



Universidade de Brasília

Instituto de Geociências

Programa de Pós-graduação em Geologia

**DESCRIÇÃO E TAFONOMIA DA
PALEOICTIOFAUNA DAS FORMAÇÕES
ARAÇATUBA E ADAMANTINA (CRETÁCEO
SUPERIOR), GRUPO BAURU DA REGIÃO DE
PRESIDENTE PRUDENTE, ESTADO DE SÃO
PAULO**

Description and taphonomy of the paleoichthyofauna
from the Araçatuba and Adamantina formations (Upper
Cretaceous), Bauru Group of Presidente Prudente, São
Paulo State

PATRÍCIA FABIANA RODRIGUES COSTA

Dissertação de Mestrado N° 517

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci

Brasília, dezembro de 2023



Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Programa de Pós-graduação em Geologia

DESCRIÇÃO E TAFONOMIA DA PALEOICTIOFAUNA DAS FORMAÇÕES ARAÇATUBA E ADAMANTINA (CRETÁCEO SUPERIOR), GRUPO BAURU DA REGIÃO DE PRESIDENTE PRUDENTE, ESTADO DE SÃO PAULO

Description and taphonomy of the paleoichthyofauna from the Araçatuba and Adamantina formations (Upper Cretaceous), Bauru Group of Presidente Prudente, São Paulo State

PATRÍCIA FABIANA RODRIGUES COSTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia – Instituto de Geociências – IG da Universidade de Brasília – UnB como requisito parcial obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Geologia.

Área de concentração: Bioestratigrafia e Paleoecologia

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Lourenço Pinto (IG/UnB)

Prof. Dr. Eliseu Vieira Dias (Unioeste)

Prof. Dra. Veronica de Barros Slobodian Motta (Suplente IB/UnB)

Rodrigues Costa, Patrícia Fabiana
RC838d Descrição e Tafonomia da Paleoictiofauna das Formações Araçatuba e
Adamantina (Cretáceo Superior), Grupo Bauru da Região de Presidente Prudente, Estado de São
Paulo / Patrícia Fabiana Rodrigues Costa; orientador Rodrigo Miloni Santucci. -- Brasília, 2023.
115 p.

Dissertação(Mestrado em Geologia) -- Universidade de Brasília,
2023.

1. Actinopterygii. 2. Grupo Bauru. 3. Cretáceo. 4. Lepisosteidae.
5. Teleostei. I. Miloni Santucci, Rodrigo, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo à minha avó, Maria de Fátima Silva Costa, por ter acreditado em mim, me incentivado e apoiado meu sonho de seguir na vida acadêmica. Você foi um exemplo de mulher, mãe, avó, professora, diretora e secretária da educação em vida. Assim como meu tio Sérgio Luís da Silva Costa, professor de Ciências, aventureiro e sonhador, obrigada por ser um exemplo em vida. Este trabalho é dedicado a vocês e a realização dele só foi possível com a ajuda e apoio de várias pessoas e amigos, sendo assim:

Agradeço à minha mãe, Graziela Rodrigues da Silva, por acreditar em mim. A sua compreensão e apoio durante esses dois anos foi essencial. Às minhas irmãs Gabriela Fernanda Rodrigues Costa e Carolina Flávia Rodrigues Costa, vocês são meu maior incentivo. À minha avó Maria Aparecida Rodrigues da Silva, por me apoiar e cuidar sempre de mim. À minha tia Priscila Rodrigues, por sempre cuidar de mim como filha e me apoiar quando precisei. Ao meu padrasto Almir Rogério, por me ajudar e apoiar minhas escolhas. Ao meu pai Flávio Luís da Silva Costa por apoiar minhas escolhas.

Agradeço de todo meu coração a minha melhor amiga e colega de laboratório Dra. Joyce Celerino de Carvalho. Obrigada por me ensinar tanto sobre os peixes e ter sido paciente desde o início. Obrigada por ter estado ao meu lado nos momentos difíceis e ter feito dessa jornada um caminho repleto de apoio e compreensão, você faz parte da minha família.

Agradeço também meus amigos Ariel, Matheus e Talita, o apoio de vocês quando eu mais precisei foi fundamental para eu chegar aqui. À minha amiga Ravena, obrigada por ter feito meus domingos no eixão, cinema, rapel e aulas de coreano mais felizes. Ao meu amigo e colega de laboratório Alex Gabriel Cajado, obrigada pelas conversas no laboratório e incentivos nos momentos de desespero, quando pensei que não daria tempo de concluir o trabalho no prazo e por ter me ajudado a executar as lâminas das escamas. Aos meus vizinhos, Rosi Formiga e Victor Formiga, pelas conversas, descontração e momentos de alegria junto a Aslog e Tininha.

Agradeço também meu colega de laboratório Daniel Martins por sempre animar nossos campos e tornar os dias no laboratório mais alegres e leves. Às minhas colegas Flávia e Pâmela, do Laboratório de Micropaleontologia – UnB, por terem ajudado e cedido espaço no laboratório de vocês e no Museu do IG. À Pâmela, por ter parado sua tese para me ajudar a fazer as imagens de MEV, lâminas de palinomorfs e me ensinado a usar o microscópio petrográfico.

Às minhas amigadas da pós da Zoologia, Paula, Rayssa, Adriane e Hirata. Vocês foram ótimas companhias nas disciplinas e saídas de campo, tornando tudo mais divertido e significativo.

Gostaria de agradecer de coração à professora Dra. Dulce Rocha por ter me apoiado desde a graduação e pelas conversas e discussões que tivemos, você é um exemplo para mim.

Ao meu orientador Dr. Rodrigo Miloni Santucci, obrigada por me fazer me apaixonar pela geologia quando cursei Geologia Geral e em seguida pela paleontologia. Seu apoio e paciência para me ensinar a preparar fósseis do início, me orientar em iniciação científica, TCC e agora na dissertação, foram cinco anos de muito aprendizado que levarei para vida toda. Obrigada pelas caronas, campos, visitas às coleções e momentos de descontração.

Agradeço ao Laboratório de Paleontologia de Dinossauros e Afins (LaPaDA), minha casa desde 2019. Os aprendizados e momentos felizes que tive valeram todos os 160 km rodados e mais de duas horas e meia de ônibus gastas para chegar à FUP-UnB Planaltina, todos os dias durante a graduação.

Ao Museu de Paleontologia de Marília (SP), agradeço ao William Nava, Geovana Rocha Paixão e Rebeca Valillo pela visita à coleção, saídas de campo e ajuda nas coletas dos materiais descritos nesse trabalho nos afloramentos Tartaruguito e General Goulart nos arredores de Presidente Prudente, sem vocês a realização desse trabalho não teria acontecido. Ao Museu dos Dinossauros em Peirópolis (MG), agradeço ao Dr. Luiz Carlos Borges Ribeiro e Dr. Thiago Marinho pela visita à coleção e hospitalidade. Ao antigo Instituto Geológico e atual Instituto de Pesquisas Ambientais de São Paulo (IPA) pela visita ao acervo paleontológico, agradeço à Sibele Esaki e ao Francisco Negri por toda hospitalidade durante a visita às coleções. Agradeço ao Laboratório de Micropaleontologia – UnB pelas análises de MEV, lâminas delgadas e uso dos equipamentos.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa de estudos, sem ela esse trabalho não poderia ter sido desenvolvido. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

APRESENTAÇÃO

O formato desta dissertação segue o Regulamento do Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade de Brasília, conforme o Art. 35º do regimento, sendo apresentado na forma de artigo científico. O trabalho apresenta novas ocorrências de peixes fósseis em rochas da Formação Araçatuba e Formação Adamantina, Grupo Bauru, sendo que a importância e relevância paleontológica também são discutidas. O texto é apresentado em duas partes, onde o Capítulo 1, mais introdutório, aborda os aspectos gerais dos grupos de peixes estudados, assim como o contexto geológico no qual estão inseridos, sendo eles: Lepisosteidae; Amiidae; Siluriformes; Osteoglossiformes; Characiformes; Perciformes.

O Capítulo 2 (em forma de manuscrito) se dedica à descrição e discussão de ocorrências inéditas de restos de peixes Actinopterygídeos. Possui resumo, introdução, justificativa, objetivo, materiais e métodos, resultados, discussão, conclusões e referências bibliográficas. O texto é redigido na língua portuguesa, seguindo os padrões dos periódicos internacionais que publicam trabalhos nessa área. Também são discutidas as relações tafonômicas desses fósseis com o ambiente de deposição.

RESUMO

Os peixes Lepisosteidae correspondem aos registros fósseis de peixes mais abundantes da Bacia Bauru, compreendendo desde escamas ganoides isoladas a restos cranianos variados. Sua distribuição, durante o Cretáceo, prevalecia em depósitos globais de água doce e águas salobras com locais indicando relação de mais de uma espécie de Lepisosteidae na mesma unidade, como demonstrado nesse trabalho para as formações Araçatuba e Adamantina. Outros clados de peixes actinoptérígios também coabitavam esses ambientes, como os Characiformes, Siluriformes, Osteoglossiformes e Perciformes, indicando uma diversidade ainda maior para essa bacia. Nesse trabalho, são descritos, com base em microtomografia computadorizada, análise morfométrica da micro-ornamentação na superfície das escamas ganoides, restos ósseos inéditos associados à Lepisosteidae e, especificamente, à *Atractosteus*, sendo provavelmente o primeiro juvenil de *Atractosteus* descrito para essa unidade. Essas ocorrências de Lepisosteidae de mais de dois gêneros para a mesma localidade, apontam relação de sympatria entre o grupo, junto a ocorrência de Siluriformes e escamas cicloides de Characiformes contribuem para um melhor entendimento da diversidade e distribuição geográfica desses grupos durante o Cretáceo.

Palavras-chave: Grupo Bauru; Lepisosteidae; Characiformes; Siluriformes; Teleostei

ABSTRACT

The Lepisosteidae fishes correspond to the most abundant fossil records of fishes in the Bauru Basin, ranging from isolated ganoid scales to various cranial remains. Their distribution during the Cretaceous prevailed in global deposits of freshwater and brackish waters, with sites indicating the coexistence of more than one species of Lepisosteidae in the same unit, as demonstrated in this study for the Araçatuba and Adamantina formations. Other clades of actinopterygian fishes also inhabited these environments, such as Characiformes, Siluriformes, Osteoglossiformes, and Perciformes, indicating even greater diversity in this basin. In this study, based on computerized microtomography and morphometric analysis of the micro-ornamentation on the surface of ganoid scales, previously unrecorded bone remains associated with Lepisosteidae and specifically *Atractosteus* are described, likely representing the first juvenile *Atractosteus* described for this unit. These occurrences of Lepisosteidae from more than two genera in the same locality suggest a sympatric relationship within the group, and the presence of Siluriformes and cycloid scales of Characiformes contribute to a better understanding of the diversity and geographic distribution of these groups during the Cretaceous.

Keywords: Bauru Group; Lepisosteidae; Characiformes; Siluriformes; Teleostei

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

- Figura 1** Filogenia de Actinopterygii, mostrando a relação entre Holostei (Lepisosteiformes, Amiiformes) e Teleostei e a evolução na estrutura das escamas desses organismos, (+) ganho e (-) perda de ganoína em escamas (s) e dentes (t) e acrodina (Kawasaki *et al.*, 2022).
- Figura 2** Filogenia de Lepisosteiformes (fonte: Brownstein & Lyson, 2022).
- Figura 3** Relações filogenéticas de Amiidae, evidenciando as espécies que ocorrem no Brasil. **Abreviações:** **Am**, Amiidae; **An**, Amiinae; **C**, Caturoidea; **Holo.**, Holoceno; **I**, Ionoscopiformes; **Mio.**, Mioceno; **Oligo.**, Oligoceno; **Paleo.**, Paleoceno; **Pleisto.**, Pleistoceno; **Plio.**, Plioceno; **Quarter.**, Quaternário; **S**, Sinamiidae; **V**, Vidalamiinae. Adaptado de Sullivan *et al.* (2023).
- Figura 4** Filogenia de Siluriformes, mostrando a diversidade de famílias (adaptado de Near & Thacker, 2023).
- Figura 5** Diversidade e relações filogenéticas de Osteoglossiformes (Adaptado de Near & Thacker, 2023).
- Figura 6** Filogenia de Characiformes (adaptada de Near & Thacker, 2023).
- Figura 7** Filogenia de Perciformes. (Near & Thacker, 2023)
- Figura 8** Ocorrências paralelas de escamas elasmoides, ganoides e cosmoides para os principais grupos de peixes (Schultze, 2015).
- Figura 9** Escama ganoide. A) modificado de Grande (2010); B) seção histológica de escama de Lepisosteidae (modificado de Carvalho & Santucci, 2023). Escala: b) 100 µm.
- Figura 10** Escama ctenoide (*Cicla sp.*) e cicloide (*Serrassalmus sp.*). Adaptado de Mendes (2019).
- Figura 11** Morfologia da margem anterior das escamas elasmoides. A: lisa (*Sardina pilchardus*); B: estriada (*Dicentrarchus labrax*); C: levemente ondulada (*Sparus aurata*); D: ondulada (*Diplodus vulgaris*); E: dentada (*Mullus surmuletus*); F: pregueada (*Eutrigla gurnardus*). Scale bar = 500 µm (Bräger & Moritz, 2016; Mendes, 2019)
- Figura 12** Formato das escamas (Bräger & Moritz, 2016).
- Figura 13** Escama de Amiidae. **a)** Escama de *Amia calva* (MZUSP-107946). **b)** Lâmina histológica de †*Amia robusta* (modificada de Meunier & Poplin, 1995). **Abreviações:** **fo**: foco; **anu**: annuli ou linhas de crescimento; **ri**: ridge ou cristas.
- Figura 14** Mapa geológico do Grupo Bauru, depositado sobre unidades pré-Cretáceo Superior (pré-K units), e a distribuição dos depósitos da Formação Araçatuba e Formação Adamantina, em Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Compilado de Fernandes & Coimbra (1996,2000) e modificado de Fernandes & Ribeiro (2015).

Capítulo 2

- Figura 1** Mapa geológico da Bacia Bauru, depositada sobre a Formação Serra Geral, e a relação estratigráfica de suas principais unidades, com indicação dos pontos de coleta na Formação Araçatuba e Formação Adamantina, nos arredores de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Compilado de Fernandes & Coimbra (1996,2000) e modificado de Fernandes & Ribeiro (2015).
- Figura 2** Perfil estratigráfico do afloramento próximo a Coronel Goulart. a) aspecto geral do topo; b) amostra contendo restos fósseis com alto grau de empacotamento; c) aspecto geral dos dez primeiros metros da camada de arenito fino; d) gretas de ressecamento. Para localização exata vide Nava et al. (2021).
- Figura 3** Perfil estratigráfico do afloramento Tartaruguito, Formação Adamantina, Pirapozinho (região de Presidente Prudente), Estado de São Paulo. Nível A: escamas elasmoides. Nível D: vários restos fósseis empacotados. Para localização exata vide Rosa (2013).
- Figura 4** Parasfenoide e basioccipital (FUP-Pv 000078). Vista ventral. Abreviações: an: entalhe aórtico; bpt: basipterigoide; fsav: forame da artéria occipital. bo: basioccipital; pas: parasfenoide; Escala: 5 mm.
- Figura 5** Ilustração Parasfenoide FUP-Pv 000079. Vista ventral, parte e contraparte. Abreviações: an: entalhe aórtico; bpt: basipterigoide; pas: parasfenoide. Escala: 1 cm.
- Figura 6** Lacrimomaxilar (FUP-Pv 000080). A), B) e I) vista lateral; C) vista dorsal; D) e F) corte sagital; G) corte transversal; H) vista medial. Abreviações: iocn: canal infraorbital; ts: tooth socket; ps: plicidentina; Escala: A, D, F = 2 mm; B, E, H = 1 mm.
- Figura 7** Dermopalatino FUP-Pv 000089. A) vista interna (ventral). B) Vista interna com destaque ao dermopalatino. C) Dente apresentando plicidentina e capa translúcida de acrodina. Abreviações: ps: plicidentina; dpl: dermopalatino. Interrogação (?) representa elementos ainda não identificados. Escala: 1 mm.
- Figura 8** Escama FUP-Pv 000082. (A) Seção da escama evidenciando a placa basal (bp) e camada de ganoína (ga). (A1) aproximação da área selecionada evidenciando a placa basal (bp) e cavidade dos osteócitos (o) e os canálculos de Williamson (cw). Escala: A: 200 µm; A1: 60 µm.
- Figura 9** Escamas ganóides e detalhes da ornamentação da camada de ganoína observadas no MEV. A (FUP-Pv 000082), B (FUP-Pv 000083), C (FUP-Pv 000084), D (FUP-Pv 000085), E (FUP-Pv 000086), escala: A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2, D3, E1 e E2: 1 mm; A3, B3, C3, C4 e E3 = 100 µm. A4, B4, = 20 µm; D4 e E4: 50 µm.
- Figura 10** Escama FUP-Pv 000084 (Fig. 9C). (A) Seção da escama evidenciando a placa basal (bp). (A1) Aproximação da área selecionada mostrando a placa basal (bp) e cavidades dos osteócitos (o) e os canálculos de Williamson (cw). Escala: A) 200 µm; B) 100 µm
- Figura 11** Escama FUP-Pv 000085 (Fig. 9D1). (A) Corte transversal da escama evidenciando a placa basal (bp) e a camada de ganoína (ga). (A1) Aproximação da área selecionada mostrando as camadas de ganoína e margem dentada. (A2) Aproximação da área selecionada destacando os canálculos de Williamson (cw). Escala: A: 200 µm; A1: 50 µm; A2: 10µm.
- Figura 12** Escama FUP-Pv 000086. (A) Seção da escama evidenciando a placa basal (bp). (A1) Aproximação da área selecionada mostrando a placa basal (bp) e cavidades dos osteócitos (o). (A2) Aproximação da área selecionada com os canálculos de Williamson (cw). Escala: A: 400 µm; A1: 60 µm; A2: 80 µm.
- Figura 13** Escama ganoide FUP-000081. A) escama ganoide em cima de outra. B) protuberâncias circulares na superfície indicadas pelas setas. Escala: 1 mm.
- Figura 14** Escamas elasmoides. Escala: A (FUP-Pv 000087), B (FUP-Pv 000088) = 1 mm.
- Figura 15** Fragmento de espinho peitoral FUP-Pv 000090. Abreviações: pg: sulco posterior (posterior groove). pd: processo dorsal. Escala: 1 mm.
- Figura 16** FUP-Pv 000091, dentário esquerdo. A1-2) vista lateral; B1-2) dorsal; C1-2) medial; D1-2) ponta do dente; E1-2) plicidentina. Tomografia – segmentação 3D. F1) vista dorsal; G1) medial. Cortes

tomográficos. F2) vista dorsal (observar o canal mandibular e a conexão entre os forâmens); G2) medial; H1) dorsal, plicidentina; I) medial; J) vista medial evidenciando o canal mandibular e a plicidentina no dente. Abreviações: ps, estrutura de plicidentina. mg, canal de Meckel; mc, canal mandibular; mcp, poro do canal mandibular; df, forame do dentário. Escala: A-C = 5 mm D = 1 mm, E = 0,5 mm; F2-G2 = 1cm; H1= 1mm; I-J = 1mm.

- Figura 17** Dentário (FUP-Pv 000091). Canal mandibular da linha lateral – segmentação 3D a partir da microtomografia. Vista dorsal do canal mandibular e conexões com os forâmens. Abreviação: mcp, poro ou forame do canal mandibular. 1-13: quantidade de forâmens. Escala: 5 mm.
- Figura 18** Escamas do afloramento Tartaruguito e carófitas: A (FUP-Pv 000092), B (FUP-Pv 000093), C (FUP-Pv 000094), D (FUP-Pv 000095), E (FUP-Pv 000096), F (FUP-Pv 000097), G (FUP-Pv 000098), H (FUP-Pv 000099), I (FUP-Pv 000101), J (FUP-Pb 001120), K (FUP-Pb 001121), L (FUP-Pb 001122). Escala: A1, A2, B2, C, D, E, F, G, H, I = 1 mm; B1: 50 mm. A3, B3 = 100 um; A4, B4 = 50 um; J1, J2, J3 = 200 um.
- Figura 19** Escamas cicloides: A (FUP-Pv 000102), B (FUP-Pv 000103), C (FUP-Pv 000105), D (FUP-Pv 000106), E (FUP-Pv 000107), F (FUP-Pv 000111). Abreviações: fo: foco. Escala: 1 mm.
- Figura 20** Fragmento de espinho peitoral de Siluriformes (FUP-Pv 000112). Abreviações:) pd: projeção dorsal e pg: sulco posterior (posterior groove). Escala: 1 mm.
- Figura 21** Medições do diâmetro dos tubérculos de ganoína e das distâncias intertuberculares nas escamas de peixes lepisosteídeos vivos e extintos, incluindo as escamas do Afloramento Tartaruguito e Coronel Goulart. Abreviações: Cretáceo; T, Paleógeno/Neógeno; Q, Quaternário; R, Recente (adaptado de Gayet et al., 2002).
- Figura 22** Mapa de distribuição geográfica de Lepisosteiformes durante o Cretáceo Inferior e Superior. Reconstruções paleogeográficas de Scotese (2014).

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Atribuições tafonômicas para os afloramentos estudados.
- Tabela 2** Medições dos parâmetros da micro-ornamentação das escamas ganoides do Afloramento Araçatuba (Fig. 9).
- Tabela 3** Medições dos parâmetros da micro-ornamentação das escamas ganoides do Afloramento Tartaruguito (Fig. 18).
- Tabela 4** Dimensões dos girogonites analisados (Fig. 18). ISI: índice de isopolaridade (LPA/LEDx100)
- Tabela 5** Distribuição geográfica de Lepisosteiformes.

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO	11
1. Introdução	12
1.1 Actinopterígios do Grupo Bauru	12
1.2 Escamas e sua diversidade morfológica	22
1.3 Geologia Regional – Bacia Bauru	28
2. Referências Bibliográficas	32
2. CAPÍTULO	41
NOVAS OCORRÊNCIAS DE RESTOS DE PEIXES (ACTINOPTERYGII) DO GRUPO BAURU, CRETÁCEO SUPERIOR, DA REGIÃO DE PRESIDENTE PRUDENTE, ESTADO DE SÃO PAULO	42
1. Introdução	42
2. Materiais e Métodos	46
3. Resultados	49
3.1 Descrição do Afloramento Coronel Goulart - Formação Araçatuba	49
3.2 Descrição do afloramento Tartaruguito - Formação Adamantina	51
3.3 Aspectos tafonômicos	54
3.4 Sistemática Paleontológica	55
4. Discussão	80
5. Conclusões	101
6. Referências	102

1. CAPÍTULO INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O registro fóssil da Bacia Bauru (*sensu* Fernandes & Coimbra, 1996), Cretáceo Superior, vem sendo relatado desde o início do século XX, com seus primeiros registros relacionados a restos de dinossauros e crocodilomorfos, além de invertebrados, mencionados por Ihering (1911) na região de São José do Rio Preto. Desde então, o registro dessa unidade é conhecido pela ocorrência de uma grande diversidade de fósseis, incluindo carófitas (e.g. Petri, 1955), ostracodes (e.g. Gobbo *et al.*, 1999; Dias-Brito *et al.*, 2001), bivalves (e.g. Simoni & Mezallira, 1997), peixes (e.g. Bertini *et al.*, 1993; Alves *et al.*, 2016, 2019; Brito *et al.*, 2017; Cidade *et al.*, 2022), anuros (e.g. Carvalho *et al.*, 2003; Candeiro *et al.*, 2009), quelônios (e.g. Bertini *et al.*, 1993, 2006; Azevedo *et al.*, 2000), crocodilomorfos (e.g. Carvalho *et al.*, 2005; Cunha *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2022), dinossauros saurópodes e terópodes (e.g. Bertini *et al.*, 2001; Candeiro *et al.*, 2004; Santucci & Bertini, 2001), aves (e.g. Alvarenga & Nava, 2005; Candeiro *et al.*, 2012), coprólitos (e.g. Oliveira & Santucci, 2017), mamíferos (e.g. Bertini *et al.*, 1993; Castro *et al.*, 2018), palinomorfos (e.g. Oliveira & Santucci, 2020; Arai & Fernandes, 2023) e icnofósseis (e.g. Mineiro *et al.*, 2017; Mineiro & Santucci, 2018).

