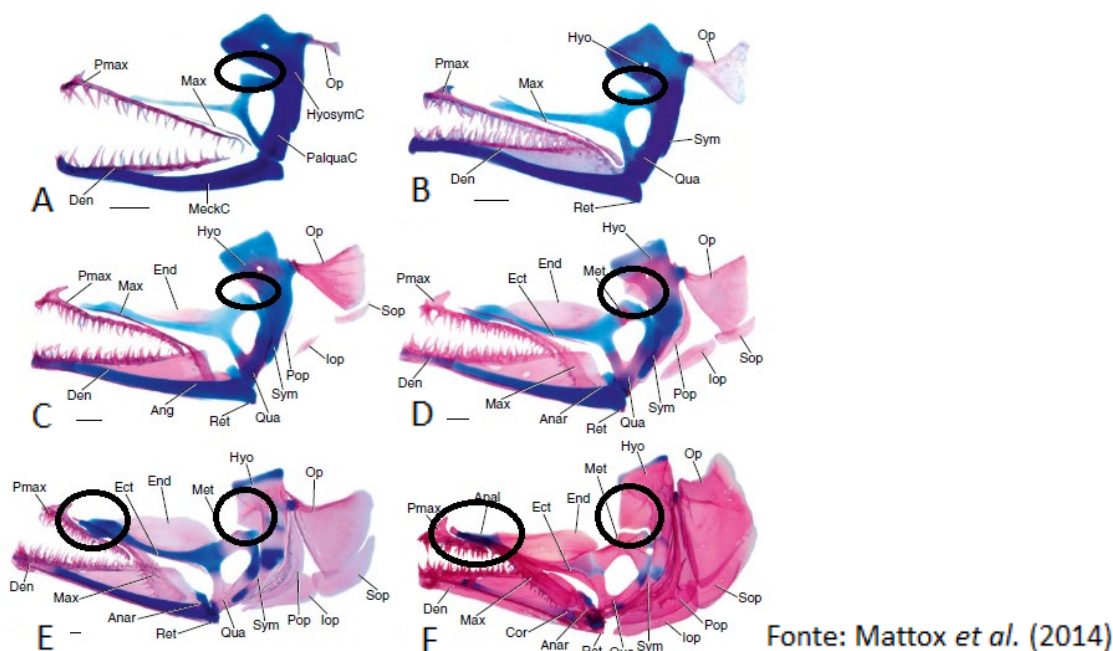
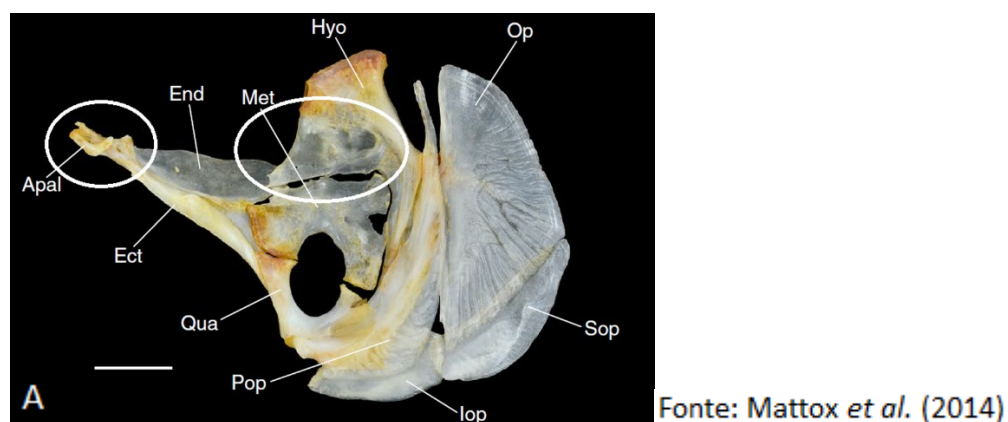


Figura 41 - Arco hiopalatino e opercular de *Salminus brasiliensis*, vista lateral esquerda; **A**, 7,6 mm CN; **B**, 8,7 mm CP; **C**, 11,2 mm CP; **D**, 12,5 mm CP; **E**, 14,8 mm CP; **F**, 21,5 mm CP; circunferência preta indicando autopalatino anteriormente e porção membranosa do hiomandibular posteriormente. Barra de escala: 0.2 mm (Mattox et al., 2014).



Fonte: Mattox et al. (2014)