Os peixes também representam grande parte do registro de vertebrados fósseis do Grupo Bauru. Entretanto, desses registros seus materiais são menos conhecidos devido ao estado fragmentado de preservação. Nos tópicos a seguir, será apresentado uma revisão das ocorrências de cada grupo de peixes encontrado em depósitos do Grupo Bauru, assim como os tipos de escamas encontradas nesses grupos.

1.1 Actinopterígios do Grupo Bauru

Os peixes ósseos (Osteichthyes) apresentam, como clado de vertebrados mais diverso, os peixes Actinopterygii (peixes com nadadeiras raiadas), com cerca de 30.000 espécies viventes conhecidas (Friedman, 2015). Habitam os mais diversos ambientes, desde o fundo marinho abissal e regiões entre marés a rios montanhosos (Nelson, 2006). Dentre as sinapomorfias que definem o grupo estão: raios (lepidotríquios) nas nadadeiras; várias camadas de esmalte (ganoína) sobrepostas nas escamas; dentes com capa de acrodina (Friedman, 2015). Nele encontram-se dois grupos, os paleopterígios incluindo peixes Palaeoniscoides, Polypteriformes e Acipenseriformes, estes sendo mais basais e os

Neopterígijs, incluindo Lepisosteiformes, Amiiformes e Teleostei (Fig. 1) (Bone, 2008; Friedman, 2015).

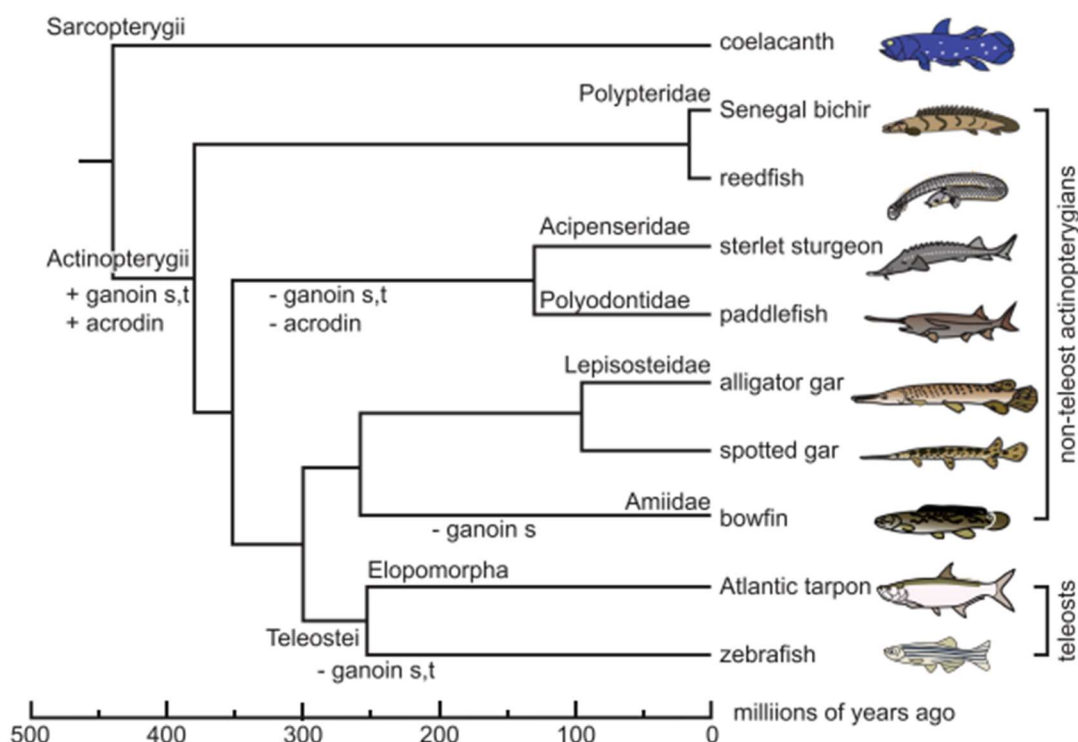


Figura 1. Filogenia de Actinopterygii, mostrando a relação entre Holostei (Lepisosteiformes, Amiiformes) e Teleostei e a evolução na estrutura das escamas desses organismos, (+) ganho e (-) perda de ganoína em escamas (s) e dentes (t) e acrodina (Kawasaki *et al.*, 2022).

Os restos de peixes actinopterígijs fósseis do Cretáceo brasileiro são bastante comuns, principalmente na região Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, apesar de serem poucos estudados. Os materiais mais completos em termos de preservação estão concentrados no Nordeste devido principalmente às condições especiais proporcionadas pelas rochas carbonáticas da Bacia do Araripe (Maisey, 1991). Grande parte dessas bacias formaram-se nos eventos tectônicos que separaram o supercontinente Gondwana, dando origem a grupos que se dispersaram independentemente, mas também por eventos evolutivos guiados por vicariância (Lindoso *et al.*, 2016, 2021).

Abaixo são apresentados os principais grupos:

1.1.1 Lepisosteiformes

Os Lepisosteiformes (*gars*) englobam as famílias Lepisosteidae, com seis gêneros descritos *Lepisosteus*, *Atractosteus*, †*Cuneatus*, †*Masillosteus*, †*Nhanulepisosteus* e †*Grandemarinus* (contendo representantes atuais apenas nos dois primeiros gêneros citados) e Obaichthyidae com dois gêneros, †*Obaichthys* e †*Dentilolepisosteus* (Fig. 2). Eles são

conhecidos, dentre outras características, pela morfologia da dentição apresentando dobramentos da camada de dentina formando várias estrias e sulcos externos apicobasais, chamada plicidentina. Também apresentam escamas ganoides (ver tópico 2. Escamas e sua diversidade morfológica).

No cenário global, o registro mais antigo data do Jurássico Superior com †*Nhanulepisosteus mexicanus* que ocorre em depósitos marinhos da Bacia Tlaxiaco, no México (Brito *et al.*, 2017). O Cretáceo global possui registros marinhos (Cooper *et al.*, 2023) e de água doce da América do Norte, América do Sul, África e Índia (Grande, 2010), indicando uma dispersão mais ampla com diferentes ambientes de adaptação para o grupo.

No Brasil, o registro de peixes Lepisosteiformes ocorre em rochas do Cretáceo Inferior, com exemplares completos de †*Obaichthys decoratus* e †*Dentilepisosteus laevis* (Wenz & Brito, 1992; Brito *et al.*, 2016), da Formação Santana, Bacia do Araripe e Formação Codó, Bacia Parnaíba. Também há registros expressivos na Bacia Sanfranciscana, baseados em escamas isoladas (Bittencourt *et al.*, 2017), escamas articuladas e vértebras (Carvalho & Santucci, 2021), atribuídas à Lepisosteidae.

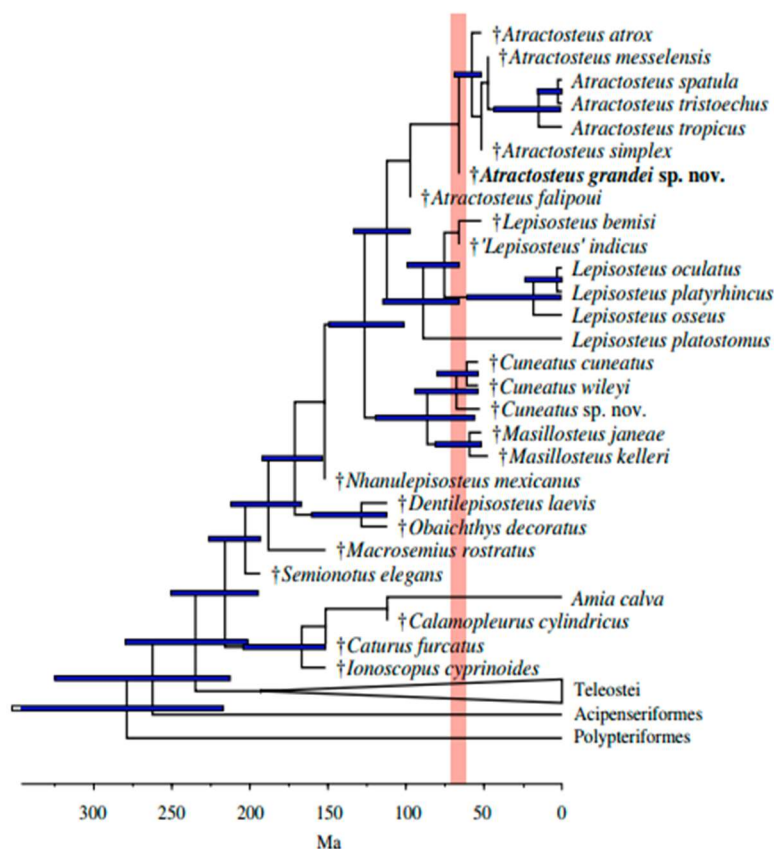


Figura 2: Filogenia de Lepisosteiformes (fonte: Brownstein & Lyson, 2022).

Na Formação Adamantina (Grupo Bauru, Cretáceo Superior), os registros incluem escamas ganoides e dentes estriados, ambos isolados, associados a Lepisosteidae (Alves *et al.*, 2016, 2021; Freitas *et al.*, 2023). Santos (1984) descreveu a espécie †*Lepisosteus cominatoi* com base em um esqueleto pós-craniano composto por escamas articuladas e nadadeira pélvica. Porém, Grande (2010) considerou a espécie brasileira como *nomem dubium*, por não possuir características novas suficientes para atribuí-la a um táxon novo. Bertini *et al.*, (1993) também reportaram materiais associados a Lepisosteidae, baseados em escamas ganoides isoladas, dentes isolados, vértebras, fragmentos do crânio e nadadeira.

1.1.2 Amiiformes

Os Amiiformes (*bowfin*s) possuem quatro famílias: Amiidae; †Sinamiidae; †Caturidea; †Liodesmidae, sendo Amiidae ainda dividida em quatro subfamílias (Fig. 3), sendo elas: Amiinae; †Vidalamiinae; †Solnhofenamiinae; e †Amiopsinae (Grande & Bemis, 1998).

Amiidae ocorre desde o Neojurássico e representa a única família vivente dentro de Halecomorphi, considerada grupo-irmão dos Teleósteos (Grande & Bemis, 1998). Acreditava-se que a família era representada atualmente por apenas uma única espécie, *Amia calva*, restrita a lagos e rios da América do Norte e Central, porém alguns trabalhos recentes com análise molecular e morfológica indicam a possibilidade de haver pelo menos duas linhagens diferentes para Amiidae, com uma segunda espécie proposta, chamada *Amia ocellicauda* (Brownstein *et al.*, 2022; Wright *et al.*, 2022).

Esse grupo é caracterizado por possuir escamas do tipo amioide, diferentes das escamas ganoides dos Lepisosteiformes e cicloides dos teleósteos (ver tópico 2. Escamas e sua diversidade morfológica). O parasfenoide é o osso mais proeminente da caixa craniana ventral e possui um ramo ascendente suturado ao esfenótico (Grande & Bemis, 1998).

A distribuição desse grupo é bastante ampla, com registros por todo mundo, exceto na Antártica e Austrália (Grande & Bemis, 1998). Durante o Cretáceo, houve eventos de especiação dentro de Amiidae, mais especificamente entre Vidalamiinae, resultando na ocupação de diferentes habitats e adaptações evolutivas distintas, com registros do grupo na América do Norte, Brasil, África, China e Europa (Chalifa & Tchernov, 1982; Wenz, 1995; Veiga *et al.*, 2019; Nava *et al.*, 2021; Cidade *et al.*, 2022).

No Brasil, o registro fóssil (Cretáceo Superior) de peixes Amiidae é significativo, porém o material é composto essencialmente de restos e fragmentos como dentes, escamas,

vértebras e partes do crânio, o que limita a classificação taxonômica dos espécimes encontrados. Os registros mais completos se encontram no Nordeste (em rochas do Cretáceo Inferior), no qual temos dois gêneros descritos, sendo eles, †*Calamopleurus* (†*Calamopleurus cylindricus* e †*Calamopleurus mawsoni*) e †*Cratoamia* (†*Cratoamia gondwanica*), ambos gêneros pertencentes à subfamília †Vidalamiinae, conhecida por possuir dentes do tipo “arrow-like”, pontudos, lisos e com uma camada translúcida de acrodina. Os demais registros de Amiidae para bacias sedimentares do Cretáceo brasileiro estão classificados na literatura como Amiidae indeterminado ou †Vidalamiinae indeterminado, devido à má preservação dos fósseis e escassez de espécimes mais completos (Grande & Bemis, 1998; Martill & Brito, 2000; Brito *et al.*, 2008; Martinelli *et al.*, 2013; Lindoso *et al.*, 2016).

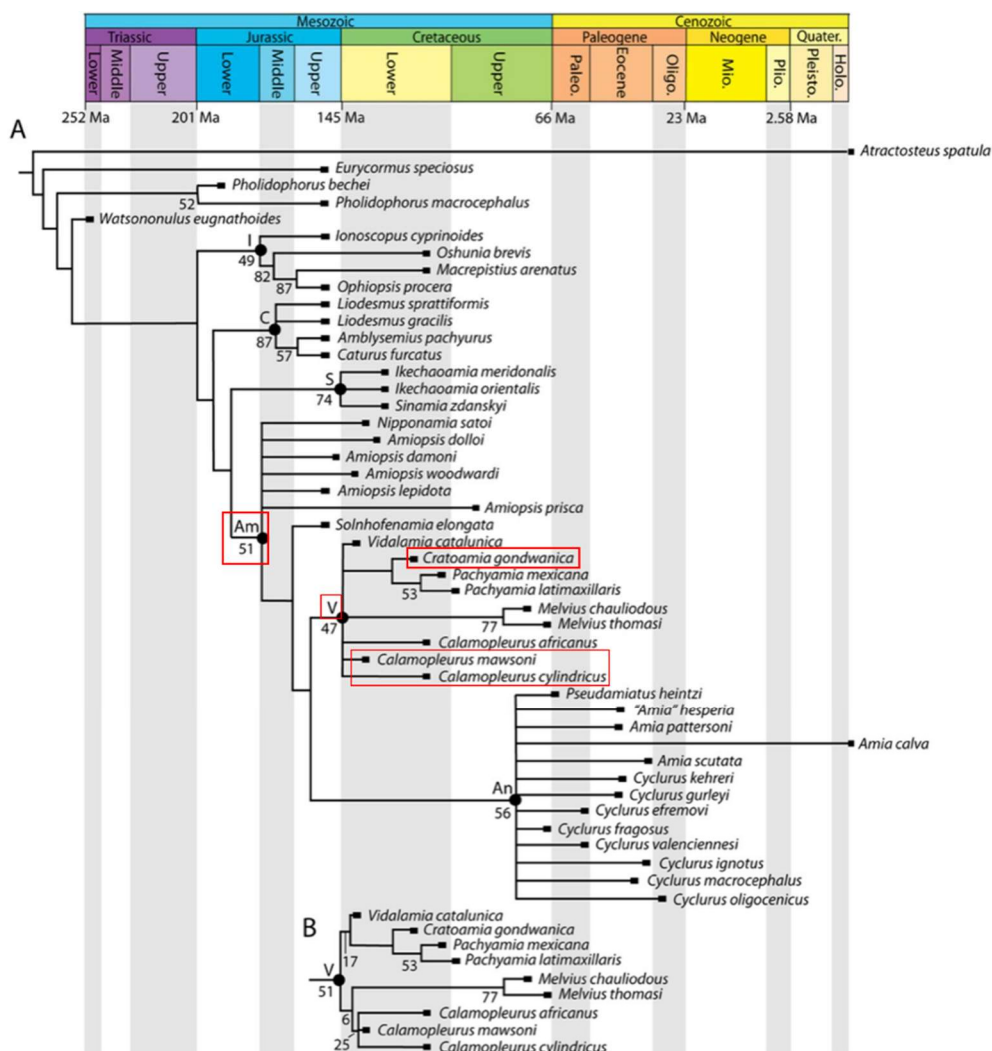


Figura 3: Relações filogenéticas de Amiidae, evidenciando as espécies que ocorrem no Brasil. **Abreviações:** Am, Amiidae; An, Amiinae; C, Caturioidea; **Holo.**, Holoceno; I, Ionoscopiformes; **Mio.**, Mioceno; **Oligo.**, Oligoceno; **Paleo.**, Paleoceno; **Pleisto.**, Pleistoceno; **Plio.**, Plioceno; **Quarter.**, Quaternário; S, Sinamiidae; V, Vidalamiinae. Adaptado de Sullivan *et al.* (2023).

1.1.3 Siluriformes

Os Siluriformes (Teleostei) são popularmente conhecidos como bagres e possuem 41 famílias (Fig. 4) descritas e mais de 7.300 espécies (Fricke *et al.*, 2023). Atualmente ocupam todos os continentes, exceto a Antártica no qual há apenas registros fósseis do grupo (Grande & Eastman, 1986). Ocorrem em ambientes marinhos e de água doce, compondo grande parte da ictiofauna neotropical atual (Ribeiro, 2006). As famílias mais expressivas em número de espécies atuais são: Callichthyidae; Loricariidae; Bagridae; Siluridae; Auchenipteridae; Heptapteridae; Pimelodidae; Ariidae; Mochokidae (Fricke *et al.*, 2023).

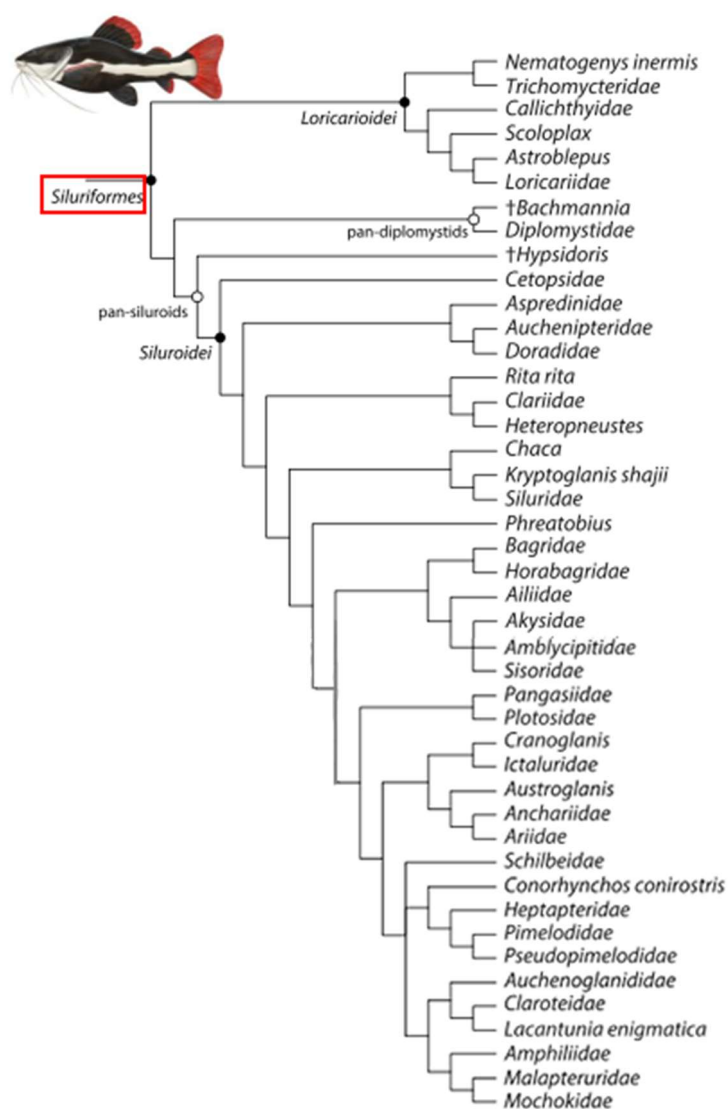


Figura 4. Filogenia de Siluriformes, mostrando a diversidade de famílias (adaptado de Near & Thacker, 2023).

O grupo é caracterizado, dentre outras características, pela ausência de escamas, que por sua vez possuem o corpo coberto por placas ósseas e possuem um espinho na nadadeira

peitoral e dorsal. Os espinhos podem servir como instrumento na defesa contra predadores e, em algumas espécies, esses espinhos podem possuir serrilhas contendo veneno (Fine *et al.*, 1999; Kirchheim & Goulart, 2010).

Os registros fósseis mais antigos datam do Cretáceo Superior (Coniaciano-Santoniano) da Nigéria, baseado em um espécime mal preservado (Patterson, 1993), e se diversificaram no Campaniano-Maastrichtiano da América do Sul, com registros na Formação El Molino, Bolívia (Gayet, 1990, 1991; Gayet *et al.*, 2001) e Formação Los Alamos, Argentina (Cione, 1987).

Nas rochas do Cretáceo Superior brasileiro, os registros mais antigos do grupo são do Grupo Bauru, Formação Adamantina (Gayet & Brito, 1989; Alves *et al.*, 2016, 2019). A ocorrência de Siluriformes é rara, com registros baseados apenas em alguns fragmentos de espinhos peitorais e dorsais (Martinelli *et al.*, 2012; Martinelli & Teixeira, 2015; Alves *et al.*, 2016, 2019; Freitas *et al.*, 2023). Recentemente, foram reportados os primeiros restos de Siluriformes da Formação Marília no Estado de Goiás (Candeiro *et al.*, 2023). Apesar dessas ocorrências serem importantes para o entendimento da expansão biogeográfica dos Siluriformes no passado, o grau de preservação e escassez de materiais mais completos, impede uma compreensão mais completa desse grupo a níveis taxonômicos mais específicos.

1.1.4 Osteoglossiformes

Atualmente os Osteoglossiformes (Fig. 5) contêm cerca de 252 espécies viventes (Fricke *et al.*, 2023). São conhecidos na América do Sul pelas espécies *Osteoglossum bicirrhosum* (Aruanã) e *Arapaima gigas* (Pirarucu), mas também ocorrem na África, Ásia e Austrália. O grupo é caracterizado por possuir uma língua óssea áspera e escamas elasmoides com sulcos reticulados sobre toda superfície (Nelson, 2006; Hilton, 2003).