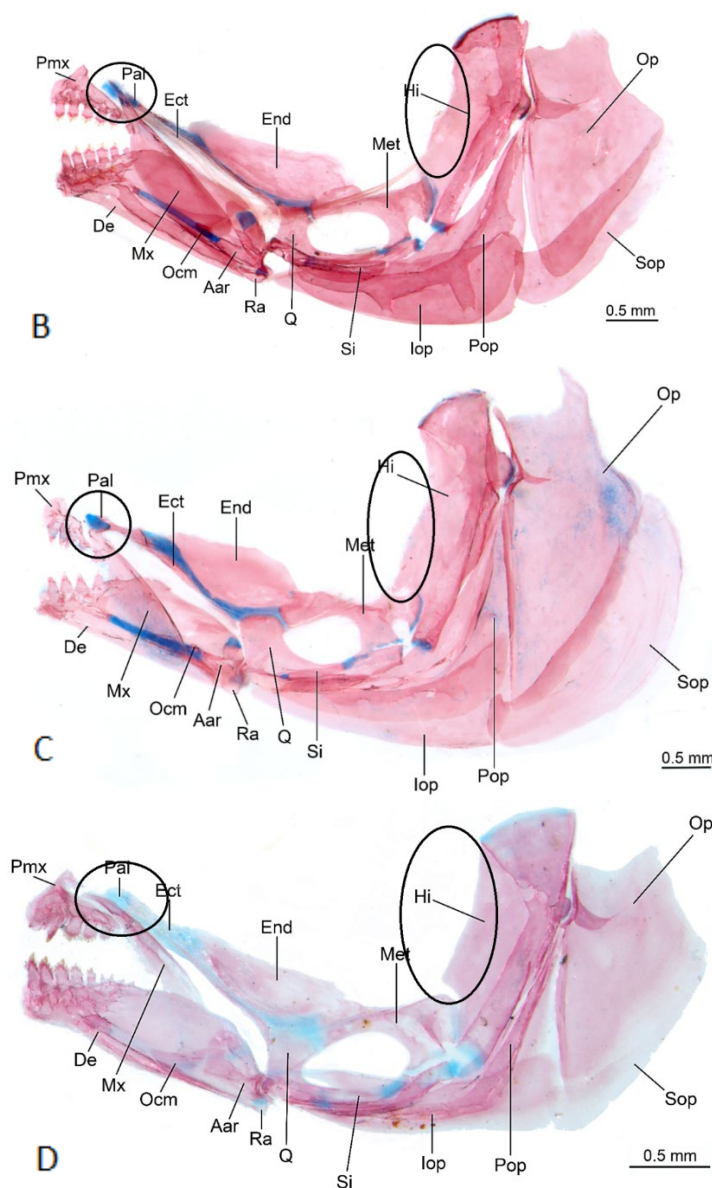
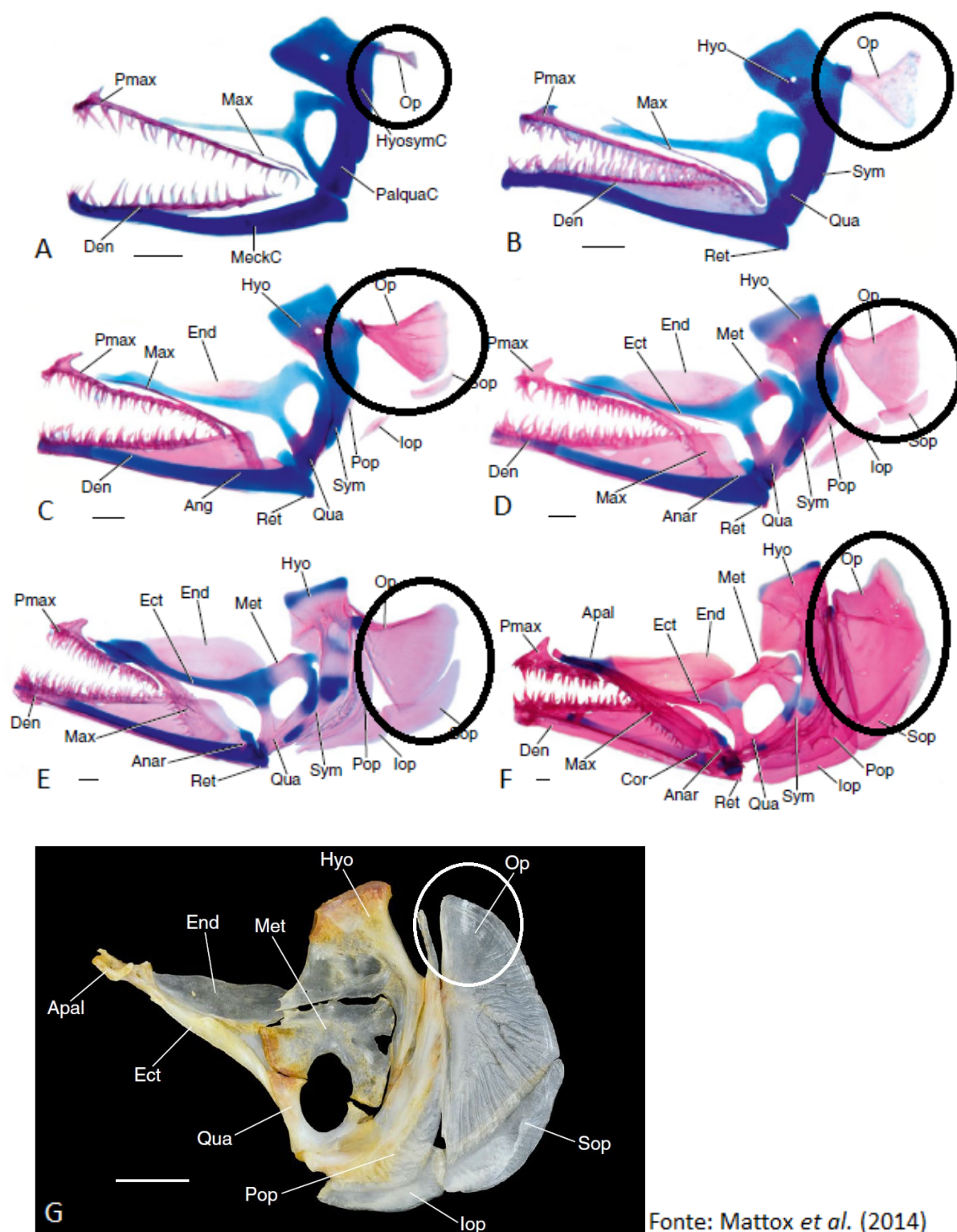


Figura 42 - *Salminus brasiliensis* e espécies do gênero *Paracheirodon*, suspensorio, vista lateral esquerda; **A**, *Salminus brasiliensis*, adulto, 332 mm CP. Barra de escala 10 mm (Mattox et al., 2014); **B**, *Paracheirodon axelrodi*, macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP, d&c; **C**, *Paracheirodon innesi* MZUSP não-catalogado, 26.3 mm CP, d&c; **D**, *Paracheirodon simulans*, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; circunferência indicando região do autopalatino anteriormente e porção membranosa do hiomandibular posteriormente.

3.2.9. Opérculo



Fonte: Mattox *et al.* (2014)

Figura 43 - Arco hiopalatino e série opercular de *Salminus brasiliensis*, vista lateral esquerda; **A**, 7,6 mm CN; **B**, 8,7 mm CP; **C**, 11,2 mm CP; **D**, 12,5 mm CP; **E**, 14,8 mm CP; **F**, 21,5 mm CP. Barra de escala: 0.2 mm; **G**, *Salminus brasiliensis*, adulto, 332 mm CP; circunferência preta indicando o opérculo e circunferência branca indicando porção dorsal do opérculo. Barra de escala 10 mm (Mattox *et al.*, 2014).

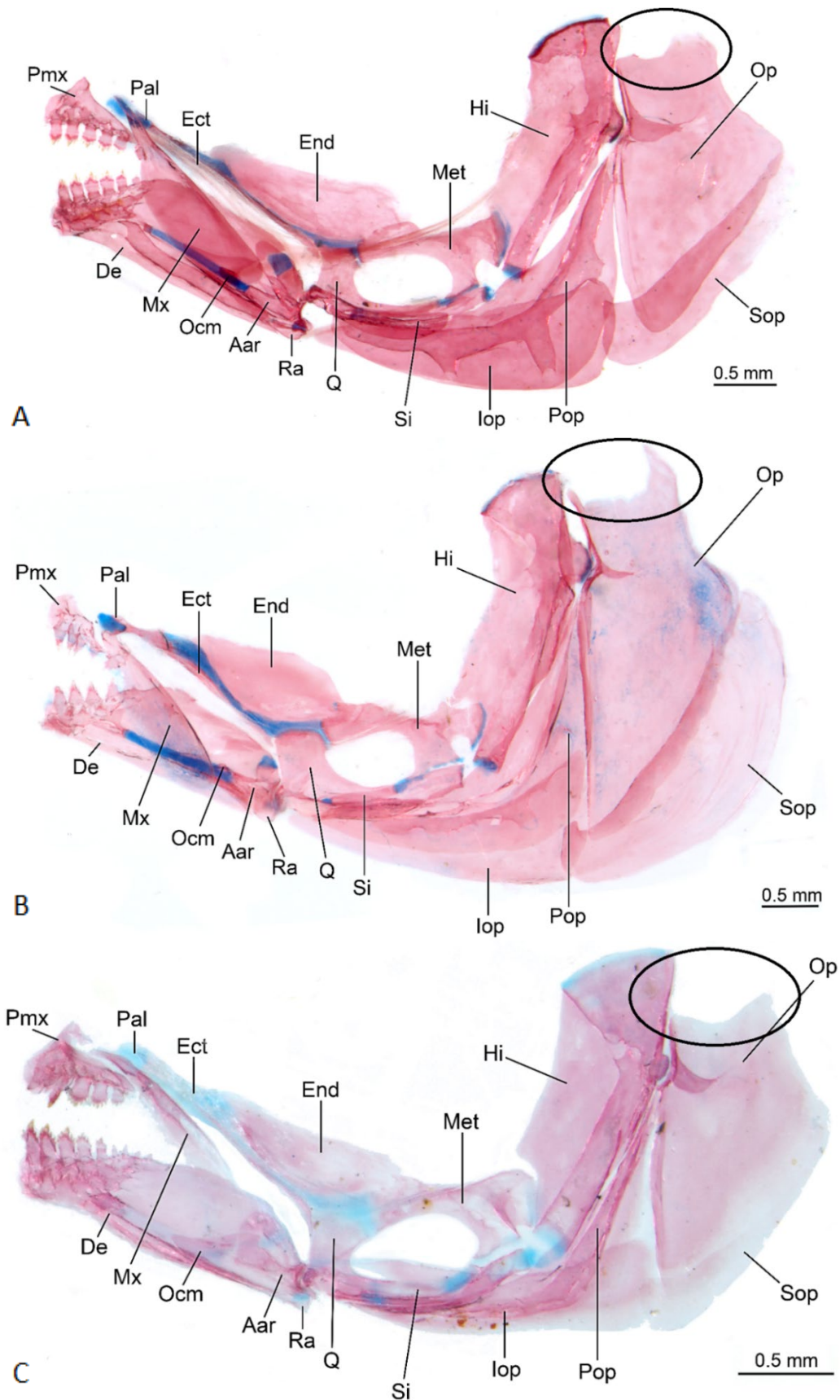


Figura 44 - *Paracheiroduon*, suspensório, vista lateral esquerda, d&c; **A**, *Paracheiroduon axelrodi*, macho, MZUSP 85752, 22.61 mm CP; **B**, *Paracheiroduon innesi* MZUSP não-catalogado, 26.3 mm CP; **C**, *Paracheiroduon simulans*, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP; circunferência preta indicando região dorsal do opérculo pouco desenvolvida.

3.2.10. Canal do cerato-hial

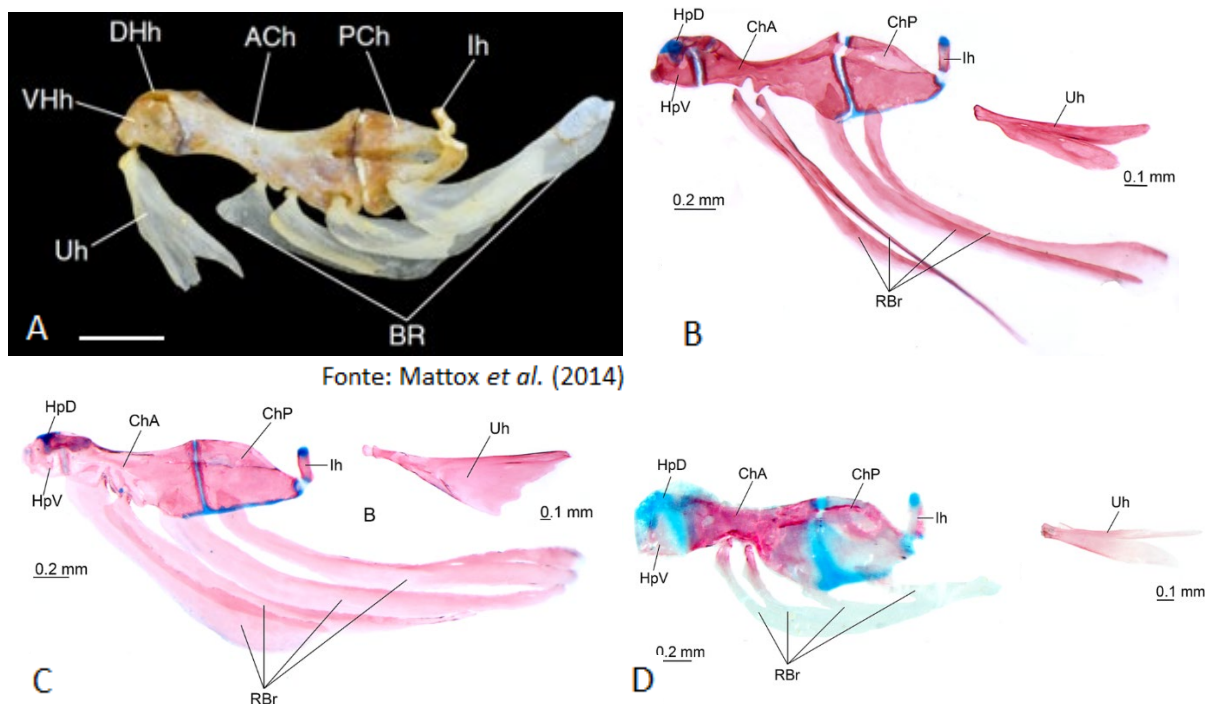


Figura 45 - *Salminus brasiliensis* e espécies do gênero *Paracheirodon*, arco hioide, vista lateral esquerda; **A**, *Salminus brasiliensis*, 332 mm CP. Barra de escala: 10 mm (Mattox *et al.*, 2014); **B**, *Paracheirodon axelrodi*, macho, MZUSP 58337, 23.31 mm CP; **C**, *Paracheirodon innesi*, fêmea, MZUSP não-catalogado, 26.04 mm CP, urohial, vista lateral, macho, MZUSP não-catalogado, 27.25 mm CP; **D**, *Paracheirodon simulans*, fêmea, MZUSP 121674, 17.3 mm CP.

3.2.11. Processo ventral do pós-temporal, coracoide e extraescapular

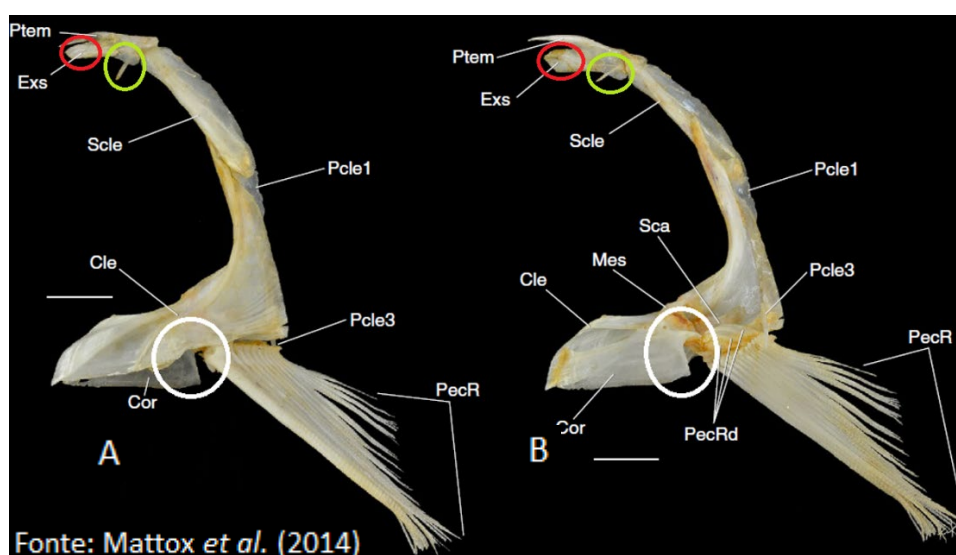


Figura 46 - *Salminus brasiliensis*, cintura e nadadeira peitoral, 332 mm CP; **A**, cintura escapular direita, vista lateral (imagem invertida); **B**, cintura escapular direita, vista medial; circunferências indicando: vermelha o extraescapular, verde o processo do pós-temporal e branca o escápulo do coracoide. Barra de escala 10 mm (Mattox *et al.*, 2014).