Acredita-se que tenham surgido durante o Cretáceo, tendo como registro mais antigo a espécie †*Laeliichthys ancestralis*, descrita para o Grupo Areado, Cretáceo Inferior (Barremiano), Minas Gerais por Santos (1985), com base em esqueletos completos (Brito *et al.*, 2020). A família Osteoglossidae também ocorre no Cretáceo Superior (Maastrichtiano) da Nigéria, Cretáceo/Paleoceno da Índia, Paleoceno do Paquistão (Gayet & Meunier, 1983).

Os Osteoglossiformes são representados no Grupo Bauru pela família Osteoglossidae, infelizmente, baseada apenas em fragmentos de escamas (Gayet & Meunier, 1983, Gayet & Brito, 1989). Os fragmentos são provenientes da região de Santo Anastácio (SP) e possuem

uma morfologia distinta daquela encontrada nas ocorrências da região de Uberaba (MG) e na Formação Santa Lucia, Paleoceno da Bolívia, estes, associados a Phareodontinae.

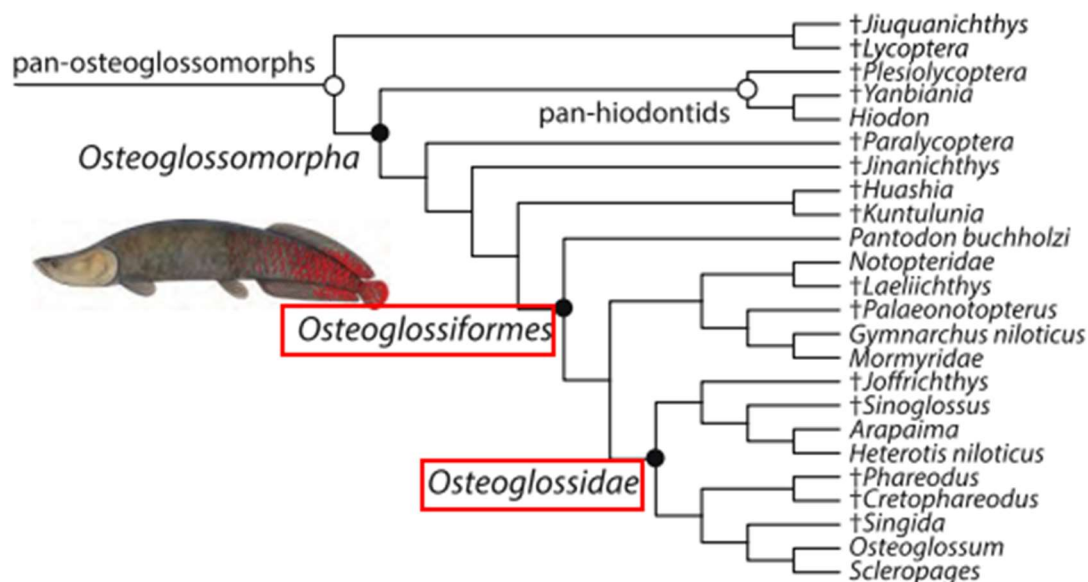


Figura 5. Diversidade e relações filogenéticas de Osteoglossiformes (Adaptado de Near & Thacker, 2023).

1.1.5 Characiformes

Os Characiformes (Fig.6) atualmente possuem em torno de 2.238 espécies e 21 famílias (Fricke et al., 2023), é um grupo caracterizado por possuir mandíbulas não protusivas e são exclusivos de ambientes de água doce. No Brasil, esse grupo é bastante conhecido nos rios de água doce pelos táxons *Pygocentrus* (piranha) e *Salminus brasiliensis* (dourado) (Nelson, 2006). No cenário global, o registro mais antigo é *Salminops ibericus* de depósitos marinhos, do Cenomaniano de Portugal (Gayet, 1985). O registro fóssil mais antigo de Characiformes (Erythrinidae e Serrasalminidae) da América do Sul provém de depósitos da Formação El Molino, Bolívia (Campaniano/Maastrichthiano), incluem dentes e fragmentos ósseos (Gayet, 1982, Gayet, 1991).

Os primeiros registros de Characiformes para o Cretáceo brasileiro são de Uberaba, Minas Gerais, baseados em dois dentes isolados (Gayet & Brito, 1989). Nas rochas cenozoicas são bastante reportados nos depósitos lacustres do Mioceno brasileiro, Bacia de Taubaté (Schaeffer, 1947; Malabarba, 1998; Malabarba 2000; Malabarba & Malabarba, 2008), representados por duas famílias, Characidae (†*Brycon avus*, †*Lignobrycon ligniticus*, †*Megacheiroduon unicus*) (Woodward, 1989; Travassos & Santos, 1955). A segunda família,

Curimatidae, está representada na unidade por †*Cyphocharax mosesi* (Travassos & Santos, 1955); †*Plesiocurimata alvarengai* (Figueiredo & Costa-Carvalho, 1999).

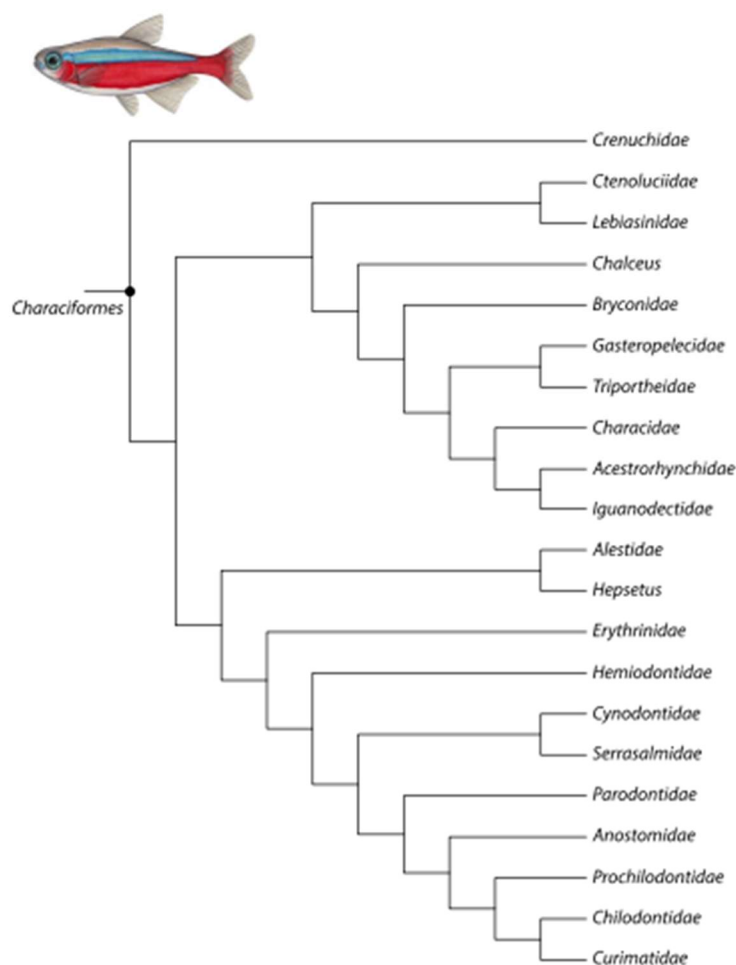


Figura 6. Filogenia de Characiformes (adaptada de Near & Thacker, 2023).

1.1.6 Perciformes

Compreende a ordem mais diversa de peixes, com cerca de 10.000 espécies e 160 famílias conhecidas, dentre outras características, possuem espinhos nas nadadeiras dorsal e anal (Bonecker *et al.*, 2014) (Fig.7). Pouco se sabe do registro fóssil desse grupo, sendo as primeiras ocorrências da Formação Los Alamitos, Argentina (Maastrichtiano) (Cione, 1987), e também duas espécies de *Scorpaenoidei*, da Nova Zelândia e Bélgica (Near & Thacker, 2023). Também foram reportados no Cretáceo do Peru (Gayet, 1991). O registro mais antigo de Perciformes no Brasil é do Grupo Bauru, Cretáceo Superior, baseado em um único espinho dorsal coletado na Formação Uberaba, Minas Gerais (Gayet & Brito, 1989). Também ocorrem na Bolívia, o material foi associado a família Centropomidae (Gayet, 1991). O registro mais completo vem da Bacia de Taubaté, Formação Tremembé (Mioceno), onde são representados

pelas famílias Percichthyidae (†*Santosius antiquus* (Woodward, 1989) e Cichlidae (†*Tremembichthys pauloensis* (Schaeffer, 1947). Atualmente Cichlidae não pertence mais a Perciformes e sim a ordem Cichliformes (Fricke et al., 2023).

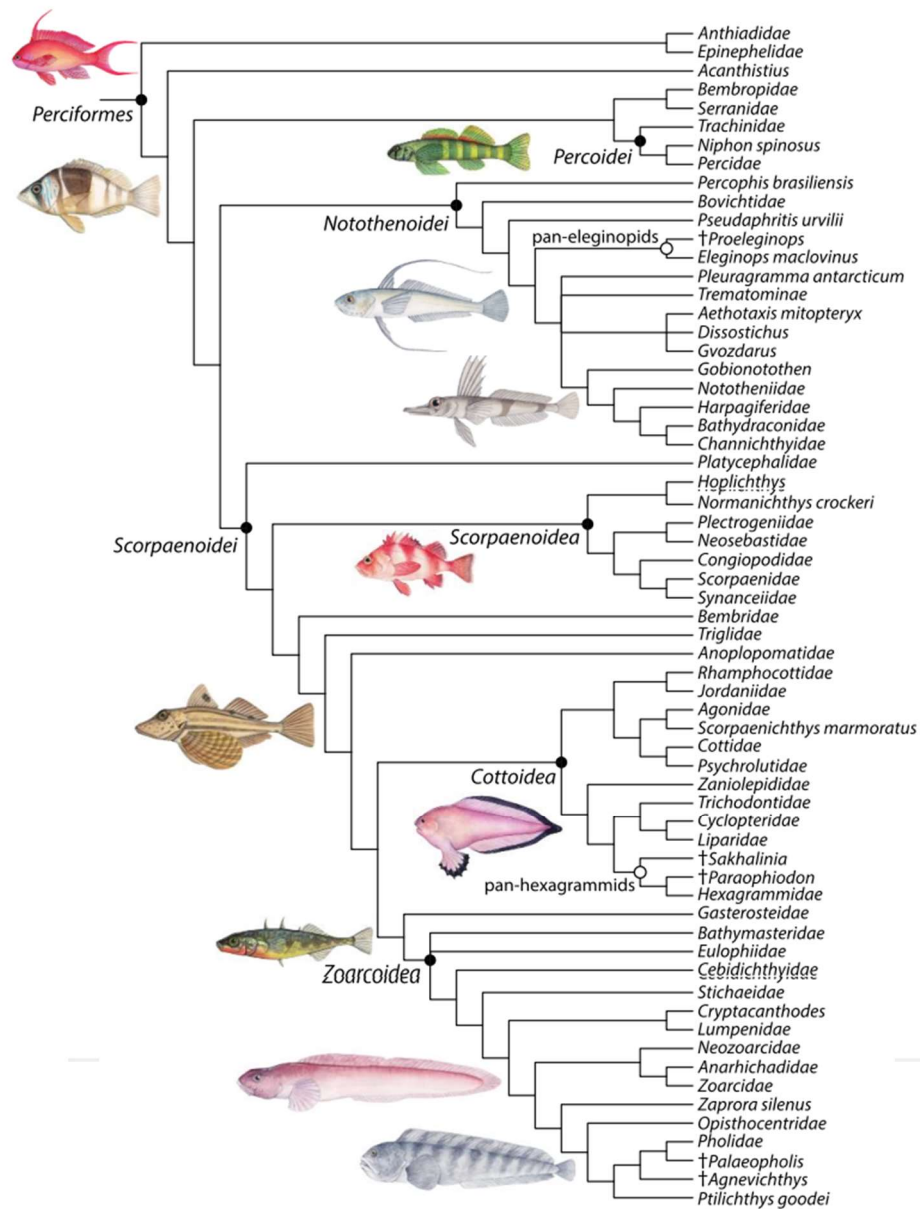
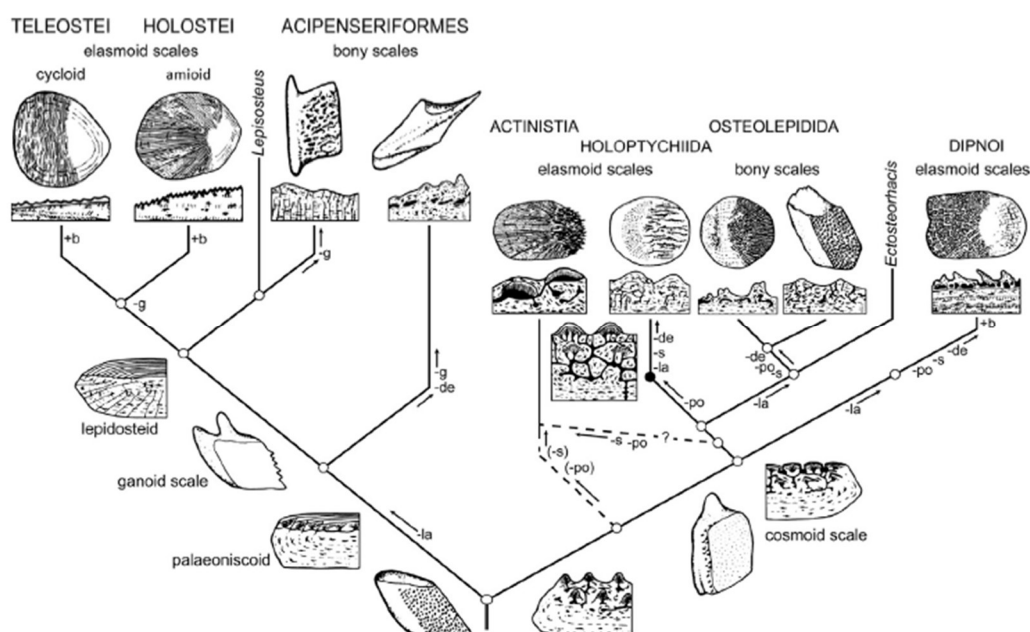


Figura 7. Filogenia de Perciformes. (Near & Thacker, 2023).

1.2 Escamas e sua diversidade morfológica

O tegumento (pele) é um órgão responsável por revestir os organismos, lhes dando proteção e outras adaptações evolutivas. É composto por uma lâmina basal, derme e epiderme, sendo que nos peixes as escamas têm origem dérmica, diferentemente dos répteis nos quais as



O estudo das escamas com base em sua morfologia (Lepidologia) vem sendo explorado desde o século XIX (Agassiz, 1834) e aperfeiçoado ao longo das décadas (Lagler, 1947; Jawad, 2005). Percebeu-se que as escamas, quando bem preservadas, são ótimas ferramentas para identificação taxonômica em peixes recentes e também de fósseis (Arratia, 2015). Há dois tipos gerais de escamas nos peixes actinoptérgios (Fig. 8), com estruturas histológicas distintas que as definem, sendo elas: (1) ganoides; (2) elasmóide. As escamas elasmóides são divididas em: Amióide, exclusivas dos peixes Amiidae; e Ciclóides e Ctenóides. Estas duas últimas, pertencentes aos peixes Teleostei (fig. 8) (Schultze, 2016).

22

de diamante. Uma das sinapomorfias de Lepisosteidae é a presença de duas camadas nas escamas (Fig. 9), a placa basal e a camada de ganoína em seguida. Por outro lado, a família †Obaichthyidae, possui escamas com três camadas, sendo elas a placa basal, camada de dentina e esmalte ganoína mais externa (Grande, 2010).

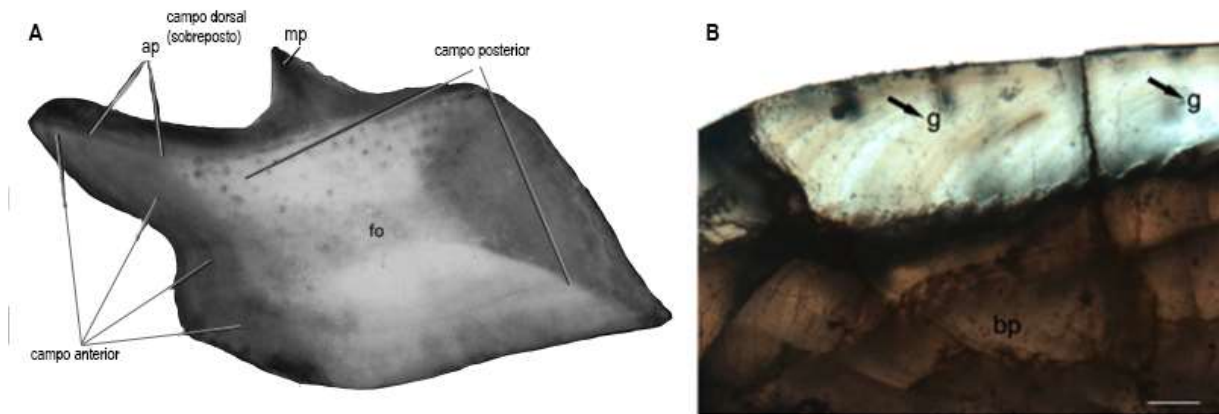


Figura 9. Escama ganoides com suas principais estruturas. A) modificado de Grande (2010); B) seção histológica de escama de Lepisosteidae (modificado de Carvalho & Santucci, 2021). Escala: b) 100 μ m.

Escamas elasmoides: Possui uma camada óssea calcificada superficial que sobrepõe uma placa basal lamelar flexível (elasmodina) de fibras de colágeno (Meunier & Poplin, 1995; Grande & Bemis, 1998) (Fig. 10). As escamas cicloides e ctenoides podem ocorrer num mesmo indivíduo (Grande & Bemis, 1998; Schultze, 2015). Dentre as escamas cicloides e ctenoides, ocorrem vários subtipos com base em sua forma, ornamentação de cada campo, formato e estrutura das margens, nos quais ajudam a definir e a classificar os grupos.

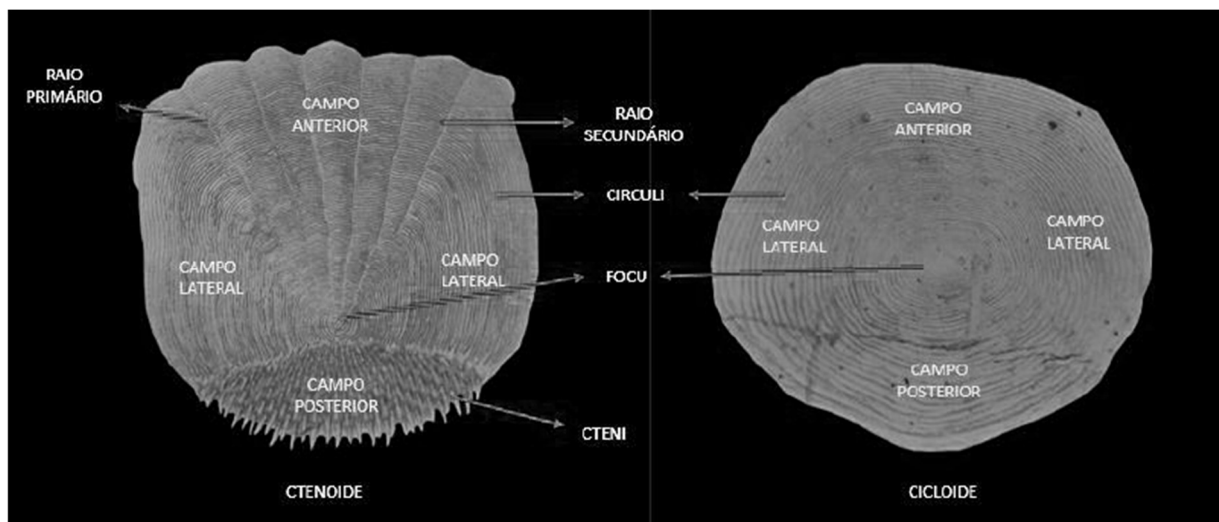


Figura 10. Escama ctenoide (*Cicla sp.*) e cicloide (*Serrassalmus sp.*). Adaptado de Mendes (2019).

Terminologia utilizada por Bräger & Moritz (2016) e Lagler (1947) para classificação das escamas elasmoides e suas características:

Circuli: marcas elevadas na superfície que seguem a borda da escama e podem ser classificados de acordo com a **visibilidade** (distinto ou indistinto), **disposição** (contínuo ou descontínuo) e **espaçamento** (espaçado, pouco espaçado ou espaçamento variável);

Cristas: São raios longitudinais, característicos das escamas amioide, que partem de uma linha imaginária transversal da região do foco até a margem anterior da escama;

Foco: Primeiro estágio ontogenético da escama a aparecer, normalmente localizado no centro da escama, mas pode ter posição anterior ântero-central, pósterio-central e posterior;

Annuli: Marcas que coincidem com o crescimento anual dos peixes;

Raios: Sulcos, normalmente mais ou menos desenvolvidos partindo desde o foco até a margem anterior da escama. Subdivididos em: **raios primários:** se estendem desde a região do foco até a margem; **raios secundários:** não se estendem até a região do foco;

Ctenii: estrutura de espinhos ou dentículos presente na margem posterior da escama;

Campo anterior: área sobreposta da escama. **Formato da curvatura da margem anterior** pode ser: convexo; côncavo, reta, irregular. **Morfologia da margem do campo anterior:** liso; estriado; levemente ondulada; ondulada; dentada; pregueada (Fig. 11F).

Campo lateral: região dorsal e ventral restantes das demarcações do campo anterior e posterior;

Campo posterior: região da qual fica o foco e a área exposta da escama quando estão imbricadas. **Formato da curvatura margem posterior:** reto, arredondado, cônico. **Morfologia da margem do campo posterior:** lisa, fraturada, espinhosa, apresentando cteniis.