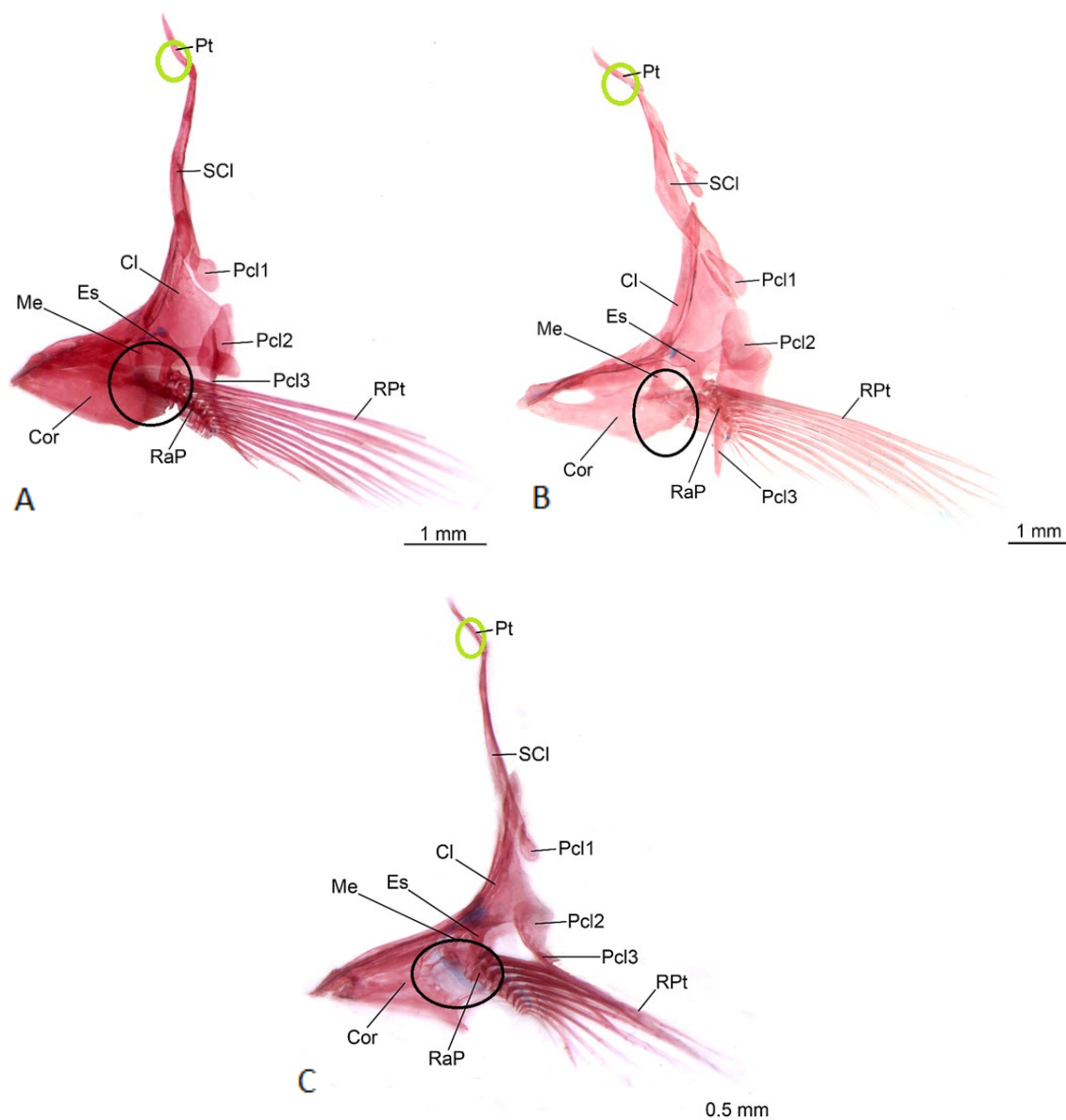


Figura 47 - *Paracheirodon*, cintura e nadadeira peitoral; **A**, *Paracheirodon axelrodi*, vista lateral esquerda, macho, MZUSP 58337, 23.31 mm CP; **B**, *Paracheirodon innesi*, vista lateral esquerda, macho, MZUSP não-catalogado, 28.09 mm CP; **C**, *Paracheirodon simulans*, vista lateral esquerda, fêmea, MZUSP 121674, 16.48 mm CP; circunferências indicando: verde a região do processo ventral do pós-temporal e preta a região do escápulo coracoide.

4. DISCUSSÃO

4.1. MINIATURIZAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *PARACHEIRODON*

De acordo com a definição de Weitzman e Vari (1988), portanto, as três espécies são consideradas miniaturas. Além disso, todas as espécies de *Paracheirodon* apresentam algum grau de simplificação no esqueleto (Weitzman e Fink, 1983).

Todas as ausências e simplificações encontradas nas espécies de *Paracheirodon* são ossos e partes de ossos que aparecem nos estádios finais do desenvolvimento de *S. brasiliensis*, o que nos leva a supor que a evolução das espécies de *Paracheirodon* esteja relacionada a eventos de truncamento ontogenético. Tais modificações ósseas serão descritas a seguir.

A fontanela do frontal e parietal é ampla nas três espécies de *Paracheirodon*. A fontanela é maior em *Paracheirodon simulans* e mais aberta posteriormente e de maneira mais evidente na região entre os ossos parietais. Durante o desenvolvimento ontogenético de *S. brasiliensis*, a fontanela torna-se progressivamente mais estreita anteriormente, por conta do desenvolvimento do osso frontal, e quase que completamente fechada na região do frontal em exemplares adultos. A condição presente nas três espécies do gênero *Paracheirodon* assemelha-se às existentes nas larvas de *S. brasiliensis*, quando o frontal e o parietal ainda se encontram em desenvolvimento. É importante ressaltar que *P. simulans* apresenta a condição da fontanela mais aberta, com o frontal e o parietal ainda menos desenvolvido, quando comparada às outras duas espécies observadas. A presença de uma fontanela ampla nas espécies de *Paracheirodon* é um indício de truncamento ontogenético no desenvolvimento do frontal e do parietal, sendo mais acentuado em *P. simulans*.

O pteroesfenoide, nas espécies de *Paracheirodon*, é separado do orbitoesfenoide anteriormente por pequenas porções de cartilagem, presentes no limite com o frontal dorsalmente e esfenótico posteriormente. Em adultos de *S. brasiliensis*, o pteroesfenoide é completamente ossificado, sem qualquer remanescente de cartilagem entre os limites dos ossos (Mattox *et al.*, 2014). A presença de pequenas áreas estreitas de cartilagem no

pteroesfenoide, encontrada nas espécies de *Paracheirodon*, é semelhante à condição que aparece em larvas de *S. brasiliensis*, é considerada aqui como evidência de truncamento.