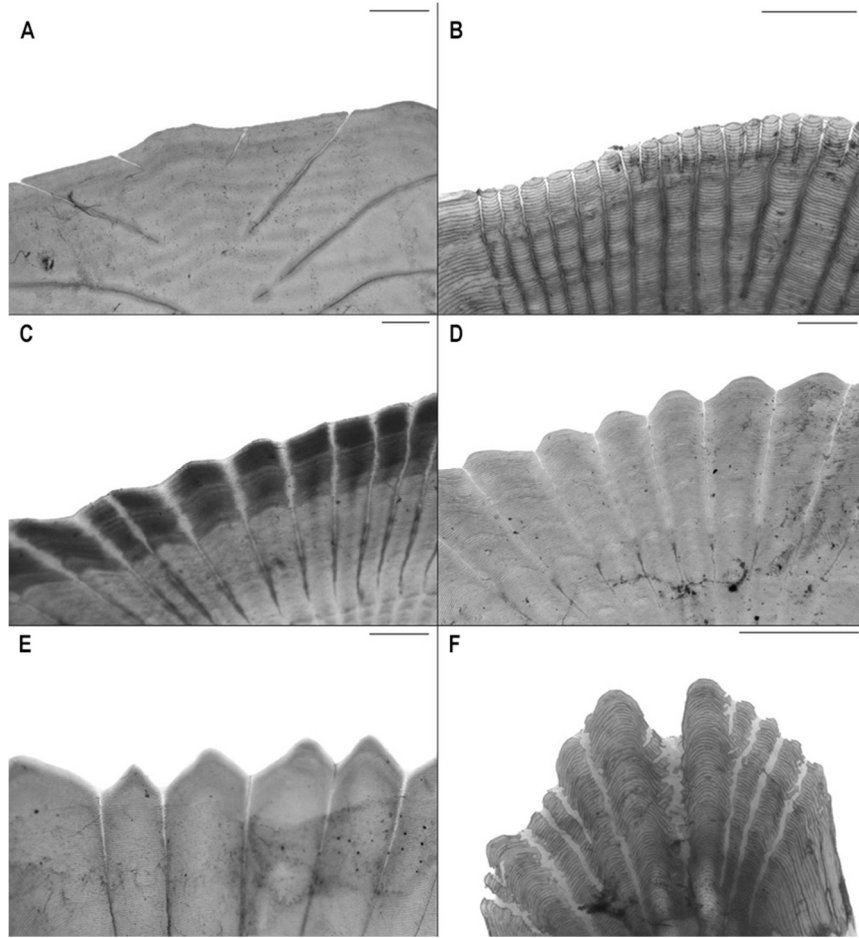


Figura 11. Morfologia da margem anterior das escamas elasmoides. **A:** lisa (*Sardina pilchardus*); **B:** estriada (*Dicentrarchus labrax*); **C:** levemente ondulada (*Sparus aurata*); **D:** ondulada (*Diplodus vulgaris*); **E:** dentada (*Mullus surmuletus*); **F:** pregueada (*Eutrigla gurnardus*). Scale bar = 500 µm. (Bräger & Moritz, 2016; Mendes, 2019).

Formato das escamas (Fig. 12): Circular (circular verdadeira, cordiforme, discoidal) oval (oval verdadeiro, ovoide, ovoide invertido, oblongo, elíptico), quadrilátero (quadrado, retangular, trapezoidal, romboidal) e intermediário (*calyx*, concha, irregular).

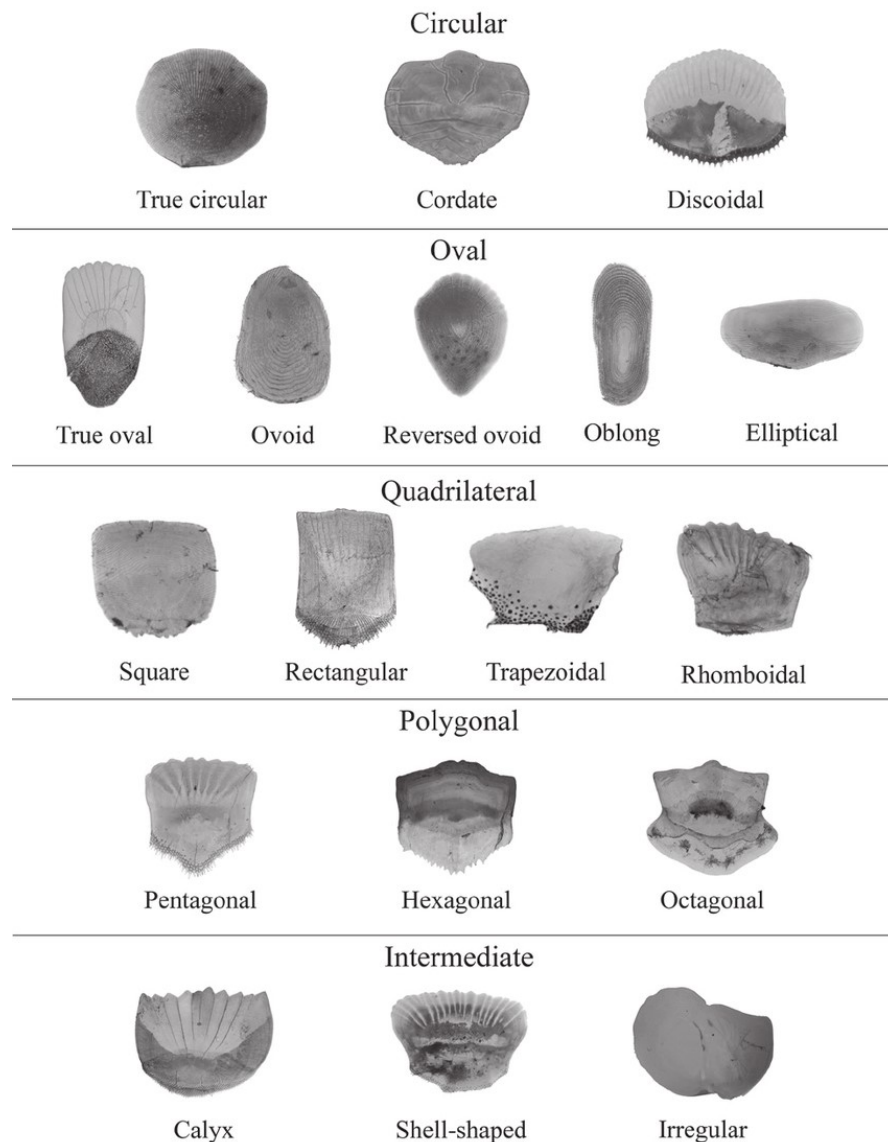


Figura 12. Formato das escamas elasmoides (Bräger & Moritz, 2016).

Tipo ctenoide: As escamas ctenoides possuem protuberâncias, semelhantes a espinhos chamadas de ctenii em seu campo posterior (Fig.10), assim como raios que são sulcos, podendo ser classificados como primários, secundários, terciários e ausentes dependendo de onde eles partem na escama (Mendes, 2019). O foco corresponde ao centro de ossificação da escama e está localizado próximo à margem posterior. A partir dele se originam os anéis de crescimento (annuli) junto às linhas concêntricas (circuli) em torno do foco e acompanham a margem da escama (Elliott, 2011; Mendes, 2019). Pode ser subdividida em: **Ctenii periférica:** os espinhos ocorrem em uma linha na margem posterior, podendo ter pequenos espinhos secundários alternando na linha; **Ctenii transformado:** escama com ossificação separada em forma de espinhos truncados dispostos em duas ou mais fileiras na margem posterior; **Ctenii inteiro:**

espinhos inteiros com ossificações separadas que ocorrem na margem posterior (Bräger & Moritz, 2016).

Tipo cicloide: Normalmente são circulares, achatadas e finas (Fig. 10), não apresentam ornamentação no campo posterior (Elliott, 2011; Mendes, 2019). As linhas de crescimento (annuli) geralmente são contínuas com o circuli, quando os annuli não acompanham o circuli, pode indicar variação de estação, na qual houve alterações metabólicas e mudança de temperatura na água e alimentação (Elliott, 2011). Elas possuem três subtipos, sendo eles: **cicloide verdadeira:** escama sem nenhuma projeção ou ornamentação na margem; **crenada:** escama com a margem anterior com incrementos; **espinoide:** escama com espinhos contínuos as vezes exclusivos à margem posterior da escama ou espalhados no campo posterior (Bräger & Moritz, 2016).

Tipo amioide: A definição de escama amioide por muito tempo não foi muito clara. Presente em vários grupos dentro de Halecomorphi (†Parasemionotiformes, †Ionoscopiformes, †Caturioidea, †Sinamiidae, Amiidae), essas escamas não possuem uma camada de esmalte (ganoína), além de outras estruturas como ctenii, radii (presentes nas escamas cicloides e ctenoides), placa basal espessa e articulação *peg and socket*. Diferentemente das escamas elasmoides dos peixes teleósteos, as escamas amioides (Fig. 13) são subretangulares a ovais alongadas e possuem cristas longitudinais (ri) calcificadas que partem de um ponto imaginário da região do foco (fo) até a margem anterior da escama, contrastando com as linhas de crescimento (annulis) que acompanham a margem e formato da escama (Grande & Bemis, 1998).

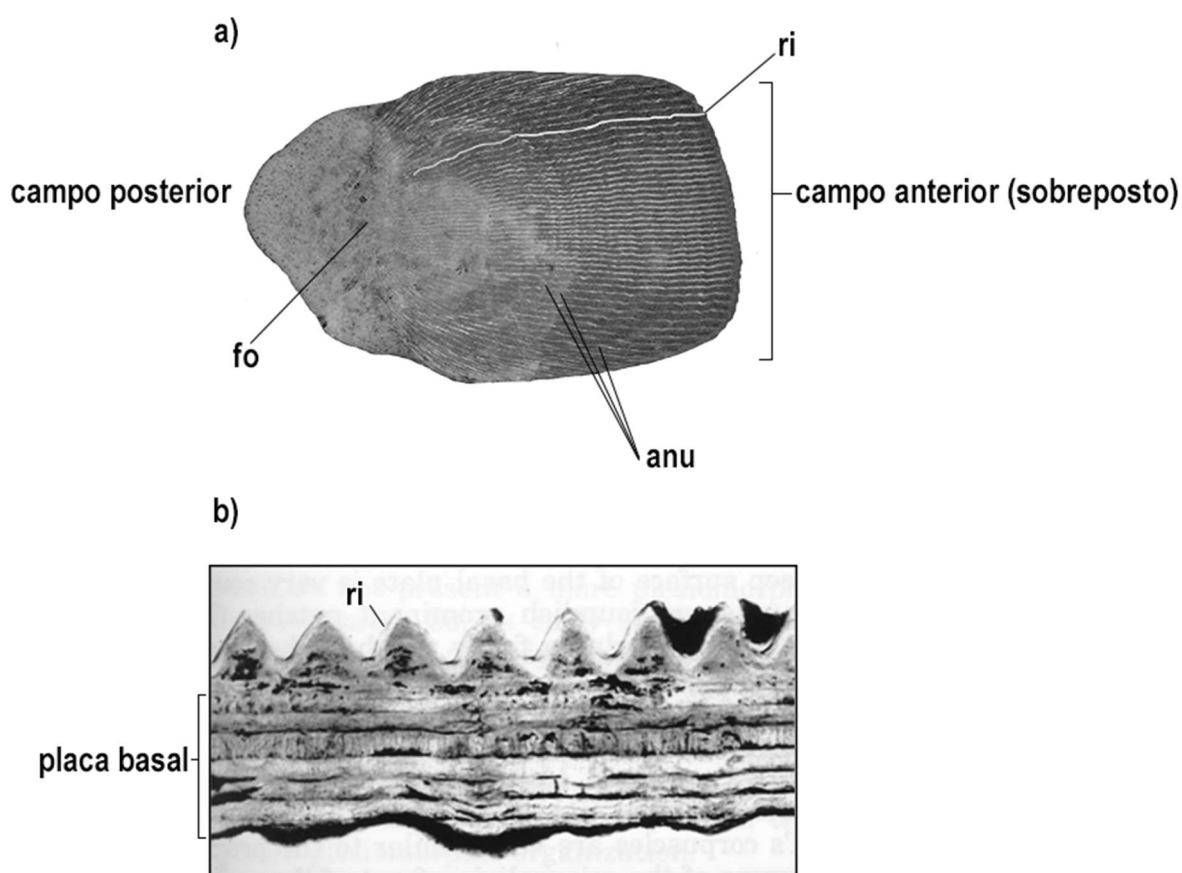


Figura 13. Escama de Amiidae. **a)** Escama de *Amia calva* (MZUSP-107946). **b)** Lâmina histológica de †*Amia robusta* (modificada de Meunier & Poplin, 1995). **Abreviações:** **fo:** foco; **anu:** annuli ou linhas de crescimento; **ri:** ridge ou cristas.

1.3 Geologia Regional – Bacia Bauru

A Bacia Bauru é resultado de uma reestruturação tectônica que ocorreu na porção sudeste da Placa Sul-americana entre o Eo- e o Neocretáceo. Sua sequência sedimentar é essencialmente arenosa atingindo uma espessura máxima de aproximadamente 300 m e uma área de 370.000 km² (Fig. 14). Seu substrato consiste em rochas vulcânicas basálticas pertencentes à Formação Serra Geral, Grupo São Bento, Cretáceo Inferior (Fernandes & Coimbra, 2000).

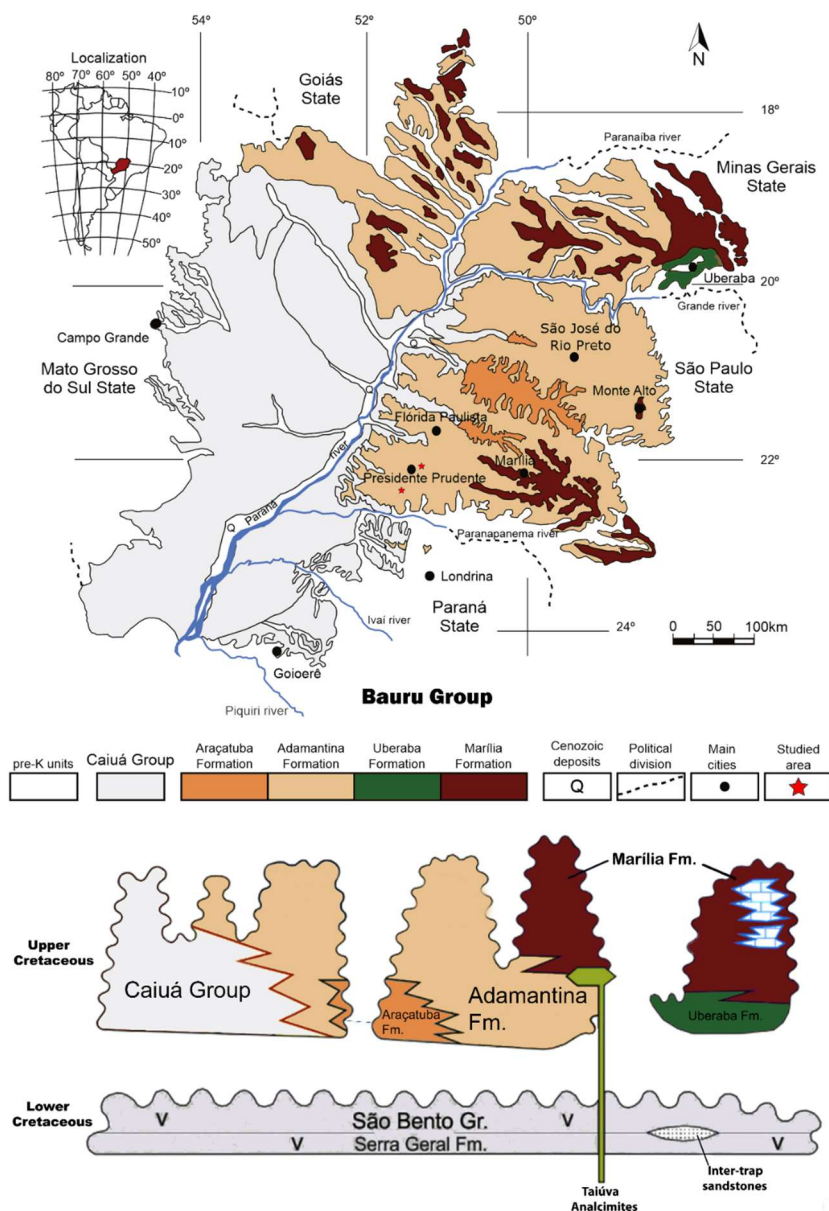


Figura 14. Mapa geológico da Bacia Bauru (grupos Caiuá e Bauru), depositado sobre unidades pré-Cretáceo Superior, e a distribuição dos depósitos da Formação Araçatuba e Formação Adamantina, em Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Compilado de Fernandes & Coimbra (1996,2000) e modificado de Fernandes & Ribeiro (2015). Pontos em vermelho indicam locais de coleta.

Segundo Fernandes & Coimbra (2000), a Bacia Bauru ocupa o norte do Paraná, região centro-ocidental do Estado de São Paulo, sul do Estado de Minas Gerais, leste do Mato Grosso do Sul e Goiás (Fig. 14). Sua sequência deposicional ocorreu sob sistemas eólicos, aluviais, fluviais e lacustres, favorecidos por um clima semiárido e árido (Batezelli, 2010; Fernandes, 2010). O processo deposicional ocorreu entre o Campaniano e o Maastrichtiano, datado com base em fósseis de ostracodes (Gobbo-Rodrigues et al., 1999; Dias-Brito et al., 2001) e titanossauros (Santucci & Arruda Campos, 2011). Castro *et al.* (2018) estimaram, por meio de datação de grãos de zircão, uma idade absoluta não maior

que 87,8 Ma para depósitos da Formação Adamantina no Estado de São Paulo. Recentemente, Arai & Fernandes (2023) dataram palinomorfos da Formação Araçatuba com idade Campaniano inferior.

A Bacia Bauru possui dois grupos cronocorrelatos: Caiuá e Bauru (Fernandes & Coimbra, 2000). O Grupo Caiuá corresponde à porção central da bacia e aflora nos estados de São Paulo, Paraná e leste do Mato Grosso do Sul, e está em contato com as rochas basálticas da Formação Serra Geral, sendo composto pelas formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio. Suas rochas correspondem a arenitos quartzosos muito finos a finos de cor marrom-avermelhada depositados em sistema eólico de dunas de grande porte e dunas de cristas sinuosas amalgamadas (Fernandes & Coimbra, 2000).

Interdigitado ao Grupo Caiuá, aflora o Grupo Bauru que corresponde às bordas leste e norte da bacia, sendo composto, segundo Batezelli (2010), pelas formações Araçatuba, Adamantina, Uberaba e Marília. Estudos posteriores sugerem novas divisões para o Grupo Bauru, Fernandes & Coimbra (2000) por exemplo, consideram as formações Araçatuba, Uberaba e Marília, mas propuseram as seguintes formações: Vale do Rio do Peixe, São José do Rio Preto e Presidente Prudente como um desmembramento da Formação Adamantina.

A Formação Araçatuba corresponde à base do Grupo Bauru e é composta por arenitos muitos finos e siltitos de cor cinza-esverdeado, com cimentação carbonática. Sua seção sedimentar acumulou-se em ambiente paludal e ocorre nos vales dos rios Tietê e Aguapeí/Feio, com espessura máxima de 70 m (Fernandes & Coimbra, 2000; Fernandes, 2004).

Em contato com a formação anterior, ocorre a Formação Adamantina na região oeste de São Paulo e do Triângulo Mineiro. É composta por arenitos finos a muito finos de cor rosa avermelhada, intercalados por lamitos, siltitos e argilitos, de cor marrom avermelhada e cinza castanho, apresentando estratificação cruzada passando a maciço ou com laminação plano-paralela, depositada sob um sistema fluvial do tipo entrelaçado (Batezelli, 2010; Fernandes, 2010).

No extremo nordeste da bacia, interdigitada à Formação Adamantina, ocorre a Formação Uberaba. Aflora na cidade de Uberaba, Minas Gerais, onde apresenta espessura máxima de 85 m (Fernandes & Coimbra, 2000). É composta por arenitos muito finos a lamitos siltosos e conglomerados, com estratificação cruzada acanalada/tabular ou

laminação plano-paralela, depositado sob um sistema fluvial entrelaçado (Batezelli, 2010).

No topo do Grupo Bauru ocorre a Formação Marília, constituída por arenitos maciços e conglomerados com cimentação carbonática. É dividida em três membros: Ponte Alta; Serra da Galga; Echaporã. O Membro Ponte Alta, ocorre no oeste de Minas Gerais e Triângulo Mineiro, com espessura de 10 a 20 m, é composto por calcários, com arenitos calcíferos finos esbranquiçados. O Membro Serra da Galga também ocorre na borda nordeste da bacia, região do Triângulo Mineiro e está interdigitado com o Membro Ponte Alta, atinge uma espessura de 110 m (Batezelli, 2010). É composto por arenitos grossos a finos e conglomerados, de cor amarelada a avermelhado e estratificação cruzada acanalada e tabular. Sua sequência sedimentar foi depositada sob contexto de leques aluviais com sistemas fluviais entrelaçados e eventual alternância de depósitos de dunas eólicas (Fernandes & Coimbra, 2000). Recentemente, Soares et al. (2021) propuseram uma nova unidade litológica, juntando os membros Serra da Galga e Ponte Alta, passando a ser chamado agora como Formação Serra da Galga.

O Membro Echaporã está presente nas margens leste e norte da bacia nas regiões de Marília-Echaporã e Monte Alto, Estado de São Paulo, e Campina Verde, Minas Gerais, alcançando até 180 m de espessura. É constituído por estratos tabulares de aspecto maciço de arenitos finos a médios, de cor bege e rosa com cimentação e nódulos carbonáticos, assim como intercalações de lamitos de cor marrom. Corresponde à parte distal de leques aluviais (Fernandes, 2004).

Os fósseis estudados são em parte, provenientes da região de Pirapozinho (SP), do afloramento “Tartaruguito” e Presidente Prudente, correspondentes aos depósitos da Formação Presidente Prudente, proposta por Fernandes & Coimbra (2000) ou Formação Adamantina, de definição original por Soares *et al.* (1980), englobando, no caso, os depósitos da região de Presidente Prudente e Pirapozinho (SP).

A sedimentação ocorreu sob sistema fluvial expressos em arenitos finos de cor avermelhada/rosada e lamitos de cor acinzentada (Batezelli, 2010).

Os demais fósseis são provenientes da região de General Goulart (SP), onde Nava *et al.* (2021) relataram um maxilar de *Vidalmiinae*, encontrado junto a restos de testudines, dinossauros e escamas ganoides de *Lepisosteidae*.

2. Referências Bibliográficas

- Alvarenga, H.M.F., Nava, W.R., 2005. Aves Enantiornithes do Cretáceo Superior da Formação Adamantina do Estado de São Paulo, Brasil. In: II Congresso Latino– Americano de Paleontologia de Vertebrados, Rio de Janeiro. Boletim de Resumos II Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados. 20p.
- Alves, Y. M., Bergqvist, L.P., Brito, P. M. 2016. New occurrences of microvertebrate fossil accumulations in Bauru Group, Late Cretaceous of western Sao Paulo state, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 69, 80-90.
- Alves, Y. M., Bergqvist, L.P., Brito, P. M. 2019. The dorsal and pectoral fin spines of catfishes (Ostariophysi: Siluriformes) from the Bauru Group (Late Cretaceous), Brazil: A comparative and critical analysis. *Journal of South American Earth Sciences*, 92, 32–40.
- Alves, Y. M., Montefeltro, F. C., & Cidade, G. M. 2021. New occurrences of *Atractosteus* (Ginglymodi: Lepisosteioidea: Lepisosteidae) from the Bauru Group (Upper Cretaceous, Brazil) and paleobiogeographic implications. *Cretaceous Research*, 121, 104735.
- Agassiz, L. 1834. Recherches sur les poissons fossiles. Neuchâtel, imprimerie de petit pierre, v. 1-5, p. 1833-1843.
- Arai, M., & Fernandes, L. A. 2023. Lower Campanian palynoflora from the Araçatuba Formation (Bauru Group), Southeastern Brazil. *Cretaceous Research*, 150, 105586.
- Arratia, G. 2015. Complexities of early Teleostei and the evolution of particular morphological structures through time, *Copeia*, 4, 999–1025.
- Azevedo, S.A., Gallo, V., Ferigolo, J., 2000. A possible chelonian egg from the Brazilian Late Cretaceous. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 72 (2), 187–193.
- Batezelli, A. 2010. Arcabouço tectono-estratigráfico e evolução das Bacias Caiuá e Bauru no Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, 40 (2), 265-285.
- Bertini, R. J., Marshall, L. G., Gayet, M. Brito, P. 1993. Vertebrate faunas from the Adamantina and Marília formations (Upper Bauru Group, Late Cretaceous, Brazil) in their stratigraphic and paleobiogeographic context. 188 (1), 71-101.
- Bertini, R. J., Santucci, R. M., Toledo, C. E. V., & Menegazzo, M. C. 2006. Taphonomy and depositional history of an Upper Cretaceous turtle-bearing outcrop from the Adamantina Formation, Southwestern São Paulo State. *Revista Brasileira de paleontologia*, 9 (2), 181-186.
- Bertini, R. J., Santucci, R. M., & Arruda-Campos, A. C. 2001. Titanossauros (Sauropoda: Saurischia) no Cretáceo Superior continental (Formação Marília, Membro Echaporã) de Monte Alto, Estado de São Paulo, e correlação com formas associadas do Triângulo Mineiro. *Geociências*, 20 (1), 93-103.

- Bittencourt, J. S., Gallo, V., Rodrigues, G. A. 2017. Lepisosteoid-type fish scales in the Barremian-Aptian (Lower Cretaceous) of the Sanfranciscana Basin, Southeastern Brazil. *Cretaceous Research*, 7, 1-7.
- Bone, Q. 2008 *Biology of fishes* Quentin Bone and Richard H. Moore. -- 3rd ed. p. cm. Includes bibliographical references and index. ISBN 978-0-415-37562-7
- Bonecker, A. C. T., Namiki, C. A. P., Castro, M. S., Campos, P. N. 2014. Ordem Perciformes. In *Catálogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos* [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, pp. 180-265. *Zoologia: guias e manuais de identificação series*. ISBN 978-85-98203-10-2.
- Bräger, Z.; Moritz, T. 2016. A scale atlas for common Mediterranean teleost fishes. *Vertebrate Zoology*, 66 (3), 275–386.
- Brito, P. M., Yabumoto, Y., Grande, L. 2008. New amiid fish (Halecomorphi: Amiiformes) from the Lower Cretaceous Crato Formation, Araripe Basin, Northeast Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 28 (4), 1007–1014.
- Brito, P. M., Lindoso, R. M., Carvalho, I. S., & de Paula Machado, G. 2016. Discovery of† Obaichthyidae gars (Holostei, Ginglymodi, Lepisosteiformes) in the Aptian Codó Formation of the Parnaíba Basin: Remarks on paleobiogeographical and temporal range. *Cretaceous Research*, 59, 10-17.
- Brito, P. M., Nava, W. R., Martinelli, A. G. 2017. A New Fossil Amiidae (Holostei: Halecomorphi) from the Upper Cretaceous Adamantina Formation, Southeastern Brazil, with comments on western Gondwana amiids. *Cretaceous Research*, 77, 39-43.
- Brito P. M, Figueiredo F. J, Leal. 2020. A revision of *Laeliichthys ancestralis* Santos, 1985 (Teleostei: Osteoglossomorpha) from the Lower Cretaceous of Brazil: Phylogenetic relationships and biogeographical implications. *PLoS ONE* 15(10): e0241009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241009>.
- Brownstein, C. D., & Lyson, T. R. 2022. Giant gar from directly above the Cretaceous–Palaeogene boundary suggests healthy freshwater ecosystems existed within thousands of years of the asteroid impact. *Biology Letters*, 18 (6), 20220118.
- Brownstein, C. D., Kim, D., Orr, O. D., Hogue, G. M., Tracy, B. H., Pugh, M. W., ... & Near, T. J. 2022. Hidden species diversity in an iconic living fossil vertebrate. *Biology Letters*, 18 (11), 20220395.
- Chalifa, Y. & Tchernov, E. 1982. *Pachyamia latimaxillaris*, new genus and species (Actinopterygii: Amiidae), from the Cenomanian of Jerusalem, *Journal of Vertebrate Paleontology*, 2:3, 269-285, DOI: 10.1080/02724634.1982.10011935.
- Campos, D. A., Oliveira, G. R., Figueredo, R. G., Riff, D., Azevedo, S. A. K., Carvalho, L. B., Kellner, A. W. A. 2011. On a new peirosaurid crocodyliform from the Upper Cretaceous, Bauru Group, southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 83 (1), 317-327.

- Candeiro, C. R. A., Abranches, C. T., Abrantes, E. A., Avilla, L. D. S., Martins, V. C., Moreira, A. L., ... & Bergqvist, L. P. (2004). Dinosaurs remains from western São Paulo state, Brazil (Bauru Basin, Adamantina Formation, Upper Cretaceous). *Journal of South American Earth Sciences*, 18 (1), 1-10.
- Candeiro, C. R. A., Nava, W., Martinelli, A. G., Forasiepi, A. M., Scanferla, C. A., Muzzopappa, P. 2009. New lizard Record (Diapsida, Lepidosauria) from the Upper Cretaceous, Adamantina Formation, Brazil. *Bulletin of Geoscience* 84(3): 573-576.
- Candeiro, C.R.A., Cau, A., Fanti, F., Nava, W.R., Novas, F.E., 2012. First evidence of an unenlagiid (Dinosauria, Theropoda, Maniraptora) from the Bauru Group, Brazil. *Cretaceous Research* 37, 223e226. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2012.04.001>.
- Candeiro, C. R. A., Brito, P. M. M., Cavin, L., Alves, Y. M., Canile, F. M., Muniz, F., & Toriño, P. 2023 First Record of Siluriformes Remain from the Northernmost Portion of the Bauru Group (Upper Cretaceous) in the Midwest Region of Brazil. Available at SSRN 4530688.
- Carvalho, A.B., Zaher, H., Nava, W.R., 2003. A new anuran (Lissamphibia: Tetrapoda) from the Continental Upper Cretaceous Bauru Basin, State of São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia 18. Brasília 1, p. 188.
- Carvalho, I.S., Campos, A.C.A., Nobre, P.H., 2005. *Baurusuchus salgadoensis*, a new Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Cretaceous), Brazil. *Gondwana Research* 8 (1), 11e30. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70259-8](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70259-8).
- Carvalho, J. C., & Santucci, R. M. 2021. New fish remains from the Quiricó Formation (Lower Cretaceous, Sanfranciscana Basin), Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 111, 103430.
- Castro, M. C., Goin, F. J., Ortiz-jaureguizar, E., Vieytes, E. C., Tsukui, K., Ramezani, J., Batezelli, A., Marsola, J. C. A., Langer, M. C. 2018. A Late Cretaceous mammal from Brazil and the first radio isotopic age for the Bauru Group. *Royal Society open science*, 5, 1-11.
- Cidade, G. M., Riff, D., Silva, F. O. C., Alves, Y. M. 2022. New Occurrences of Amiidae (Halecomorphi: Amiiformes: Vidalamiinae) From the Bauru Group (Late Cretaceous, Brazil) and comments about their incursion in freshwater environments in the cretaceous of the Americas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 25 (2), 144-156.
- Cione, A.L., 1987. The fishes. In: Bonaparte, J.F. (Ed.), *The Late Cretaceous Fauna from Los Alamitos*. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales (Paleontología)*, Buenos Ayres, pp. 111–120.
- Cunha, G. O., Santucci, R. M., de Andrade, M. B., & de Oliveira, C. E. M. 2020. Description and phylogenetic relationships of a large-bodied sphagesaurid notosuchian from the Upper Cretaceous Adamantina Formation, Bauru Group, São Paulo, southeastern Brazil. *Cretaceous Research*, 106, 104259.
- Cooper, S. L., Gunn, J., Brito, P. M., Zouhri, S., & Martill, D. M. 2023. A new fully marine,

- short-snouted lepisosteid gar from the Upper Cretaceous (Turonian) of North Africa. *Cretaceous Research*, 151p, 105650
- Dias-Brito, D., Musacchio, E. A., Castro, J. C., Maranhão, M. S, Suárez, J. M, Rodrigues, R. 2001. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil – concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. *Revue Paléobiologie*, 20 (1), 245-304.
- Elliott, D. G. 2011. The skin. Functional morphology of the integumentary system in fishes. 13p.
- Fernandes, L.A., Coimbra, A.M., 1996. A Bacia Bauru (Cretaceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 68, 195-205.
- Fernandes, L. A., Coimbra. A. M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, 30 (4), 717-128.
- Fernandes, L. A. 2004. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. 2004. 216p. *Boletim Paranaense de Geociências*, 55, 53-66.
- Fernandes, L. A. 2010. Calcretes e registros de paleossolos em depósitos continentais neocretáceos (Bacia Bauru, Formação Marília). *Revista Brasileira de Geociências*, 40 (1), 19-35.
- Fernandes, L. A., & Ribeiro, C. M. M. 2015. Evolution and palaeoenvironment of the Bauru Basin (Upper Cretaceous, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 61, 71-90.
- Figueiredo, F.J. & Costa-Carvalho, B.C.M. 1999. *Plesiocurimata alvarengai* gen. et sp. nov. (Teleostei: Ostariophysi: Curimatidae) from the Tertiary of Taubaté Basin, São Paulo State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 71 (4-II): 885-893.
- Freitas, R. C., Batezelli, A., Muniz, F. P., Ribeiro, D. C., Ruiz, J. V., Alves, Y. M., ... & Montefeltro, F. C. 2023. A microvertebrate assemblage from the Adamantina Formation (Bauru Group, Upper Cretaceous) in São Paulo State, Brazil. *Cretaceous Research*, 150, 105589.
- Friedman, M. 2015. The early evolution of ray-finned fishes. *Palaeontology*, 58 (2), 213-228.
- Fine, M. L. C. B., King, J. P., Friel, K. E., Loesser & S. Newton. 1999. Sound production and locking of the pectoral spine of the channel catfish. *American Fisheries Society Symposium*, 24: 105-114.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & R. van der Laan (eds) 2023. *Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References*. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 03/10/2023.
- Gayet, M. 1982. Découverte dans le Crétacé supérieur de Bolivie des plus anciens Characiformes connus. *C. R. Acad. Sci.*, (2), 294: 1037-1040.

- Gayet M, Meunier FJ. 1983. Ecailles actuelles et fossiles d'ostéoglossiformes (Pisces, Téléostéens). *Compte Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, série 3, Sciences de la Vie* 297: 539–542.
- Gayet, M. 1985. Contribution à l'étude anatomique et systématique de l'ichthyofaune cénomaniennne du Portugal. III: Complément à l'étude des Ostariophysaires. *Comum. Serv. Geol. Portugal*, 71, (1): 91-117.
- Gayet, M., Brito, P., 1989. Ichinofaune nouvelle du Cretacé supérieur du Groupe Bauru (Etats de Sao Paulo y Minas Gerais, Bresil). *Geobios* 22, 841-847.
- Gayet, M., 1990. Nouveaux Siluriformes du Maastrichtien de Tiupampa (Bolivie). *C. R. Académie des Sciences de Paris* 310, 867–872.
- Gayet, M. 1991. Holostean and teleontean fishes from Bolivia. 453-494. In Suarez-Soruco, R. (ed.). *Fosiles y facies de Bolivia, I. Vertebrados*. *Revista Tecnica de Yacimiento Petroleo Fiscales Bolivianos*, 12, 359-718.
- Gayet, M., Marshall, L.G., Sempere, T., Meunier, F.J., Cappeta, H., Rage, J.C., 2001. Middle Maastrichtian vertebrates (fishes, amphibians, dinosaurs and other reptiles, mammals) from Pajcha Pata (Bolivia. Biostratigraphic, palaeoecologic and palaeobiogeographic implications). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 169, 39e68. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00214-0](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00214-0).
- Grande, L., & Eastman, J. T. 1986. A review of Antarctic ichthyofaunas in the light of new fossil discoveries. *Palaeontology*, 29(1), 113-137.
- Grande, L., Bemis, W. E. 1998. A comprehensive phylogenetic study of amiid fishes (Amiidae) based on comparative skeletal anatomy. an empirical search for interconnected patterns of natural history. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18 (1), 1-696.
- Grande, L. 2010. An empirical synthetic pattern study of gars (Lepisosteiformes) and closely related species, based mostly on skeletal anatomy. The resurrection of Holostei. *Ichthyology & Herpetology*, 10 (2A), 1.
- Ghilardi, R. P.; Rosa, M. S. A. S. M. 2010. Anatomia interna de alguns moluscos bivalves fósseis do Grupo Bauru (cretáceo superior, Bacia Bauru), Brasil: implicações paleoecológicas. Doi: <http://dx.doi.org/10.5212/TerraPlural.v.4i1.113120>. *Terr@ Plural*, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 113–120.
- Gobbo-Rodrigues, S.R., Petri, S. & Bertini, R.J. 1999. Ocorrências de ostrácodes na Formação Adamantina do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná e possibilidades de correlação com depósitos isócronos argentinos. Parte I – Família Ilyocyprididae. *Acta Geológica Leopoldensia*, 23, 3–13.
- Hilton, E. J. 2003. Comparative osteology and phylogenetic systematics of fossil and living bony-tongue fishes (Actinopterygii, Teleostei, Osteoglossomorpha). *Zoological Journal of the Linnean Society* 137:1-100.

- Ihering, R. V. 1911. Fósseis de S. José de Rio Preto (estado de São Paulo). – Rev. Mus. Paulista, 8: 141-146.
- Jawad, L.A. 2005. Comparative morphology of scales of four teleost fishes from Sudan and Yemen. *Journal of Natural History*, v. 39, n. 28, p. 2643–2660.
- Kardong, K. V. 2016. Vertebrados: anatomia comparada, função e evolução / Kenneth V. Kardong; tradução Claudia Lucia Caetano de Araujo, Idilia Vanzellotti, Patricia Lydie Voeux. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Kawasaki, K., Sasagawa, I., Mikami, M., Nakatomi, M., & Ishiyama, M. 2022. Ganoin and acrodin formation on scales and teeth in spotted gar: A vital role of enamelin in the unique process of enamel mineralization. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*. v. 340, n. 7, p. 455-468.
- Kirchheim, P. D., & Goulart, E. 2010. Ecomorfologia de predação e antipredação em Siluriformes (Osteichthyes). *Oecologia Australis*, 14(2), 550-568.
- Lagler, K.F. 1947. Lepidological studies. *Transactions of the American Microscopical Society*, v. 66, n. 2, p. 149-171.
- Lindoso, R.M.; Maisey, J.G. & Carvalho, I.S. 2016. Ichthyofauna from the Codó Formation, Lower Cretaceous (Aptian, Parnaíba Basin), Northeastern Brazil and their paleobiogeographical and paleoecological significance. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 447:53–64. doi:10.1016/j.palaeo.2016.01.045.
- Lindoso, R. M., Carvalho, I. S. 2021. The Cretaceous fishes of Brazil. *Ancient Fishes and their Living Relatives: a Tribute to John G. Maisey*. Alan Pradel, John S. S. Dentron & Philippe Janvier. pp. 233-238.
- Maisey, J.G. 1991. *Santana Fossil: an illustrated Atlas*. Nova Jersey, TFH Publications, 459 p.
- Malabarba, M.C.S.L. 1998. Phylogeny of fossil Characiformes and paleobiogeography of the Tremembé Formation, São Paulo, Brazil. In: Malabarba, L.R.; Reis, R.E.; Vari, R.P.; Lucena, Z.M. & Lucena, C.A.S. (eds.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. p. 69-84. Porto Alegre, Edipucrs.
- Malabarba, M.C.S.L. 2000. Os peixes da Formação Tremembé e paleobiogeografia da Bacia de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Universidade de Guarulhos: Geociências*, São Paulo, 5(6): 36-46.
- Malabarba, M. C., & Malabarba, L. R. 2008. A new cichlid *Tremembichthys garciae* (Actinopterygii, Perciformes) from the Eocene-Oligocene of eastern Brazil. *Rev. Bras. Paleontol*, 11, 59-68.
- Martill, D. M., & Brito, P. M. 2000. First record *Calamopleurus* (Actinopterygii: Halecomorphi: Amiidae) from the Crato Formation (Lower Cretaceous) of North-East Brazil. *Oryctos*. Vol. 3: 3-8.
- Martinelli, A.G., Bogan, S., Agnolin, F.L., Ribeiro, L.C.B., Cavellani, C.L., Ferraz, M.L.F.,

- Teixeira, V.P.A., 2013. First fossil record of amiid fishes (Halecomorphi, Amiiformes, Amiidae) from the Late Cretaceous of Uberaba, Minas Gerais State, Brazil. *Alcheringa Australas. J. Palaeontol.* 37 (1), 105–113.
- Martinelli, A. G., Teixeira, V. P. A. 2015. The Late Cretaceous vertebrate record from the Bauru Group in the Triângulo Mineiro, southeastern Brazil. *Boletín Geológico y Minero*, 126 (1), 129-158.
- Martinelli, A. G., Bogan, S., Agnolin, F. L., Ribeiro, L. C. B., Cavellani, C. L., Ferraz, M. L. F., Teixeira, V. P. A. 2012. First fossil record of amiid fishes (Halecomorphi, Amiiformes, Amiidae) from the Late Cretaceous of Uberaba, Minas Gerais State, Brazil. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*. <https://doi.org/10.1080/03115518.2012.709444>.
- Mendes, I. S. 2019. Análise morfológica de escamas de peixes teleósteos do Alto Rio Guamá na mesorregião Nordeste Paraense. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural da Amazônia. 69p.
- Mineiro, A. S., Santucci, R. M., da Rocha, D. M. S., de Andrade, M. B., & Nava, W. R. 2017. Invertebrate ichnofossils and rhizoliths associated with rhizomorphs from the Marília Formation (Echaporã Member), Bauru Group, Upper Cretaceous, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 80, 529-540.
- Mineiro, A. S., & Santucci, R. M. 2018. Ichnofabrics and ichnofossils from the continental deposits of the Serra da Galga Member, Marília Formation, Bauru Group (Upper Cretaceous), Uberaba, Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 86, 287-300.
- Meunier F. & Poplin C. 1995. Paleohistological study of the scales of *Amia robusta* PRIEM, 1901, Amiidae from the Thanetian (Paleocene) of Cernay (France). [Etude paléohistologique des écailles d'*Amia robusta* PRIEM, 1901, Amiidae du Thanetien (Paléocène) de Cernay (France)]. *GEOBIOS*, M.S. n ° 19 : 39-43.
- Nava, W.; Vallilo, R.; Paixão, G.; Kaluza, J. & Martinelli, A.G. 2021. First record of an amiid fish (Halecomorphi, Amiiformes, Amiidae) from the Upper Cretaceous Araçatuba Formation, Western São Paulo State, Brazil. *Historia Natural*, 11:2021/53–60.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the World* (4ed.). New York: Wiley, 624p.
- Near, T. J., & Thacker, C. E. 2023. Phylogenetic classification of living and fossil ray-finned fishes (Actinopterygii). *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*, 65. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8352027>
- Oliveira, F. A., & Santucci, R. M. 2017. Criteria for recognition and taphonomy of coprolites from the Serra da Galga Member, Marília Formation (Upper Cretaceous), Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 78, 1-16.
- Oliveira, F. A., & Santucci, R. M. 2020. Palynological analysis of coprolites from the Marília Formation, Bauru Group (Upper Cretaceous), Minas Gerais, Brazil. *Cretaceous Research*,

115, 104545.

- Patterson, C. 1993. Osteichthyes: Teleostei, p. 622–656. In M. J. Benton (ed.), The Fossil Record 2. Chapman and Hall, London.
- Petri, S. 1955. Charophyta Cretácicas de São Paulo (Formação Baurú). Sociedade Brasileira de Geologia, 4 (1), 67-72.
- Ribeiro, C. M. M., Carvalho, I. D. S., & Nava, W. R. 2006. Ovos de crocodilomorfos da Formação Araçatuba (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), Brasil. Paleontol Vertebr Gd Temas E Contrib Científicas Rio Jan Ed Interciência, 285-292.
- Santos, R. S. *Lapisosteus cominatoï* n. sp., da Formação Bauru, Estado de São Paulo, Brasil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 56 (2), 197-202, 1984.
- Santos, R. Silva. 1985. *Laeliichthys ancestralis*, novo gênero e espécie de Osteoglossiformes do Aptiano da Formação Areado, Estado de Minas Gerais, Brasil. 161-167.
- Santos, D. M., Santucci, R. M., Oliveira, C. E. M. Andrade, M. B. 2022. A baurusuchid yearling (Mesoeucrocodylia, Crocodyliformes), from the Adamantina Formation, Bauru Group, Upper Cretaceous of Brazil. *Historical Biology*, 34(11), 2137-2151. DOI: 10.1080/08912963.2021.2001807.
- Santucci, R.M., Bertini, R.J., 2001. Distribuição paleogeográfica e biocronológica dos Titanossauros (Saurischia, Sauropoda) do Grupo Bauru, Cretáceo Superior do Sudeste Brasileiro. Revista Brasileira de Geociências 31, 307e314. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2001313307314>.
- Santucci, S. M., Arruda Campos, A. C. 2011. A new sauropod (Macronaria, Titanosauria) from the Adamantina Formation, Bauru Group, Upper Cretaceous of Brazil and the phylogenetic relationships of Aeolosaurini, Zootaxa, 3085 (1), 1-33.
- Schaeffer, B. 1947. Cretaceous and Tertiary actinopterygian fishes from Brazil. Bulletin of the American Museum of Natural History, 89:1-38.
- Schultze, H.-P. 2015. Scales, Enamel, Cosmine, Ganoine, and Early Osteichthyans. C. R. Palevol. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crpv.2015.04.001>
- Soares, P. C., Landim, P. M. B., Fúlfaro, V. J., Neto, A. F. S. 1980. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. Revista Brasileira de Geociências. 10, 30-31.
- Soares, M. V. T., Basilici, G., da Silva Marinho, T., Martinelli, A. G., Marconato, A., Mountney, N. P., ... & Ribeiro, L. C. B. 2021. Sedimentology of a distributive fluvial system: The Serra da Galga Formation, a new lithostratigraphic unit (Upper Cretaceous, Bauru Basin, Brazil). Geological Journal, 56(2), 951-975.
- . Sullivan, R. M Steven E. Jasinski & Thomas E. Williamson. 2023. The first articulated skull roof and braincase of *Melvius chauliodous* (Amiidae, Vidalamiinae) from the Upper Cretaceous Kirtland Formation, San Juan Basin, New Mexico, Journal of Vertebrate

Paleontology, DOI: 10.1080/02724634.2023.2264341.