O orbitoesfenoide nas três espécies de *Paracheirodon* é ossificado mas acentuadamente estreito na região acima do contato ventral entre as duas partes contralaterais do orbitoesfenoide, na fase adulta. Esta condição assemelha-se àquela observada em juvenis de *Moenkhausia pittieri* (Marinho, 2022) e também na fase adulta em exemplar miniatura de *Cyanogaster noctivaga* (Mattox *et al.*, 2013). Em *Moenkhausia pittieri* e *S. brasiliensis*, os orbitoesfenoides contralaterais crescem ventralmente, um em direção ao outro, e se fundem ao longo da linha medial. A região se torna larga e um processo do orbitoesfenoide projeta-se ântero-ventralmente, sem atingir o paraesfenoide. Em adultos de *M. pittieri* e *S. brasiliensis*, esta região é larga e espessa, não apresentando o estreitamento observado nas espécies de *Paracheirodon*. Assim, o orbitoesfenoide estreito em *Paracheirodon* e *Cyanogaster* parece ser uma estrutura truncada, semelhante à encontrada em larvas de *Moenkhausia pittieri* e *S. brasiliensis* na região orbital.

Nas três espécies de *Paracheirodon*, o espinho esfenótico da região ótica do neurocrânio é extremamente reduzido, especialmente em *P. simulans*, muito diferente da condição existente em *S. brasiliensis*, onde o espinho esfenótico é bem desenvolvido em relação aos outros ossos do neurocrânio.

Outra evidência que demonstra truncamento é a condição do intercalar: em *Paracheirodon*, esta é uma ossificação reduzida e puntiforme, ligada à porção distal do ligamento que conecta a região ventromedial do pós temporal à região posterior do pterótico. Em *Moenkhausia pittieri*, o intercalar se desloca, à medida que o peixe se desenvolve. Nos estádios iniciais, o intercalar é uma ossificação muito pequena, na região posterior do pterótico, comparável à condição que existe nas espécies de *Paracheirodon*. Ao longo do desenvolvimento, o intercalar torna-se consideravelmente maior e assume uma posição ventral no crânio de *Moenkhausia pittieri*, no contato entre exoccipital e pterótico sendo as reduções na região ótica: parietal, esfenótico e intercalar (Marinho, 2022).

Na série infraorbital, as espécies de *Paracheirodon* não possuem o supraorbital e os infraorbitais 4, 5 e 6. O infraorbital 1 tem forma retangular, e é extremamente reduzido em *P. simulans*. O infraorbital 2 é reduzido nas três espécies, quando comparado ao mesmo osso em *Salminus brasiliensis* e *Moenkhausia pittieri*. O infraorbital 3 em *P. axelrodi* e *P. innesi* é reduzido e *Paracheirodon simulans* não possui o infraorbital 3. Ao analisar o desenvolvimento ontogenético da série infraorbital nestas duas espécies, foi observado que a sequência de ossificação nestes ossos é ântero-posterior, sendo a sequência do desenvolvimento da seguinte forma: *Moenkhausia pittieri* (antorbital – infraorbital 1, 2 – infraorbital 3 – infraorbital 4, 5, 6) e *S. brasiliensis* (antorbital – infraorbital 1 – infraorbital 2 – infraorbital 3, 4, 5 – infraorbital 6 – supraorbital). A condição presente em *P. axelrodi* e *P. innesi* se assemelha aos estádios iniciais de desenvolvimento de *M. pittieri* e *S. brasiliensis*, quando a larva ainda não possui os infraorbitais 4, 5, 6 nem o supraorbital. A condição presente em *P. simulans* é semelhante a estádios de desenvolvimento ainda mais iniciais em *Salminus* e *Moenkhausia* por, além daqueles, também não possuir o infraorbital 3. Este é um claro exemplo de truncamento no desenvolvimento, onde os ossos que surgem nos estádios finais da ontogenia de espécies de maior porte são ausentes nas espécies de *Paracheirodon*.

O supraorbital está presente na maioria dos Characiformes de maior porte e é o último osso a se ossificar em *S. brasiliensis*. Portanto, espera-se que o supraorbital esteja entre os primeiros ossos a serem perdidos por deleção terminal. A grande maioria das mais de 1.150 espécies de Characidae são espécies de tamanho médio [(de acordo com a definição menos inclusiva de Characidae em Oliveira *et al.* (2011) e Mirande (2019)]; as miniaturas e cerca de 82% não superam 120 mm SL (Azevedo, 2010), e todas perderam o supraorbital como resultado de truncamento ontogenético (Marinho, 2017).

Com relação aos ossos do arco hiopalatino, o hiomandibular não apresenta expansão membranosa anterior acima da linha vertical da fenestra do metapterigoide nas espécies de *Paracheirodon*, quando comparadas ao hiomandibular de *S. brasiliensis*. Ao longo do desenvolvimento de *S. brasiliensis*, o hiomandibular se projeta anteriormente, através de uma expansão membranosa (Mattox *et al.*, 2014); quando comparado ao hiomandibular dos adultos das espécies de *Paracheirodon* essa estrutura se assemelha a que existe nos estádios larvais de *S. brasiliensis*. Outro osso do arco hiopalatino que aparentemente sofreu

truncamento em *Paracheirodon* é o autopalatino, um osso condral que é pouco ossificado nessas espécies, assemelhando-se à condição encontrada em larvas de *S. brasiliensis*.

Considerando os ossos da série opercular, o opérculo nas espécies de *Paracheirodon* é curto dorsalmente. O limite dorsal é localizado abaixo da porção dorsal do hiomandibular. Na ontogenia de *S. brasiliensis* foi observado que o opérculo se expande dorsalmente nos estádios finais e, no exemplar adulto, a porção dorsal do opérculo tem seu limite ao lado da porção dorsal do hiomandibular. A condição em *Paracheirodon* se aproxima à condição da larva de *S. brasiliensis*.

No arco hioide, o sétimo nervo craniano passa pelo canal entre o ceratohial anterior e o posterior em direção ao ramo hiomandibular (Mattox e Toledo-Piza, 2012), este canal é aberto em *Paracheirodon* (Marinho, 2014: 63), condição também presente no caracídeo miniatura *Cyanogaster noctívaga* (Mattox *et al.*, 2013; fig. 6). Em contrapartida, este canal é fechado em espécies de grande porte basais em Characidae, como nos gêneros *Agoniates* e *Salminus* (Mirande, 2010: fig. 80 e 82, respectivamente). Nas espécies de *Paracheirodon* os canais presentes no cerato-hial anterior e no ceratohial posterior são abertos, similares aos encontrados nos estádios iniciais de desenvolvimento em *S. brasiliensis*; ao compararmos com *S. brasiliensis* foi constatado que no canal acontece uma gradual ossificação fechando o canal com deslocamento da abertura localizada no ceratohial anterior para região ântero-dorsal do osso.

O aparato de Weber não apresenta muitas modificações durante o processo de desenvolvimento ontogenético nas espécies do gênero *Paracheirodon*. Apenas o supraneural 3, é ligeiramente menos desenvolvido dorsalmente em *P. simulans*, enquanto que em *S. brasiliensis* o supraneural 3 é amplo dorsalmente e bem ossificado. Em *S. brasiliensis* a sequência da ossificação do supraneural 3 é da região anterior à ventral e posterior respectivamente e o supraneural 3 termina sua ossificação com a formação das lamelas do supraneural 3, condição apresentada no adulto. A condição em *P. simulans* é ligeiramente diferente, pois o supraneural 3 é menos ossificado dorsalmente e similar aos estádios de desenvolvimento de um sub-adulto de *S. brasiliensis*.

Quanto à análise dos ossos da cintura peitoral, o pós-temporal nas três espécies de *Paracheirodon* não desenvolvem o processo ventral do pós-temporal e o coracoide em *P. axelrodi* e *P. innesi* é completamente ossificado mas em *P. simulans* é ligeiramente menos ossificado na margem posterior, em contato com a escápula. Na esqueletogênese de *S. brasiliensis* observa-se que há uma gradativa projeção do processo ventral do pós-temporal e ossificação da cartilagem do escápulo coracoide até sua completa ossificação. Dessa forma, o pós-temporal nas três espécies de *Paracheirodon* e o coracoide de *P. simulans* assemelha-se à condição encontrada nos estádios iniciais de desenvolvimento em *S. brasiliensis*.

Outro osso ausente nas espécies de *Paracheirodon* é o extra-escapular, juntamente com os canais látero-sensoriais que estariam ossificados nesse osso, mas não necessariamente o prolongamento desses canais. Este osso, é um dos últimos a se formar no esqueleto de *Salminus brasiliensis*, e sua ausência nas espécies de *Paracheirodon* pode ser mais uma evidência de truncamento ontogenético. No estudo de Pastana *et al.* (2019) foi observado que a ausência do extraescapular está associada à ausência dos canais supratemporais e pós-óticos, contudo em *Paracheirodon* foi observado o canal ótico, no pterótico, e canais abertos, pouco desenvolvidos, no pós-temporal e no supraclitro. Há um grau mais acentuado de interrupção do desenvolvimento dos canais látero-sensoriais cefálicos nas espécies de *Paracheirodon*, afetando a formação dos canais localizados na região posterior da órbita (e.g. ótico, pós-ótico e supratemporal).

Em Characiformes o aparecimento do canal no osso pós-temporal e supraclitro ocorre nos últimos estádios de desenvolvimento. A desassociação entre canais sensoriais e ossos dérmicos foi corroborada em diferentes grupos (Pastana *et al.*, 2019). Por exemplo, a presença de uma placa óssea nasal, mas ausência do canal sensorial nesse osso em alguns representantes da família Lebiasinidae (Marinho, 2014), ou o osso frontal presente independentemente da formação do canal supraorbital (Pastana *et al.*, 2019). Outras corroborações são feitas na análise do desenvolvimento dos canais látero-sensoriais cefálicos.

Em geral nas espécies de Characiformes, o ramo parietal do supraorbital é um dos últimos a ser ossificado (Pastana *et al.*, 2019). Em *Paracheirodon*, não existe o ramo parietal do supraorbital, mais uma evidência de truncamento ontogenético. Outras porções do canal

sensorial cefálico a se ossificar no final do desenvolvimento de Characiformes são o IO3, IO4, IO5 e IO6 (Pastana *et al.*, 2019; Marinho, 2022). Neste estudo foi observado que nas espécies de *Paracheirodon* não existe canal bem como placas ósseas nos infraorbitais 4, 5 e 6. Em *P. simulans* não existe ainda canal nem placa óssea no IO3, o que nos leva a inferir truncamento, no desenvolvimento dos canais, embasados pela série de ossificação deste canal proposta por Pastana *et al.* (2019) e Marinho (2022).

De acordo com o que foi discutido, os principais complexos anatômicos onde ocorreram perdas ou simplificações, foram: o neurocrânio orbital, com simplificações ósseas no frontal, pteroesfenoide e orbitoesfenoide; o neurocrânio ótico com simplificação no espinho esfenótico; no parietal e no intercalar; nos canais látero-sensoriais, que também sofreram perdas e simplificações no ramo parietal do canal supraorbital, canal infraorbital, pós-ótico e supratemporal; na série infraorbital que sofreu uma série de truncamentos; o arco hiopalatino, no hiomandibular e o autopalatino; o arco hioide, no canal entre cerato-hial anterior e posterior; e na região opercular, com simplificações na região dorsal do opérculo. Há simplificação do pós-temporal nas três espécies do gênero e no coracoide, em *Paracheirodon simulans* e ausência do extraescapular em todas as espécies do gênero. A redução no número de raios na nadadeira anal foi observada nas espécies de *Paracheirodon*, e de acordo com Fink & Weitzman (1983), a redução no número de raios da nadadeira pode ser um resultado de simplificação óssea advinda da redução do tamanho do corpo. Tais ausências e simplificações ósseas podem ter ocorrido na história evolutiva de *Paracheirodon* e herdadas, não se restringindo apenas ao gênero.

Concluiu-se que estruturas ósseas ausentes ou com certo grau de simplificação nas espécies de *Paracheirodon* são aquelas que aparecem no final da esqueletogênese de *Salminus brasiliensis* ou de *Moenkhausia pittieri*, o que nos leva a inferir que as espécies de *Paracheirodon* evoluíram por truncamento do desenvolvimento. Dentro das espécies de *Paracheirodon*, observamos que o truncamento ontogenético é mais acentuado em *Paracheirodon simulans*, por causa do maior grau de perdas ósseas e estruturas simplificadas, com maior área cartilaginosa de ossos endocondrais (e.g. ossos do neurocrânio menos desenvolvidos que nas demais espécies, com consequente alargamento da fontanela craniana, supraneural 3 ligeiramente menos ossificado, IO 3 ausente, coracoide menos ossificados e nadadeiras dorsal e anal com menor número de raios).

4.2. COMENTÁRIOS SOBRE TRUNCAMENTO ONTOGENÉTICO EM CHARACIDAE

Há poucos estudos sobre os caracídeos miniatura, apesar destes representarem quase 80% dos peixes miniaturas Neotropicais (Marinho, 2017). Como exposto por Weitzman & Vari (1988) e evidenciado por diversos autores (Marinho *et al.*, 2013; Mattox *et al.*, 2016; Abrahão *et al.*, 2019; Pastana *et al.*, 2019), a miniaturização do corpo geralmente está associada à ausência de estruturas e simplificações ósseas. Um dos complexos ósseos que frequentemente sofrem truncamento em caracídeos miniatura é a série infraorbital e os canais sensoriais a ela associados (Marinho, 2022). É importante mencionar que os infraorbitais 1-6 são ossos dérmicos associados à ossificação do tubo ósseo formado ao redor dos canais da linha lateral e que o truncamento do canal pode levar à perda da placa óssea (Pastana *et al.*, 2019). Entretanto, são necessários estudos mais detalhados sobre o efeito do truncamento do desenvolvimento em peixes miniaturas e a perda de partes do canal sensorial e ossos associados, e como isso se dá em cada linhagem.

Marinho (2022) assinala que a perda dos ossos e canais infraorbitais de pequenos caracídeos reflete, de forma geral, a ordem de formação dos ossos e canais em *Moenkhausia pittieri* e *Salminus brasiliensis*, indicando que a perda na região infraorbital nestas espécies está associada a truncamento de desenvolvimento. A sequência de ossificação nestes caracídeos é: *Moenkhausia pittieri* (antorbital – infraorbital 1, 2 – infraorbital 3 – infraorbital 4, 5, 6), *Salminus brasiliensis* (antorbital – infraorbital 1 – infraorbital 2 – infraorbital 3, 4, 5 – infraorbital 6 – supraorbital). Os últimos ossos da série infraorbital a se desenvolverem nesses táxons são os primeiros a serem perdidos nos pequenos caracídeos (Tab. 2). A única exceção é *Xenurobrycon coracoralinae* e *Priocharax britzi*, nos quais o infraorbital 1 não se desenvolve, bem como os infraorbitais de 4 a 6 (Marinho, 2022).