- Travassos, H.; Silva Santos, R. 1955. Caracídeos fósseis da Bacia do Paraíba. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 27(3): 297-322.
- Veiga, I.M.M.G.; Bergqvist, L.P. & Brito, P.M. 2019. The fish assemblage of the Cretaceous (?Albian-Cenomanian) Açu Formation, Potiguar Basin, Northeastern Brazil. Journal of South American Earth Sciences, 93:162–173. doi:10.1016/j.jsames.2019.04.015.
- Wenz, S., & Brito, P. M. (1992). Première découverte de Lepisosteidae (Pisces, Actinopterygii) dans le Crétacé inférieur de la Chapada do Araripe (NE du Brésil). Conséquences sur la phylogénie des Ginglymodi. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de L'univers, Sciences de la Terre, 314(13), 1519-1525.
- Wenz, S. 1995. Les Amiidés du Crétacé inférieur du Montsec (Province de Lleida, Espagne): *Urocles sauvagei* (Vidal, 1915) synonyme de *Vidalamia catalunica* (Sauvage, 1903). Treb. Mus. Geol. Barcelona, 4: 5-13.
- Woodward, A.S. 1898. Considerações sobre alguns peixes terciários dos schistos de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil. Revista do Museu Paulista, 3: 63-70.
- Wright, J. J., Bruce, S. A., Sinopoli, D. A., Palumbo, J. R., & Stewart, D. J. 2022. Phylogenomic analysis of the bowfin (*Amia calva*) reveals unrecognized species diversity in a living fossil lineage. Scientific reports, 12(1), 16514.

2. CAPÍTULO

NOVAS OCORRÊNCIAS DE RESTOS DE PEIXES (ACTINOPTERYGII) DO GRUPO BAURU, CRETÁCEO SUPERIOR, DA REGIÃO DE PRESIDENTE PRUDENTE, ESTADO DE SÃO PAULO

NOVAS OCORRÊNCIAS DE RESTOS DE PEIXES (ACTINOPTERYGII) DO GRUPO BAURU, CRETÁCEO SUPERIOR, DA REGIÃO DE PRESIDENTE PRUDENTE, ESTADO DE SÃO PAULO

Resumo

A diversidade de peixes do Grupo Bauru abrange actinopterígios como Lepisosteidae, Amiidae, Osteoglossiformes, Characiformes, Perciformes e Siluriformes, e alguns registros de dipnoicos, mas que, dado o grau de escassez de exemplares mais completos ainda é pouco conhecida quando comparada com os estudos de outros vertebrados fósseis da unidade. Neste trabalho são descritos novos materiais de peixes coletados de depósitos das formações Araçatuba e Adamantina da região de Presidente Prudente, Estado de São Paulo. Reportamos aqui a primeira ocorrência de um Lepisosteidae juvenil para o Grupo Bauru da Formação Adamantina. O material é representado por um dentário esquerdo e apresenta, entre outras características, três dentes cônicos robustos e com forte plicidentina, ausência de uma fileira de dentes menores laterais, semelhante ao gênero *Atractosteus*. A paleoictiofauna dessas duas unidades são bem parecidas, com registros de Lepisosteidae, Siluriformes e Characiformes contribuindo para um melhor entendimento da diversidade da paleoictiofauna do Grupo Bauru.

Palavras-chave: Lepisosteidae; Characiformes; Siluriformes; Grupo Bauru; Tafonomia

1. INTRODUÇÃO

Os peixes do Grupo Bauru compreendem uma diversidade relativamente grande, com registros de Lepisosteidae, Amiidae, Osteoglossiformes, Characiformes, Perciformes e Siluriformes (Gayet & Brito, 1989; Bertini *et al.*, 1993; Alves *et al.*, 2016; Alves *et al.*, 2021; Cidade *et al.*, 2022; Freitas *et al.*, 2023). Apesar de ser um dos depósitos fossilíferos Cretáceos mais ricos e diversos do Brasil, possui uma fauna diversa de peixes que ainda não é muito estudada. Os registros desses peixes para a unidade são baseados em fragmentos de dentes isolados, restos cranianos, escamas e vértebras (Bertini *et al.* 1993; Santos *et al.* 1984; Alves *et al.* 2016), provenientes de depósitos lacustres e fluviais (Batezelli, 2010).

Lepisosteioidea (Brito *et al.* 2017) é um grupo de peixes Actinopterígios, com duas famílias, Lepisosteidae e †Obaichthyidae, caracterizado pela presença de escamas ganoides espessas formando uma espécie de armadura, assim com os dentes, que são estriados devido ao dobramento da camada de dentina (Grande, 2010). A família Lepisosteidae possui dois gêneros

viventes (*Lepisosteus* e *Atractosteus*), com sete espécies restritas a lagos e rios da América do Norte, América Central e Cuba, habitando ambientes de água doce a salobra, exceto pela espécie *Atractosteus spatula* que pode habitar ambientes marinhos ocasionalmente. São peixes essencialmente piscívoros, mas com algumas espécies fósseis (†*Masillosteus*) adaptadas para uma alimentação baseada provavelmente em artrópodes e moluscos (Grande, 2010).

O registro fóssil de Lepisosteioidea abrange rochas desde o Jurássico Superior, com a espécie *Nhanulepisosteus mexicanus* (Brito et al. 2017) dos depósitos da Formação Sabinal, Oaxaca, México. Durante o Cretáceo sua distribuição pelo mundo é evidente nos depósitos da América do Norte, América do Sul, Europa, África e Índia (Grande, 2010), com diversos exemplares completos provenientes da Formação Green River (EUA) (Grande, 2010), Formação Messel, Alemanha (Micklich & Klappert, 2004) e Formação Santana, Brasil (Wenz & Brito, 1992). O estudo desses peixes proporcionou um avanço significativo para o entendimento da sua distribuição geográfica, paleoecologia e relações filogenéticas.

Os Siluriformes são, atualmente, muito biodiversos e possuem uma distribuição biogeográfica global, exceto na Antártica onde há apenas registro fóssil do grupo (Grande & Eastman, 1986). Dito isso, eles são frequentemente alvo de estudos em ecologia, biogeografia e sistemática filogenética. São poucos os registros de Siluriformes fósseis nos depósitos brasileiros, sendo eles baseados em fragmentos de crânio, espinhos peitorais e dorsais (Gayet & Brito, 1989; Bertini *et al.*, 1993; Alves *et al.*, 2016, Alves *et al.*, 2019). Sendo assim, novos registros de Siluriformes são de extrema importância para o entendimento da distribuição geográfica desse grupo, visto que é um dos clados mais biodiversos do mundo, com 41 famílias e aproximadamente 7.300 espécies válidas (Fricke *et al.*, 2023).

Os Characiformes atualmente possuem em torno de 2.238 espécies e 21 famílias (Fricke *et al.*, 2023), sendo caracterizados por possuir mandíbulas não protusivas e são exclusivos de ambientes de água doce. O registro fóssil mais antigo de Characiformes (Erythrinidae e Serrasalminidae) da América do Sul provém de depósitos da Formação El Molino, Bolívia (Campaniano/Maastrichtiano), e inclui dentes e fragmentos ósseos (Gayet, 1982, 1991). Os primeiros registros de Characiformes para o Cretáceo brasileiro são de Uberaba, Minas Gerais, baseados em dois dentes isolados (Gayet & Brito, 1989). Nas rochas cenozoicas são bastante comuns nos depósitos do Eoceno e Oligoceno da Bacia de Aiuruoca, Minas Gerais, com as espécies †*Paleotetra aiuruoca*, †*Paleotetra entrecorregos* e †*Bryconetes enigmaticus* (Malabarba, 2004; Weiss et al., 2014) e depósitos lacustres do Mioceno brasileiro, Bacia de Taubaté (Schaeffer, 1947; Malabarba, 1998), representados por duas famílias, Characidae

(†*Brycon avus*, †*Lignobrycon ligniticus*, †*Megacheiroduon unicus*) (Woodward, 1898; Travassos & Santos, 1955). A segunda família, Curimatidae, está representada na unidade por †*Cyphocharax mosesi* (Travassos & Santos, 1955); †*Plesiocurimata alvarengai* (Figueiredo & Costa-Carvalho, 1999).

Os restos fósseis de peixes do Grupo Bauru são poucos explorados, principalmente as escamas elasmoides que até então foram poquíssimas vezes relatadas (Gayet & Brito, 1989; Freitas *et al.*, 2023). Com o intuito de trazer novas contribuições acerca das escamas ganoides e elasmoides junto a novas ocorrências de restos cranianos inéditos, este trabalho tem como objetivo descrever a morfologia dos ossos, escamas com base em técnicas de microtomografia computadorizada e segmentação 3D. Assim como a utilização de dados morfométricos da micro-ornamentação na superfície das escamas ganoides, histologia e descrição morfológica para uma melhor caracterização dessas escamas.

1.1 Contexto Geológico Regional

A Bacia Bauru (Fig. 1) representa um dos depósitos Cretáceos fossilíferos mais ricos do Brasil, se estende pelos estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás (Fernandes & Coimbra, 2000). Sua área de exposição é de aproximadamente 370.000 km² com uma espessura de até 300 metros (Fernandes, 2004). Sua sequência deposicional ocorreu sob sistemas eólicos, aluviais, fluviais e lacustres, depositados sob condições de clima semiárido e árido (Batezelli, 2010; Fernandes, 2010). Em termos de idade, o processo deposicional ocorreu entre o Campaniano e o Maastrichtiano, datado com base em fósseis de ostracodes (Gobbo-Rodrigues *et al.*, 1999; Dias-Brito *et al.*, 2001), titanossauros (Santucci & Arruda Campos, 2011). Castro *et al.* (2018) estimaram, por meio de datação de grãos de zircão, uma idade absoluta não maior que 87,8 Ma para depósitos da Formação Adamantina no Estado de São Paulo. Recentemente, Arai & Fernandes (2023) dataram palinomorfos da Formação Araçatuba com idade Campaniano inferior, demonstrando que toda a sequência não é mais antiga que esse intervalo.

Classicamente, as rochas do Grupo Bauru são divididas nas formações Araçatuba, Adamantina, Uberaba e Marília (e.g. Soares *et al.* 1980; Fernandes & Coimbra, 1996). Embora diferentes autores tenham proposto diferentes alterações na divisão estratigráfica (e.g. divisão da Formação Adamantina nas formações Vale do Rio do Peixe, Presidente Prudente e São José do Rio Preto (Fernandes & Coimbra, 1998) ou separação dos membros Serra da Galga e Ponte

Alta da Formação Marília, sob a nova denominação de Formação Serra da Galga (Soares *et al.* 2021). As formações nas quais obteve-se os fósseis desse trabalho foram: Araçatuba e Adamantina, na região de Presidente Prudente, seguindo a divisão estratigráfica de Batezelli (2010), por simplificação.

A Formação Araçatuba corresponde à base do Grupo Bauru e está em contato discordante com os basaltos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) e Formação Santo Anastácio (Grupo Caiuá). É composta por arenitos muito finos e siltitos de cor cinza esverdeado com cimentação carbonática, associados à marcas de raízes, estruturas do tipo *climbing ripples*, moldes de cristais salinos e no topo, estratificação plano-paralela. Encontram-se também, marcas de gretas de ressecamento indicando ambiente paludal de águas salinas rasas com períodos de seca (Fernandes & Coimbra, 2000; Fernandes *et al.*, 2003). Nela, ocorrem fósseis de restos de peixes (Nava *et al.*, 2021), algas carófitas, conchostráceos e braquiópodes (Fernandes & Coimbra, 1998), palinórfos (Arai & Fernandes, 2023), ovos de crocodilomorfos (Ribeiro *et al.*, 2006) e crocodilomorfos (Pinheiro *et al.*, 2021).

A Formação Adamantina está interdigitada à Formação Araçatuba (Batezelli, 2010). Nela, encontram-se arenitos avermelhados, lamitos e conglomerados com estratificação cruzada acanalada e estratificação plano-paralela (Batezelli, 2010), depositada por sistema fluvial entrelaçado (Fernandes & Coimbra, 2000). Essa unidade é conhecida pela ocorrência de peixes Lepisosteidae, Amiidae, Siluriformes, Osteoglossiformes, Perciformes e Characiformes. Além de crocodilomorfos, dinossauros abelissaurídeos e titanossauros, aves e quelônios (Bertini *et al.*, 1993; Bertini *et al.*, 2006; Martinelli *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2016; Alves *et al.*, 2019; Cidade *et al.*, 2022). Parte do material aqui descrito foi coletado do afloramento “Tartaruguito”, conhecido pelo registro abundante de fósseis de testudinos, *Bauruemys elegans*, baseado em vários esqueletos completos (Bertini *et al.* 2006). Outros fósseis também já foram reportados para esse local, como o crocodilomorfo *Pepesuchus deisae* (Suarez, 1969; Campos *et al.*, 2011).

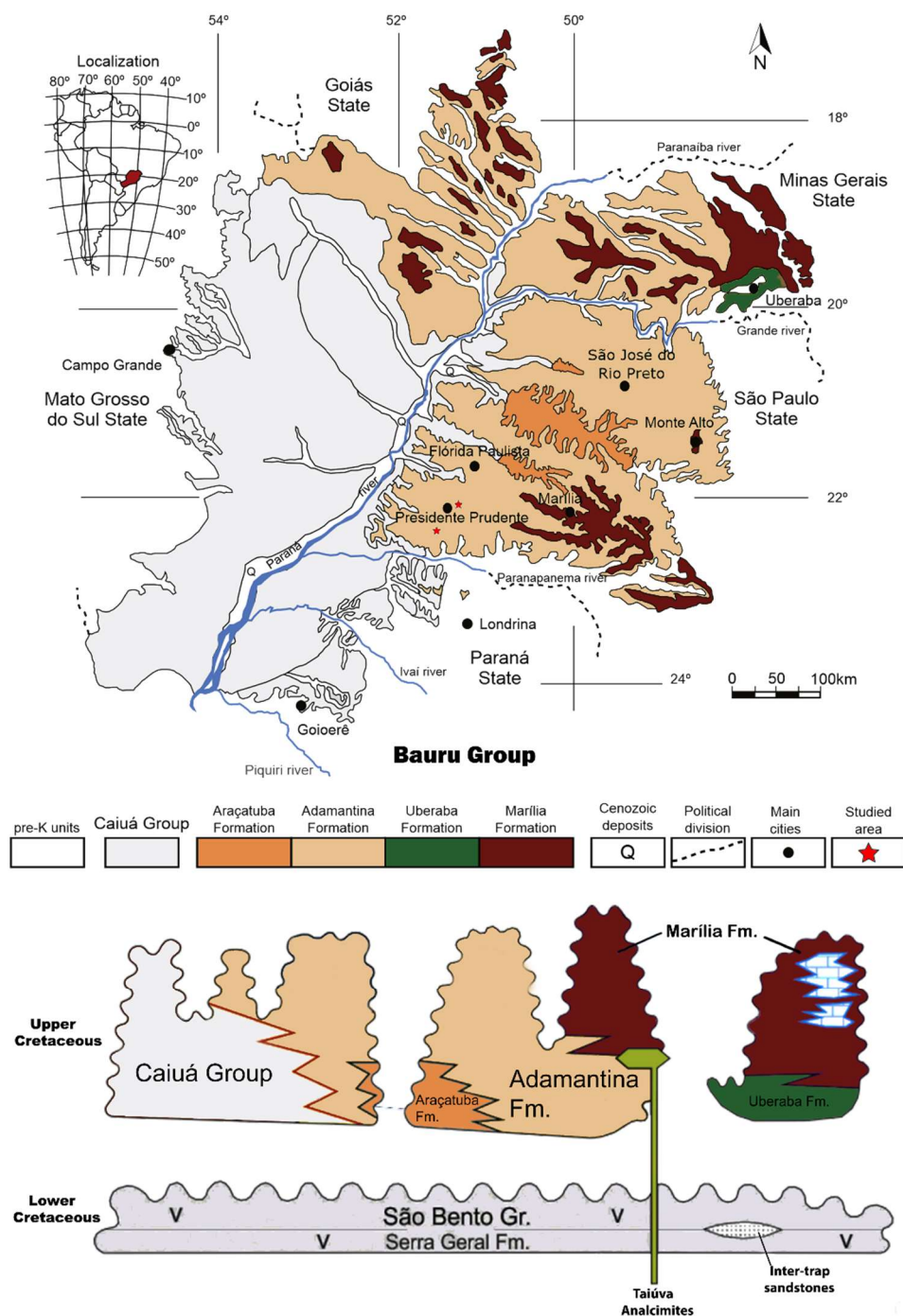


Figura 1. Mapa geológico da Bacia Bauru, depositada sobre a Formação Serra Geral, e a relação estratigráfica de suas principais unidades, com indicação dos pontos de coleta na Formação Araçatuba e Formação Adamantina, nos arredores de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Compilado de Fernandes & Coimbra (1996,2000) e modificado de Fernandes & Ribeiro (2015).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os fósseis foram coletados em afloramentos na região de Presidente Prudente, Estado de São Paulo. A coleta foi realizada em um corte de estrada de ferro abandonado, no Distrito de Pirapozinho, localização vide Rosa (2013). Diversos blocos foram coletados e categorizados de acordo com os eventos de deposição. Esse material é proveniente de trabalhos de campo

realizados em 2017 e 2021. Em 2021 também foram feitas novas coletas de materiais, dessa vez, provenientes da Formação Araçatuba, na região de Presidente Prudente, próximo à cidade de Coronel Goulart, localização vide Nava *et al.* (2021).

Os fósseis estudados estão depositados na Coleção Paleontológica do Laboratório de Paleontologia de Dinossauros e Afins (LaPaDA), da Faculdade UnB Planaltina (FUP). O material consiste em escamas ganoides e escamas amioides isoladas, dentário esquerdo, fragmento de lacrimomaxilar, dois parasfenoides, fragmento de dentes do osso dermopalatino, fragmento de espinho peitoral de diferentes grupos de peixes, principalmente de Lepisosteidae.

O material encontra-se em um arenito fino e intercalações de siltito, com níveis fortemente cimentados. Sendo assim, foram preparados exclusivamente com técnicas mecânicas, com auxílio de ferramentas como ponteiras, agulhas, caneta pneumática e pincéis para uma retirada do sedimento.

Devido ao tamanho pequeno dos fósseis, a preparação ocorreu sob uma lupa binocular estereoscópica. Em caso de quebra do fóssil, a estabilização foi realizada com o polímero Paraloid B-72, diluído em álcool etílico absoluto. O consolidante Paraloid B-72 tem se mostrado um ótimo estabilizante a longo prazo e eficiente na conservação dos fósseis, podendo ser reversível, caso necessário (Russel & Strilinsky, 2016).

Os exemplares foram descritos seguindo a nomenclatura morfológica da literatura específica para cada grupo. A comparação anatômica dos espécimes classificados como Lepisosteidae foi feita com base nas descrições das seguintes espécies: *Lepisosteus osseus*; *L. oculatus*; *L. platyrhincus*; *L. platostomus*; †*L. bemisi*; †*L. indicus*; *Atractosteus spatula*; *A. tristoechus*; *A. tropicus*; †*A. grandei*; †*A. atrox*; †*A. simplex*; †*A. messelensis*; †*Oniichthys falipoui*; †*Cuneatus cuneatus*; †*C. wiley*; †*C. maximus*; †*Masilosteus keleri*; †*M. janeae*; †*Nhanulepisosteus mexicanus*; †*Grandemarinus gherisensis*; †*Obaichthyis decoratus*; †*O. africanus*; †*Dentilolepisosteus laevis* (Grande, 2010; Brownstein *et al.*, 2022; Brownstein & Lyson, 2022; Cooper *et al.*, 2023). Para descrição histológica utilizou-se a nomenclatura de Thomson & McCune (1984).

A nomenclatura morfológica usada para o fragmento de espinho peitoral de Siluriformes segue Maciente (2013) e Alves *et al.* (2019). Para a descrição das escamas

elasmoides utilizou-se a terminologia de Bräger & Moritz (2016), Jawad (2005) e Lagler (1947).

Escamas de animais recentes e fósseis foram utilizadas para comparação: *Amia calva*: MZUSP-107946; †*L. cominatoi*: 206a-V; 206b-V; 206c-V, IGG-SP.

Para interpretação e reconstrução dos aspectos tafonômicos e paleoecológicos seguiu-se a literatura escrita por Elder & Smith (1988), Wilson & Barton (1996), Behrensmeyer *et al.* (2000), Mancuso (2012) e Gáb *et al.* (2020). Seguindo os seguintes critérios e atribuições aos espécimes: grau de preservação; grau de articulação; estrutura sedimentar; fácies sedimentar; unidade (Tabela 1), conforme os itens a seguir:

I - Grau de preservação (1) espécime completo sem fraturas ou quebra; (2) espécime quase inteiro com fraturas ou quebra; (3) espécime indissociável taxonomicamente. **II** - Grau de articulação (1) isolado; (2) parcialmente articulado; (3) completamente articulados. **III** – Sinais de abrasão (1) sem abrasão; (2) pouca abrasão; (3) médio grau de abrasão; (4) alto grau de abrasão.

2.1 Imagens das escamas e análise de MEV

As análises do padrão de ornamentação foram feitas por meio de imagens do microscópio eletrônico de varredura (MEV) JEOL JCM-5000 NeoScope do Laboratório de Micropaleontologia do IG-UnB, sem necessidade de metalização das mesmas. As demais imagens foram feitas sob lupa binocular estereoscópica Zeiss modelo Stemi 508. As medições de diâmetro e espaçamento entre as protuberâncias na superfície das escamas foram feitas via software ImageJ. As lâminas histológicas das escamas foram confeccionadas no Laboratório de Paleontologia de Dinossauros e Afins (LaPaDA) – UnB. As comparações dos dados foram feitas com os trabalhos de Brito *et al.* (2000) Gayet *et al.* (2002), Alves *et al.* (2021), Szabó & Osi (2017).

2.2 Microtomografia

Os exemplares FUP-Pv 000080 e FUP-Pv000089 foram escaneados em um microtomógrafo, no Laboratório de Materiais Cerâmicos e Nanoestruturados (LMCNano) da Universidade de Brasília (UnB), resultando em 1340 fatias. O dentário esquerdo foi tomografado no Laboratório de Caracterização tecnológica na USP, resultando em 1001 fatias. No total foram tomografados o dentário esquerdo, fragmento de lacrimomaxilar e um bloco menor com vários ossos do crânio de Lepisosteidae.

A segmentação da imagem de tomografia do exemplar FUP-Pv 0000091 (dentário esquerdo) foi realizada no método de segmentação semiautomática, no software ITK-SNAP versão 4.0.1 (Yushkevich *et al.*, 2006). O exemplar FUP-Pv 000080 (lacrimomaxilar) foi segmentado manualmente no software InVesalius 3.1.

3. RESULTADOS

3.1 Descrição do Afloramento Coronel Goulart - Formação Araçatuba

O intervalo estudado corresponde a uma sequência de aproximadamente 13,3 m de altura da Formação Araçatuba. Sua base consiste em camadas centimétricas de lamito micáceo de cor variando de rosa/roxa acinzentada a avermelhada. Internamente, as camadas são maciças. Os níveis oxidados estão intercalados com os níveis rosas e cinza esverdeado. A partir de 35,0 cm da base ocorrem gretas de ressecamento de tamanho centimétrico/decimétrico, aproximadamente homogêneas de formato pentagonal e hexagonal. A 70,0 cm da base ocorrem marcas onduladas de cristas paralelas ligeiramente assimétricas, de direção N 124°. A 2,0 cm acima ocorre o mesmo tipo de marca ondulada com gretas de ressecamento.

As intercalações de cor marrom constituem argilitos maciços com icnofóssil de perfuração vertical com aproximadamente 2,5 cm de largura com seu interior preenchido por um material mais inconsolidado de argilito marrom. Os níveis de lamitos micáceos possuem, às vezes, fragmentos de argilitos marrom. Constituem níveis de 2 a 4 cm de espessura com maior cimentação carbonática com contato praticamente abrupto com os argilitos marrons.

No topo da sequência lacustre o nível de argilito marrom termina em contato erosivo. Acima, ocorre uma lente de 10 cm de conglomerado de matriz siltosa, cimentada por CaCO_2 , com seixos milimétricos de argilito ovalado, apresentando leve orientação (inclinação de baixo ângulo). As lentes apresentam vários metros de largura. Logo acima, ocorre um arenito fino com estratificação plano-paralela com aproximadamente 15 cm de espessura que muda para arenito fino bem selecionado de cor creme, de grãos essencialmente quartzosos, arredondados a angulosos com a presença de marcas onduladas. O arenito apresenta gretas de ressecamento com espaçamento de 2 cm e forte cimentação carbonática. Essa sequência é intercalada com camadas maciças de pelito marrom (Fig. 2), possuindo 10 – 20 cm de espessura ao longo de aproximadamente 1,20 m no perfil, muito semelhante aos argilitos lacustres da sequência

anterior. Nessa camada de arenito, ocorrem fósseis de peixes como, escamas do tipo amioide, escamas ganoides, vértebras isoladas, fragmentos de crânio e carapaças de testudinos.

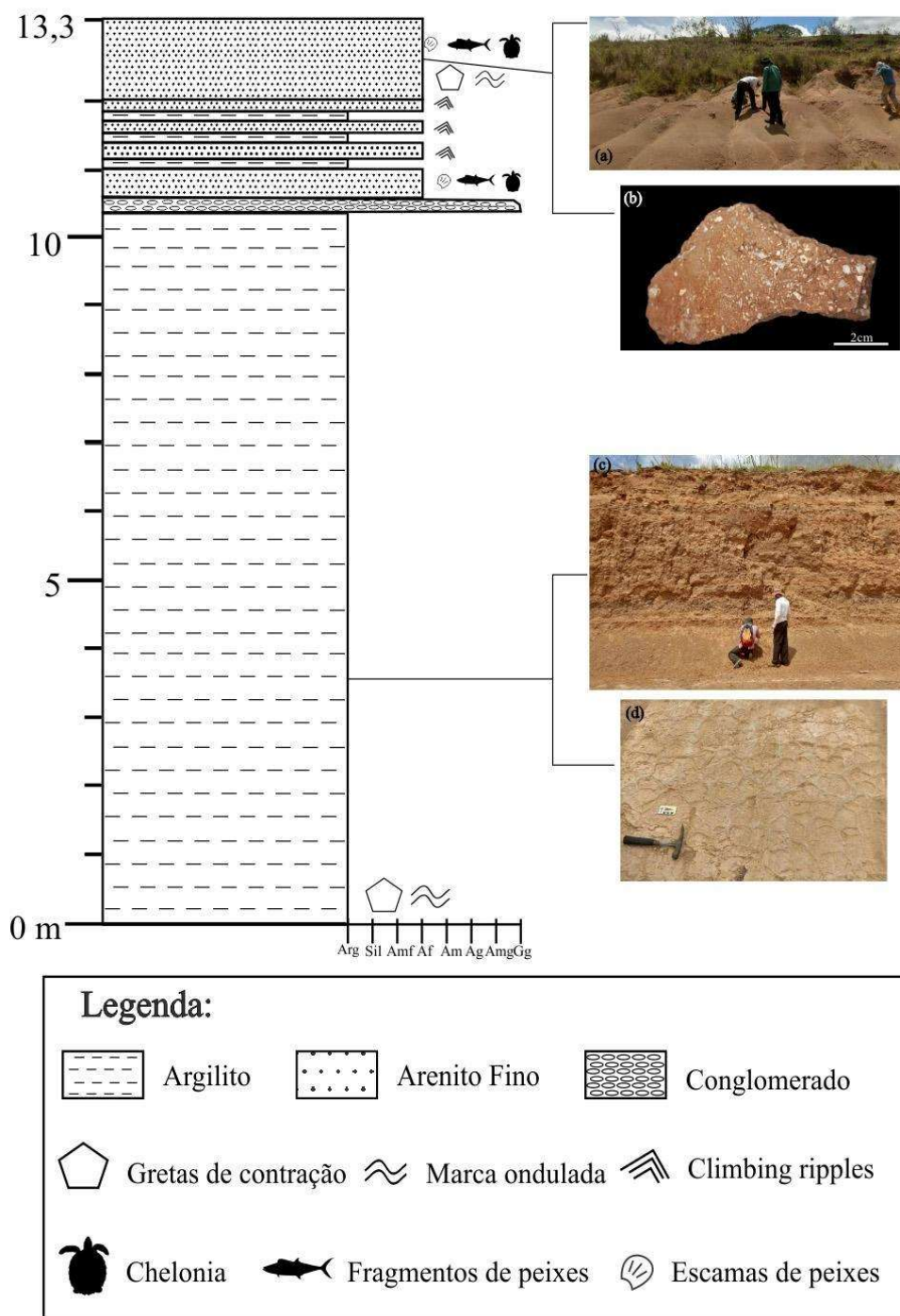


Figura 2. Perfil estratigráfico do afloramento próximo a Coronel Goulart. **a)** aspecto geral do topo; **b)** amostra contendo restos fósseis com alto grau de empacotamento; **c)** aspecto geral dos dez primeiros metros da camada de arenito fino; **d)** gretas de ressecamento. Para localização exata vide Nava et al. (2021).

Acima há uma camada de aproximadamente 1,3 m de arenito fino com laminação plano-paralela ou estrutura do tipo *wavy* de intercalação com lâminas milimétricas de lamito. Há evidências de estruturas de carga com rompimento das camadas superiores de arenito. Nessa camada (Fig. 2) ocorrem diversos fragmentos de peixes como vértebras, escamas ganoides de diversos tamanhos, espinho peitoral e restos de testudinos.

3.2 Descrição do afloramento Tartaruguito - Formação Adamantina

O intervalo estudado (Fig. 3) possui em torno de 5,5 m de altura e toda a sequência sedimentar está cimentada por carbonato de cálcio. Foi dividido em cinco camadas distintas com apenas As quatro primeiras apresentando fósseis, sendo elas:

A camada A (Fig. 3) representa a base da coluna com aproximadamente 1,7 m de espessura, corresponde a um arenito muito fino, de cor creme ou marrom claro, com intercalações de finas lâminas (submilimétricas) de siltito com cor marrom mais escuro e cimentação carbonática. Essas lâminas são descontínuas lateralmente. Há também marcas onduladas com níveis de minerais máficos (biotita). Esse nível da base é interrompido por uma camada de estrutura maciça, de cor avermelhada associada a fragmentos sub milimétricos de ossos. Observam-se escamas de peixe, vértebras, fragmentos centimétricos de testudinos (Fig. 3) e pequenos coprólitos. Ocorrem também, às vezes, pelotas de argilito milimétricas. Essa camada tem mais ou menos 20,0 cm de espessura e o topo não possui as lâminas de argilito/siltito, aparentando ser mais maciço, mas sem os níveis de minerais máficos.

A camada B consiste em um arenito bege avermelhado na base, fino, com cimentação carbonática e com os mesmos fósseis da camada A. Possui laminação plano paralela. Além de um icnofóssil (*Skolithos*) a aproximadamente 20,0 cm da base. Após uns 25,0 cm, os fósseis desaparecem e *climbing ripples* são visíveis. Nessa parte as *climbing ripples* se desenvolvem por mais ou menos 50 cm com várias ocorrências de fragmentos fósseis. Ocorrem, entretanto, perfurações do tipo *Skolithos* de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro e vários centímetros de comprimento cruzando as *ripples* e preenchidos por siltito avermelhado. No topo da sequência ocorrem fragmentos centimétricos de casco de testudinos dispostos horizontalmente. Também ocorrem lâminas de siltitos de mais ou menos 2,0 cm (Fig. 3).

A camada seguinte (C), corresponde a um arenito fino a médio, mal selecionado, com pelotas submilimétricas de siltito com uma incipiente laminação. Os primeiros 5,0 cm são avermelhados, acima a rocha fica mais esverdeada para o topo da sequência. Em certas porções

ocorrem fragmentos de testudinos menores que nas outras camadas e mais escamas de peixes lepisosteiformes. Mais na base há quatro ou cinco icnofósseis tipo *Skolithos* próximos ao contato com a camada B (Fig. 3).

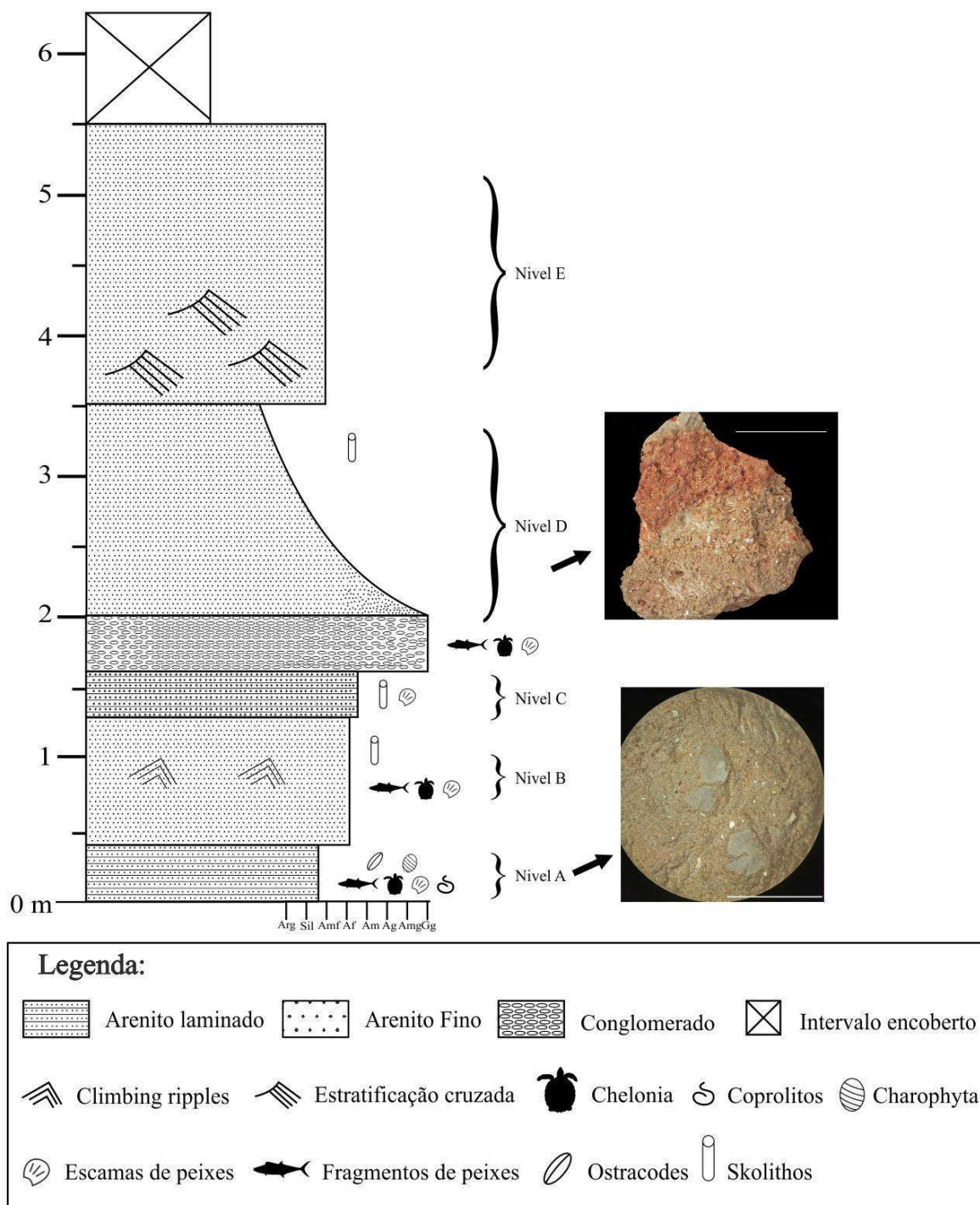


Figura 3. Perfil estratigráfico do afloramento Tartaruguito, Formação Adamantina, Pirapozinho (região de Presidente Prudente), Estado de São Paulo. **Nível A:** escamas elasmoides. **Nível D:** vários restos fósseis empacotados. Para localização exata vide Rosa (2013).

A camada D está em contato com uma lente de conglomerado de pelotas de argilito com fragmentos de testudinos e escamas de lepisosteiformes. Possui aproximadamente 20 cm de espessura e 3,0 m de largura. Aparentemente, apenas a parte conglomerática forma uma lente. Acima grada para um arenito fino esverdeado com porções marrom/avermelhado. A parte não conglomerática da camada D consiste em um arenito fino maciço avermelhado, gradando para um siltito arenoso no topo de cor marrom avermelhada. O pacote todo tem aproximadamente 1,5 m de espessura. No topo foram encontrados *Skolithos* preenchidos por um material mais grosso (arenito). Ocorrem a aproximadamente 30 cm abaixo do contato com a camada do Nível E (Fig. 3).

O contato com a camada seguinte (E) é erosivo. Essa camada consiste em um arenito alaranjado/avermelhado com estratificação cruzada incipiente. Não há fósseis, aparentemente. Apresenta aproximadamente 2,0 m de espessura até o nível de solo que compõe o topo da sequência (Fig. 3).

3.3 Aspectos tafonômicos

Para a análise tafonômica, juntamente com as características encontradas nos depósitos sedimentares amostrados, foram atribuídos os seguintes critérios para os fósseis coletados segundo Elder & Smith (1988), Wilson & Barton (1996), Behrensmeyer *et al.* (2000), Mancuso (2012) e Gab *et al.* (2020) (vide Tabela 1).

Grau de preservação: (1) espécime completo sem fraturas ou quebra; (2) espécime quase inteiro com fraturas ou quebra; (3) espécime indissociável taxonomicamente. **Grau de articulação:** (1) isolado; (2) parcialmente articulado; (3) completamente articulados. **Sinais de abrasão:** (1) sem abrasão; (2) pouca abrasão; (3) médio grau de abrasão; (4) alto grau de abrasão.

Os fósseis da Formação Adamantina aqui estudados apresentaram grau de preservação variado, com espécimes isolados como no caso dos girogonites de algas carófitas inteiros ou quase inteiros, apresentando sinais de pouca abrasão, restos de testudines fragmentados ou desarticulados, apresentando um médio grau de abrasão, juntos ao dentário FUP-000091, apresentando preservação quase completa com sinais de quebra e pouca abrasão. Ambos

ocorrem numa camada onde predomina um arenito fino a muito fino e forte cimentação junto a marcas onduladas e laminação plano-paralela.

As escamas elasmoides são mais frágeis (quando comparadas às escamas ganoides) e seu estado de preservação é mais pobre, com escamas fragmentadas, isoladas e com alto grau de abrasão. Já as escamas ganoides estão em sua maioria inteiras (ou quase inteiras) com pouca abrasão.

No nível associado à lente de conglomerado com pelotas de argilito, as escamas ganoides quase inteiras e inteiras apresentam sinais de pouco a média abrasão, orientadas tanto horizontalmente quanto na verticalmente, diferentemente dos demais fósseis analisados para essa unidade, com materiais planares depositados na horizontal.

Tabela 1. Atribuições tafonômicas dos fósseis encontrados nos afloramentos estudados.

Fóssil/Espécie	Grau de preservação	Grau de articulação	Sinais de Abrasão	Fácies sedimentar	Estrutura sedimentar	Orientação	Unidade
Dentário FUP-Pv000091 Nível A	2	1	2		<i>Climbing ripples</i> , laminação plano-paralela	Horizontal	
Escamas cicloides Nível A	2, 3	1	4	Arenito fino a muito fino com cimentação carbonática			Fm. Adamantina (Afloramento Tartaruguito)
Testudines Nível A	2	1	3		<i>Climbing ripples</i> e perfurações (<i>Skolithos</i>)	Horizontal	
Girogonites de algas carófitas Nível A	1, 2	1	2			Horizontal	
Escamas ganoides Nível A	2	1	2		<i>Skolithos</i>	Horizontal	
Escamas ganoides Nível D	1, 2	1	3	Lente de conglomerado c/ seixos de argilito		Horizontal e vertical	
Escamas ganoides (base)	2	1	2	Arenito fino bem selecionado c/ minerais máficos e cimentação carbonática	Estratificação plano-paralela	Horizontal e Vertical	
Escamas cicloides (base)	2, 3	1	3, 4				Fm. Araçatuba (Afloramento General Goulart)
Escamas ganoides (topo)	2	1	3, 4	Argilito marrom c/ lente de	Estrutura tipo <i>wavy</i> e marcas de carga	Horizontal e Vertical	

				conglomerado siltosa		
Lacrimomaxilar (FUP-Pv 000080)	2	1	2	Arenito fino, bem selecionado c/ minerais máficos e cimentação carbonática	Horizontal	
Dermopalatino	2	1	2		Estratificação plano-paralela	Horizontal
Parasfenoide FUP-000078	2	1	2			Horizontal
Testudines	2	1	2			Horizontal

As escamas ganoides presentes no afloramento correspondente à Formação Araçatuba, quando associadas a arenito fino com cimentação carbonática e estratificação plano-paralela, apresentam-se isoladas e quase inteiras com algumas fraturas, normalmente nas extremidades mais angulosas demonstrando sinais de pouca abrasão. Podendo estar tanto na vertical como na horizontal. As escamas mais próximas do topo da sequência analisada, associadas a um nível de argilito com lente de conglomerado junto a marcas de carga e estruturas do tipo *wavy*, encontram-se em sua maioria quebradas, isoladas e com médio e alto grau de abrasão, orientadas verticalmente e horizontalmente.

Ossos mais longos ou do crânio, mais frequentes e bem preservados associados a arenito fino e bem selecionado com estratificação plano-paralela encontram-se isolados, quase inteiros ou com alguma extremidade mais angulosa quebrada e com pouca abrasão, cobertos por uma camada escura de cor preta e forte cimentação carbonática.

3.4 Sistemática Paleontológica

3.4.1 Fósseis do Afloramento General Goulart

Localidade: Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, Formação Araçatuba, Grupo Bauru; Campaniano (Arai & Fernandes, 2023), Cretáceo Superior.

NEOPTERYGII Regan, 1923

HOLOSTEI Müller, 1846

LEPISOSTEIFORMES Hay, 1929

LEPISOSTEIDAE Cuvier, 1825

Lepisosteidae indet.

FUP-Pv 000078 (Fig. 4). O material corresponde a um osso craniano longo, com aproximadamente 48,0 mm de comprimento e 3,0 mm de largura em sua porção mais posterior. Está incompleto, faltando parte da porção anterior, a qual o conectaria com os vômeres ventral e lateralmente. O parasfenoide é praticamente liso, exceto pela porção posterior, próxima ao contato com o basioccipital (bo) (Fig. 4B), que possui uma ornamentação de cristas para encaixe no entalhe aórtico (an). A superfície dorsal não está visível e, por isso, não foi possível descrevê-la. A região posterior, em vista ventral, possui um formato retangular alongado com uma bifurcação, divergindo ao redor do entalhe aórtico (an). Essa bifurcação se inicia mais estreita logo após os processos laterais e se alarga na medida que avança para a margem posterior. Na posição médio posterior, há dois processos basipterigoideos nas laterais do parasfenoide, o processo é reto em sua margem posterior e levemente recurvado em sua margem anterior. Na superfície ventral, no meio dos processos basipterigoideos, há uma crista que se bifurca seguindo em direção à margem anterior dos mesmos. Após o processo basipterigoideo, o parasfenoide se estende anteriormente, sendo mais fino no início e se expandindo lateralmente até se estreitar novamente em formato de triangular ou de ponta de flecha.

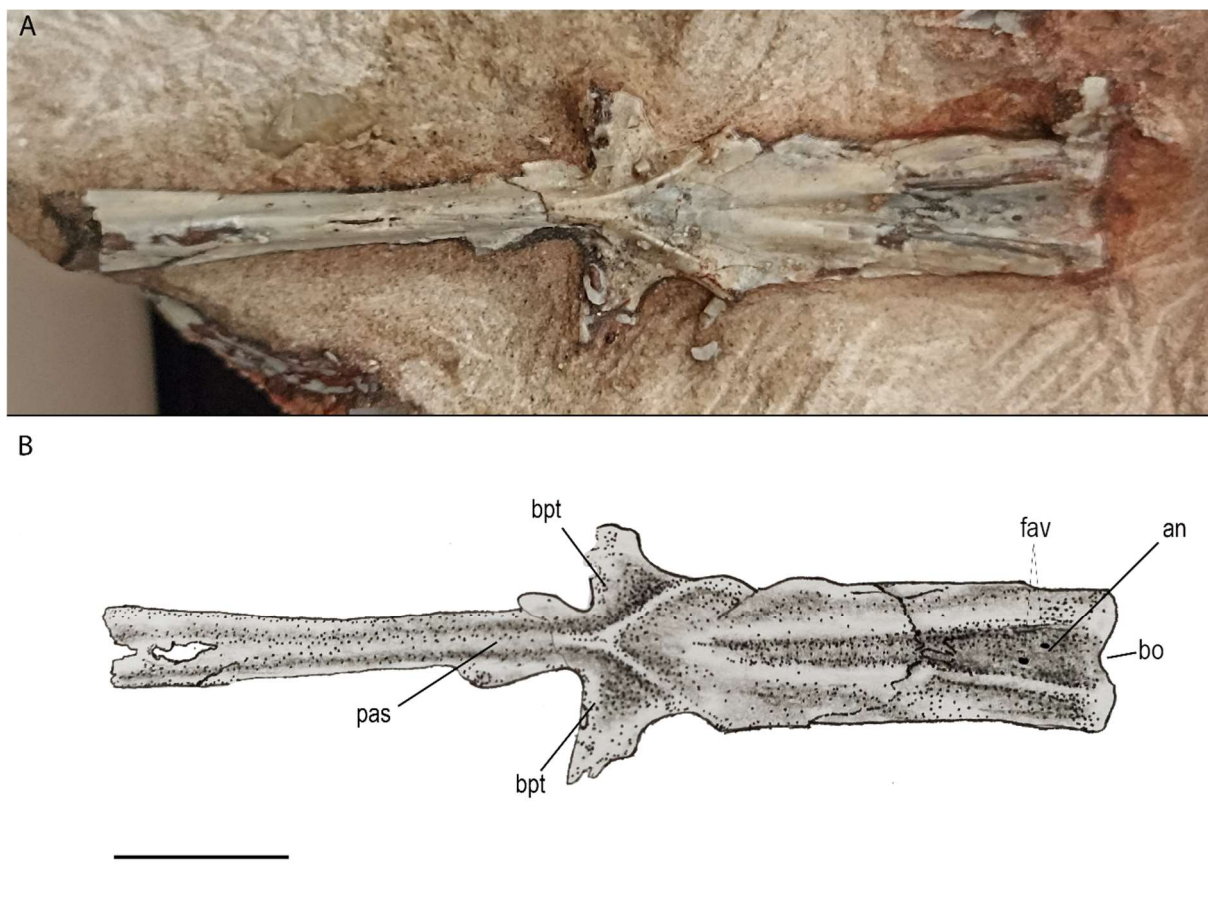


Figura 4. Parasfenoide e basioccipital (FUP-Pv 000078). Vista ventral. Abreviações: an: entalhe aórtico; bpt: basipterigoide; fav: forame da artéria occipital; bo: basioccipital; pas: parasfenoide; Escala: 5 mm.