Tabela 2 - Espécies de Characidae que apresentam redução dos infraorbitais. Adaptado de Marinho (2022).

TÁXONS	Infraorbitais ausentes	TÁXONS	Infraorbitais ausentes
<i>Cyanogaster noctivaga</i>	Infraorbital 6	<i>Spintherobolus ankoseion</i>	Infraorbitais 4 à 6
<i>Scopaeocharax atopodus</i>	Infraorbital 6	<i>Spintherobolus leptoura</i>	Infraorbitais 4 à 6

<i>Tytocharax metae</i>	Infraorbital 6	<i>Spintherobolus pappiliferus</i>	Infraorbitais 4 à 6
<i>Xenurobrycon heterodon</i>	Infraorbital 6	<i>Coptobrycon bilineatus</i>	Infraorbitais 4 à 6
<i>Xenurobrycon polyancistrus</i>	Infraorbital 6	<i>Grundulus spp</i>	Infraorbitais 4 à 6
<i>Xenurobrycon macropus</i>	Infraorbital 6	<i>Hyphessobrycon amandae</i>	Infraorbitais 4 à 6
<i>Xenurobrycon pteropus</i>	Infraorbital 6	<i>Hyphessobrycon myrmex</i>	Infraorbitais 4 à 6
<i>Hyphessobrycon negodagua</i>	Infraorbital 6	<i>Hyphessobrycon piranga</i>	Infraorbitais 4 à 6
<i>Hyphessobrycon parvullus</i>	Infraorbital 6	<i>Oxybrycon parvullus</i>	Infraorbitais 4 à 6
<i>Tytocharax tambopatensis</i>	Infraorbitais 5 e 6	<i>Tucanoichthys tucano</i>	Infraorbitais 4 à 6
<i>Erythrocharax altipinnis</i>	Infraorbitais 5 e 6	<i>Spintherobolus broccae</i>	Infraorbitais 3 à 6
<i>Paracheirodon axelrodi</i>	Infraorbitais 4 à 6	<i>Paracheirodon simulans</i>	Infraorbitais 3 à 6
<i>Paracheirodon innesi</i>	Infraorbitais 4 à 6	<i>Priocharax nanus</i>	Infraorbitais 1 à 6
<i>Amazonspinther dalmata</i>	Infraorbitais 4 à 6		

Cabe aqui mencionar que ausência de supraorbital é característica de uma grande parte de espécies de Characidae, sendo, inclusive, considerada uma sinapomorfia da família por alguns autores (Malabarba e Weitzman, 2003). Considerando que a maior parte dos peixes dessa família não ultrapassam 12 mm de comprimento padrão, é possível que a perda do osso seja resultado da diminuição do tamanho do corpo, e conseqüentemente de truncamento ontogenético, já que o supraorbital é o último osso a se formar na ontogenia de *Salminus brasiliensis* (Mattox *et al.*, 2014), um táxon aparentado à Characidae.

Na evolução da família, múltiplos eventos de miniaturização e truncamento ontogenético são reconhecidos (Marinho, 2017). Por exemplo, de acordo com a hipótese filogenética de Mirande (2019) a perda do supraorbital pode ter ocorrido basalmente em Characidae e uma série de outros eventos podem ter ocorrido paralelamente em diferentes clados (em Stervardiinae culminando em *Xenurobrycon*, em Tetragonopterinae em *Paracheirodon* e outros).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Weitzman e Fink (1983) fizeram um progresso notável em relação à descrição do gênero, *Paracheiroduon* porém o exame mais acurado das estruturas ósseas revelou detalhes importantes sobre miniaturização e truncamento ainda desconhecidos, gerando dados para caracterização mais precisa do gênero. A descrição detalhada de todas as estruturas esqueléticas das espécies de *Paracheiroduon* foi, pela primeira vez, realizada. Tendo como parâmetro a ontogenia de *Salminus brasiliensis* e *Moenkhausia pittieri* para comparar e interpretar os resultados observados, foi constatado que as espécies de *Paracheiroduon* apresentam várias características redutivas, em especial *Paracheiroduon simulans*. Os osso frontal, parietal, espinho do esfénótico, canal infraorbital associado aos infraorbitais são aquelas que, comparativamente, apresentam maior grau de truncamento. Os resultados deste estudo oferecem subsídio ao entendimento da natureza de caracteres para análises filongenéticas na família.

REFERÊNCIAS

- Abrahão, V. P., M. N. L. Pastana, M. M. F. Marinho. 2019. On a remarkable sexual dimorphic trait in the Characiformes related to the olfactory organ and description of a new miniature species of *Tyttobrycon* Géry (Characiformes: Characidae). Plos One 14: e0226130.
- Anjos, H. D. B., R. M. S. Amorim, J. A. Siqueira, C. R. Anjos. 2009. Exportação de peixes ornamentais do estado do Amazonas, Bacia amazônica, Brasil. B. Inst. Pesca, São Paulo, 35(2): 259 – 274.
- Azevedo, M. A. 2010. Reproductive characteristics of characid fish species (Teleostei, Characiformes) and their relationship with body size and phylogeny. Iheringia, Série Zoologia 100: 469–482.
- Britz, R. e K. W. Conway. 2009. Osteology of *Paedocypris*, a miniature and highly developmentally truncated fish (Teleostei: Ostariophysi: Cyprinidae). Journal of Morphology, 270: 389-412.
- Britz, R., K. W. Conway, L. Rüber. 2014. Miniatures, morphology and molecules: *Paedocypris* and its phylogenetic position (Teleostei, Cypriniformes). Zoology of the Linnean Society, 172: 556–615.
- Carvalho, M., F. A. Bockmann e M. R. Carvalho. 2013. Homology of the fifth epibranchial and accessory elements of the ceratobranchials among Gnathostomes: insights from the development of ostariophysans. PLoS One, 8: e62389.
- Castro, R. M. C. e M. M. C. Castro. 1987. Proposta de uma nomenclatura osteológica para Characiformes (Pisces: Ostariophysi). Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi sér. Zool., 3(1).
- Darlim, G., M. M. F. Marinho. 2018. *Moenkhausia lepidura* (Kner, 1858) (Characiformes, Characidae): osteology and relationships. Biota Neotropica, 18(4): e20180546.
- Eschmeyer, W.N. and R. Fricke. (eds.). 2022. Catalog of fishes. Updated internet version of 5 April 2022. Catalog databases of CAS cited in FishBase (website).
- Ferreira, V. A. M., T. T. Estevão-Rodrigues, P. G. Silva, C. E. C. Freitas e K. C. Yamamoto. 2020. Avaliação do comércio de peixes ornamentais no estado do Amazonas – Brasil, Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana. Disponível em: <https://www.eumed.net/rev/oel/2020/03/avaliacao-comercio-peixes.html>
<http://hdl.handle.net/20.500.11763/oel2003avaliacao-comercio-peixes>
- Fink, W. L. 1982. The conceptual relationship between ontogeny and phylogeny. Paleobiology, 8(3): 254–264.

Géry, J. 1960. The generic position of *Hyphessobrycon innesi* and *Cheirodon axelrodi* with a review of the morphological affinities of some Cheirodontinae. Bulletin of aquatic biology, 2(12): 1-20.

Géry, J. 1963. *Hyphessobrycon simulans* a new neon tetra. Tropical Fish Hobbyist, 11(8): 13-16, 70-72.

Hanken, J. e D. B. Wake. 1993. Miniaturization of body size: organismal consequences and evolutionary significance. Annual Review of Ecology and Systematics, 24: 501-519.

Lima, F. C. T., L. R. Malabarba, P. A. Buckup, J. F. Pezzi da Silva, R. P. Vari, A. Harold, R. Benine, O. T. Oyakawa, C. S. Pavanelli, N. A. Menezes, C. A. S. Lucena, M. C. S. L. Malabarba, Z. M. S. Lucena, R. E. Reis, F. Langeani, L. Cassati, V. A. Bertaco, C. Moreira e P. H. F. Lucinda. 2003. Genera incertae sedis in Characidae. Pp. 106-169. In: Reis, R. E., S. O. Kullander e C. J. Ferraris Jr. (Eds.). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre, Edipucrs, 729p.

Malabarba, L.R. e S. H. Weitzman. 2003. Description of a new genus with six new species from southern Brazil, Uruguay and Argentina, with a discussion of a putative characid clade (Teleostei: Characiformes: Characidae). Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS 16: 67–151.

Marinho, M. M. F., D. A. Bastos, N. A. Menezes. 2013. New species of miniature fish from Marajó Island, Pará, Brazil, with comments on its relationships (Characiformes: Characidae). Neotropical Ichthyology 11: 739-746.

Marinho, M. M. F. 2014. Relações filogenéticas e revisão taxonômica das espécies do gênero *Copella* Myers, 1956 (Characiformes: Lebiasinidae). 284 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/122145>>.

Marinho, M. M. F. 2017. Comparative development in *Moenkhausia pittieri* and *Paracheirodon innesi* (Ostariophysi: Characiformes) with comments on heterochrony and miniaturization in the Characidae. Journal of Fish Biology, 91(3): 851-865.

Marinho, M. M. F. 2022. Ontogeny of the skeleton in *Moenkhausia pittieri* (Ostariophysi: Characiformes) with discussion on functional demands and ossification patterns in Characidae. Zoological Journal of the Linnean Society.

Mattox, G. M. T. e Toledo-Piza, M. 2012. Phylogenetic study of the Characinae (Teleostei: Characiformes: Characidae). Zoological Journal of the Linnean Society [online], vol. 165, n. 4, p. 809-915.

Mattox, G. M. T., R. Britz, M. Toledo-Piza e M. M. F. Marinho. 2013. *Cyanogaster noctivaga*, a remarkable new genus and species of miniature fish from the Rio Negro, Amazon basin (Ostariophysi: Characidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 23(4): 289-384.

Mattox, G. M. T., R. Britz, M. Toledo-Piza. 2014. Skeletal development and ossification sequence of the characiform *Salminus brasiliensis* (Teleostei: Ostariophysi: Characidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 25: 103–158.

Mattox, G. M. T., R. Britz, M. Toledo-Piza. 2016. Osteology of *Priocharax* and Remarkable Developmental Truncation in a Miniature Amazonian Fish (Teleostei: Characiformes: Characidae). *Journal of morphology*, 277: 65–85.

Mattox, G. M. T., K. W. Conway. 2021. Osteology of *Tucanoichthys tucano* Géry and Römer, an enigmatic miniature fish from the Amazon basin, Brazil (Teleostei: Characiformes: Characidae) *Vertebrate Zoology* 71, 2021, 645–667 | DOI 10.3897/vz.71.e71886.

Mirande, J. M. 2010. Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. *Neotropical Ichthyology*, 8: 385-568.

Mirande, J. M. 2019. Morphology, molecules and the phylogeny of Characidae (Teleostei, Characiformes). *Cladistics*, 35(3): 282-300.

Myers, G. S. 1936. A new Characidae fish of the genus *Hyphessobrycon* from the peruvian amazon. *Proceeding of the biological Society of Washington*, 49: 97-98.

Netto-Ferreira A. L., J. L. O. Birindelli, L. M. Sousa, T. C. Mariguela e C. Oliveira. 2013. A new miniature characid (Ostariophysi: Characiformes: Characidae), with phylogenetic position inferred from morphological and molecular data. *PLoS ONE* 8: 1–7.

Oliveira, C., G. S. Avelino, K. T. Abe, T. C. Mariguela, R. C. Benine, G. Ortí, R. P. Vari, R. e M. C. Castro, 2011. Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive ingroup sampling. *BMC Evolutionary Biology*, 11(275): 1-25.

Pastana, M. N. L., F. A. Bockmann e A. Datovo. 2019. The cephalic lateral-line system of Characiformes (Teleostei: Ostariophysi): anatomy and phylogenetic implications. *Zoological Journal of the Linnean Society* 189: 1–46.

Schultz, L. P. 1956. The amazing new fish called the Scarlet characin. *Tropical Fish Hobbyist*, 4: 43-49.

Taylor, W. R. e G. C. Van Dyke. 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybiurn*, 9(2): 107-119.

Toledo-Piza, M., G. M. T. Mattox, Britz, R. 2014. *Priocharax nanus*, a new miniature characid from the rio Negro, Amazon basin (Ostariophysi: Characiformes), with an updated list of miniature Neotropical freshwater fishes. *Neotropical Ichthyology*, 12(2): 229-246.

Vari, R. P. 1996. Alcian Blue - Alizarin Red S Staining technique for cartilage and bone.

Weitzman, S. H. 1962. The osteology of *Brycon meeki*, a generalized characid fish, with an osteological definition of the family. *Stanford Ichthyological Bulletin*, 8(1): 3-77.

Weitzman, S. H. 1964. Osteology and relationships of South American characid fishes of subfamilies Lebiasininae and Erythrininae with special reference to subtribe Nannostomina. *Proceedings of the United States National Museum, Smithsonian Institution*, 116(3499): 127-169.

Weitzman, S. H. 1974. Osteology and evolutionary relationships of the Sternoptychidae, with a new classification of stomiatooid families. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 153: 327-478.

Weitzman, S. H. e W. L. Fink. 1983. Relationships of the neon tetras, a group of South American freshwater fishes (Teleostei, Characidae), with comments on the phylogeny of New World Characiformes. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 150: 339-395.

Weitzman, S. H. e S. V. Fink. 1985. Xenurobryconin Phylogeny and Putative Pheromone Pumps in Glandulocaudine Fishes (Teleostei: Characidae). *Smithsonian Contributions to zoology*, 421.

Weitzman, S. H. e R. P. Vari. 1988. Miniaturization in south american freshwater fishes; An overview and discussion. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 101: 444-465.

Weitzman, S. H. e L. R., Malabarba. 1999. Systematics of *Spintherobolus* (Teleostei: 2015 Characidae: Cheirodontinae) from Eastern Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 10: 1-43.