Parasfenoide FUP-Pv 000079 (Fig. 5). O segundo parasfenoide é menor, comparado ao primeiro aqui descrito e está mal preservado (Fig. 5), pois em grande parte é representado apenas por impressão com alguns fragmentos de osso. Possui aproximadamente 27,0 mm de comprimento e 0,3 mm de largura em sua porção mais posterior. Assim como o anterior é liso. A superfície dorsal não está completamente visível e, por isso, não foi possível descrevê-la. A região posterior, em vista ventral, assim como a anterior possui um formato retangular alongado com uma bifurcação, divergindo ao redor do entalhe aórtico (an).

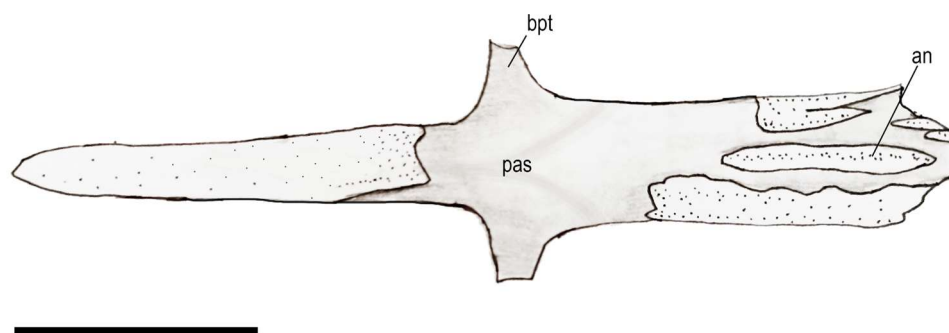


Figura 5. Ilustração Parasfenoide FUP-Pv 000079. Vista ventral, parte e contraparte. Abreviações: an: entalhe aórtico; bpt: basiapterigoide; pas: parasfenoide. Escala: 1 cm.

Lacrimomaxilar direito FUP-Pv 000080 (Fig. 6). O material possui aproximadamente 1,2 cm de comprimento e 5,5 mm de espessura em sua porção mais elevada. Possui formato retangular e é ornamentado em sua superfície lateral, possui um total de quatro dentes.

O osso dermal lacrimomaxilar (lmx) possui uma fileira de quatro ou cinco dentes menores em sua margem lateral, cônicos e finos como uma agulha. Desses dentes, apenas três estão completos, os demais encontram-se quebrados. Internamente à fileira de dentes menores, há três bases circulares ou “*tooth socket*” (Grande, 2010) que aparentam ser mais uma sequência de dentes. Porém, desta vez, pelo tamanho da abertura, nota-se que são dentes maiores em relação à fileira anterior. Em corte tomográfico foi possível observar estrutura de plicidentina (ps) (fig. 6G) em todos os dentes menores presentes e um dente recurvado, contrastando com demais que são retos. Em vista lateral, a superfície é ornamentada (Fig. 6A) e com vários forâmens circulares próximos à margem dos dentes. Em vista medial via segmentação (Fig. 6D), é possível notar um sulco logo após a fileira de dentes maiores, entre eles há uma parede bem desenvolvida que os divide. Esse sulco pode indicar a área de contato com a pré-maxila e frontal pela superfície dorsal do ectopterigoide. Em corte tomográfico também foi possível observar um canal, indicando possivelmente o canal infraorbital.

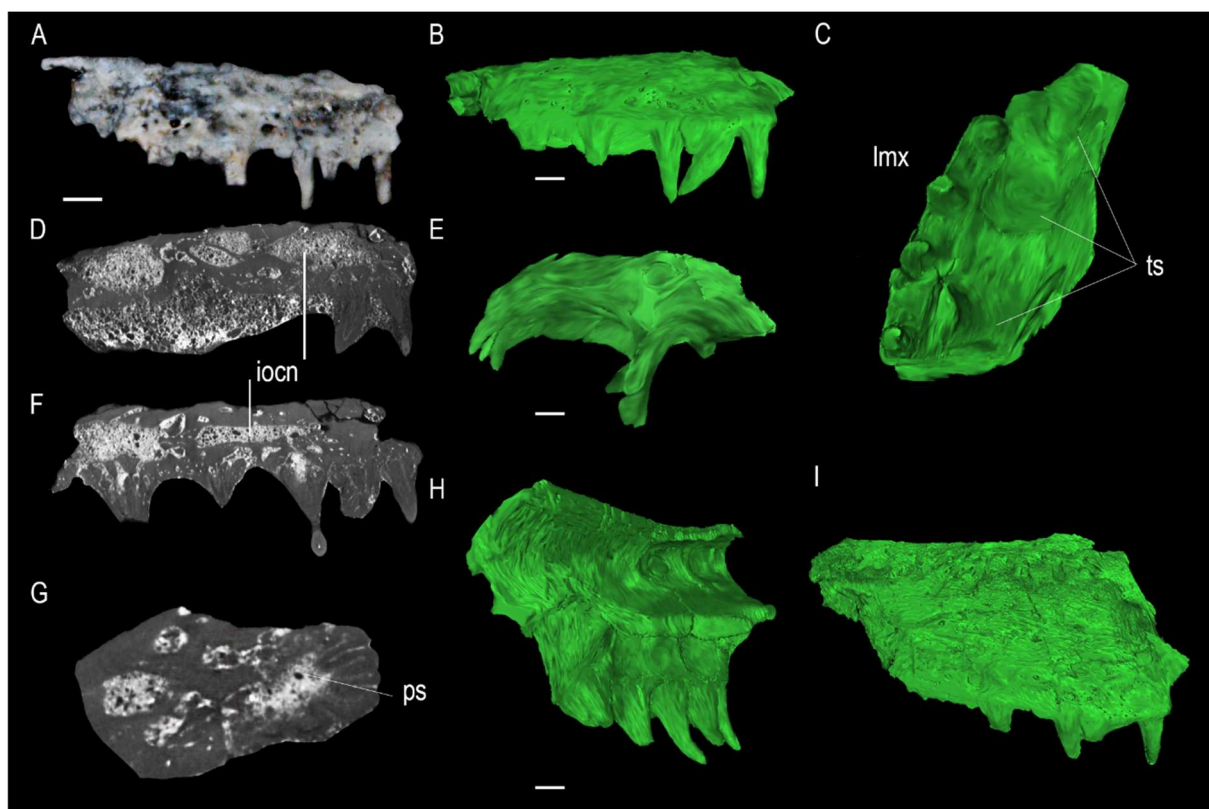


Figura 6. Lacrimomaxilar (FUP-Pv 000080). A), B) e I) vista lateral; C) vista dorsal; D) e F) corte sagital; G) corte transversal; H) vista medial. Abreviações: iocn: canal infraorbital; ts: *tooth socket*; ps: plicidentina; Escala: A, D, F = 2 mm; B, E, H = 1 mm.

Dermopalatino FUP-Pv 000089 (Fig. 7). O fragmento possui 8,1 mm de comprimento por 3,0 mm de largura. Apresenta formato retangular com a margem anterior quebrada e reta, enquanto a margem posterior é mais estreita. Em vista ventral há cerca de dezoito dentes de tamanhos variados. Os dentes presentes na margem lateral parecem estar alinhados em uma fileira, mas os demais, até a margem medial, estão dispostos de forma aleatória. Os dentes mais desenvolvidos medem em torno de 1,2 mm e os menores cerca de 0,5 mm. Eles apresentam estrias ou sulcos apicobasais, também chamados de plicidentina e uma capa de acrodina translúcida e amarronzada no topo. Em vista medial, a superfície é lisa e marcada por um sulco ou depressão que se estende por todo o fragmento, podendo indicar a área de inserção com o ectopterigoide, compondo parte do palato do indivíduo.



Figura 7. Dermopalatino FUP-Pv 000089. A) vista interna (ventral). B) Vista interna com destaque ao dermopalatino. C) Dente apresentando plicidentina e capa translúcida de acrodina. Abreviações: ps: plicidentina; dpl: dermopalatino. **Interrogação (?)** representa elementos ainda não identificados. **Escala:** 1 mm.

Escama FUP-000082 (Fig. 8 e 9A). Possui 5 mm de comprimento e 2 mm de altura, com formato losangular e está com a porção posterior quebrada. Não apresenta as projeções para a articulação “*peg and socket*”, mas é possível observar a margem de articulação para a escama adjacente no canto anterior superior. A camada de ganoína é fina com cor marrom claro a bege. Apresenta dois forâmens, localizados no centro da escama. Nas imagens de MEV (Fig. 9A3) é evidente a presença de várias protuberâncias circulares, com uma média de 3,7 μm de diâmetro e distância das outras de 2,61 μm (Tabela 2). Junto à essas protuberâncias também ocorrem depressões circulares rasas, dispostas aleatoriamente sob a escama (Fig. 9A4). A escama possui duas camadas, a camada externa corresponde à camada de ganoína, com 90 μm de espessura. Seu contato direto com a placa basal é evidenciado pela margem dentada em

ambas as extremidades do corte histológico. A camada interna corresponde a placa basal (bp) com aproximadamente 640 μm contendo as cavidades dos osteócitos e canalículos de Williamson (cw) retilíneos e sem ramificações, alguns partem da base até a porção média da escama enquanto outros parecem se concentrar na porção média da escama, sem contato com a borda superior e inferior.

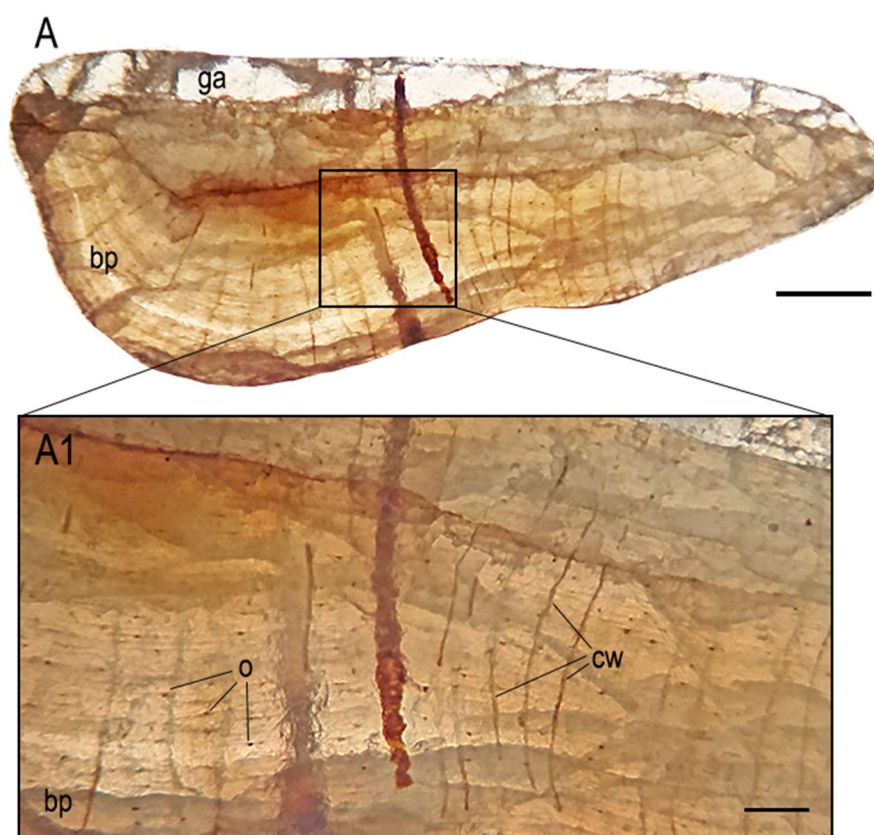


Figura 8. Escama FUP-Pv 00082. (A) Seção da escama evidenciando a placa basal (bp) e camada de ganoína (ga). (A1) aproximação da área selecionada evidenciando a placa basal (bp) e cavidade dos osteócitos (o) e os canalículos de Williamson (cw). Escala: A: 200 μm ; A1: 60 μm .

Escama FUP-000083 (Fig. 9B). A escama isolada está relativamente bem preservada, com apenas a parte anterior quebrada e apresenta poucas fraturas no esmalte (fig. 9B1). Possui 6,0 mm de comprimento e 3,5 mm de altura coberta por uma camada espessa de ganoína com cor marrom, superfície ornamentada diferindo das demais escamas analisadas. Tem formato losangular e não há projeções preservadas. Nas imagens de MEV (Fig. 9B3-4) é possível observar protuberâncias circulares, onde os tamanhos e profundidades que podem variar. Possuem em média 4,5 μm de diâmetro e 3,1 μm de distância uma das outras (Tabela 2). Essas protuberâncias aparecem apenas nas áreas nas quais a superfície da escama é lisa.

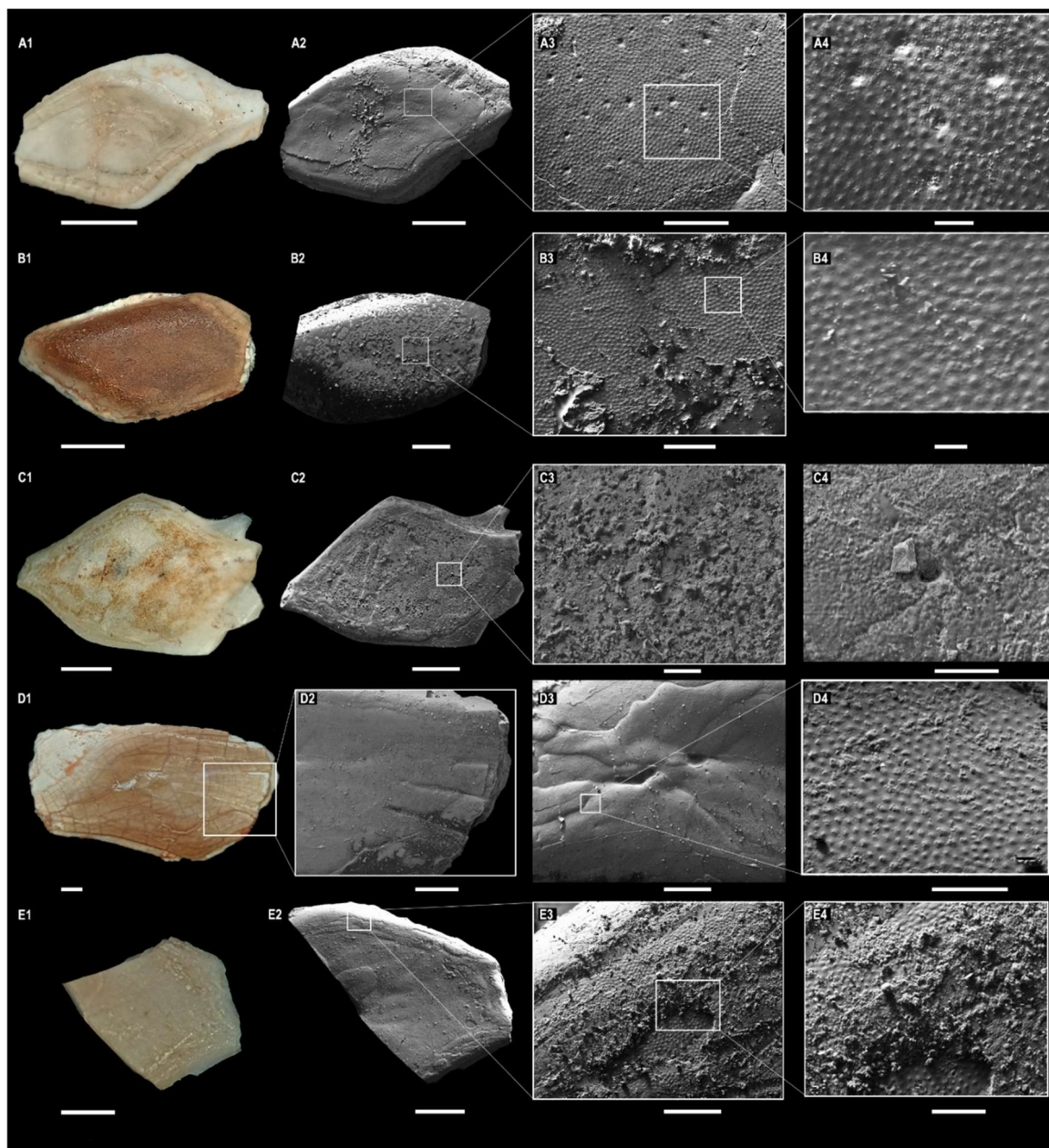


Figura 9. Escamas ganoides e detalhes da ornamentação da camada de ganoína observadas no MEV. A (FUP-Pv 000082), B (FUP-Pv 000083), C (FUP-Pv 000084), D (FUP-Pv 000085), E (FUP-Pv 000086), escala: A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2, D3, E1 e E2: 1 mm; A3, B3, C3, C4 e E3 = 100 μ m. A4, B4, = 20 μ m; D4 e E4: 50 μ m.

Tabela 2. Medições dos parâmetros da micro-ornamentação das escamas ganoides do Afloramento General Goulart (Fig. 9). **a:** Pontos de medição; **b:** Número de tubérculos medidos ou espaços intertuberculares; **c:** Diâmetro médio do tubérculo ou espaços intertuberculares (μ m); **d:** Média dos resultados médios dos pontos de medição/espécime de escala (μ m).

Espécime	Espaço intertubercular médio											
	Fig. 9A (FUP-Pv 000082)			Fig. 9B (FUP-Pv 000083)			Fig. 9D (FUP-Pv 000085)			Fig. 9E (FUP-Pv 000086)		
a	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
b	170	187	141	128	104	130	136	190	147	99	66	71

c (µm)	2,65	2,52	2,67	3,05	3,12	3,26	2,53	2,39	2,92	2,68	3,14	3,11
d (µm)	2,61			3,14			2,613			2,98		

Diâmetro médio dos tubérculos												
Espécime	Fig. 9A (FUP-Pv 000082)			Fig. 9B (FUP-Pv 000083)			Fig. 9D (FUP-Pv 000085)			Fig. 9E (FUP-Pv 000086)		
a	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
b	40	41	72	80	69	80	100	63	60	44	26	38
c (µm)	4,43	3,24	3,44	4,49	4,51	4,66	4,47	4,67	5,05	4,13	4,67	4,52
d (µm)	3,7			4,55			4,73			4,44		

Escama FUP-Pv 000084 (Fig. 9 C e 10). Faltam a extremidade anterior e posterior da escama. Possui 5,0 mm de comprimento e 4,0 mm de altura, coberta por uma fina camada de ganoína de cor bege e superfície ornamentada (Fig. 9C3). Possui formato losangular e contém a projeção dorsal, menor e menos desenvolvida no canto anterior superior, enquanto a projeção ântero-dorsal está quebrada. Nas imagens de MEV é possível observar um forâmen circular e a superfície ao redor irregular, mas não há protuberâncias padronizadas como as observadas nas demais escamas descritas. Sob corte histológico (Fig. 10), a escama possui duas camadas bem definidas, a placa basal óssea (bp) apresentando estrutura estratificada de osso lamelar, canalículos de Williamsom (cw) e cavidades dos osteócitos (o) e logo acima, em contato direto está a camada de ganoína (ga). A camada de ganoína possui 78 µm de espessura e a placa basal espessa possui aproximadamente 0,5 mm. No canto superior direito do corte histológico a margem de contato entre as duas camadas é mais acentuada ou dentada.

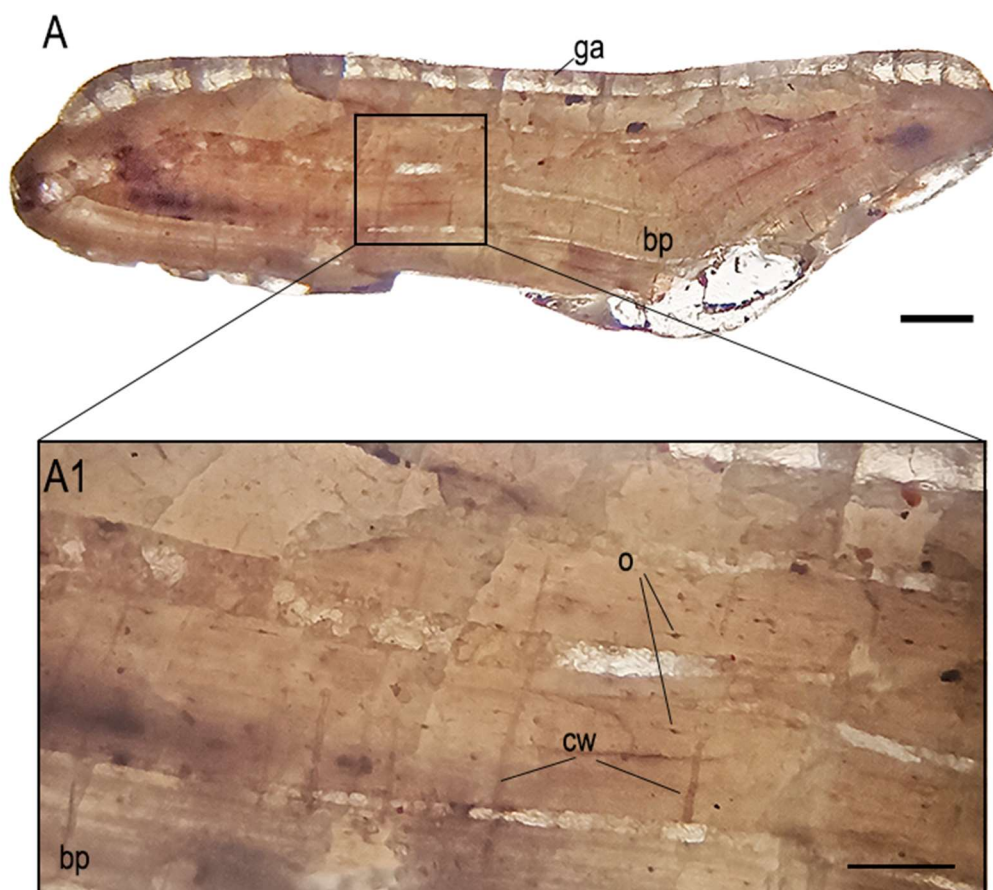


Figura 10. Escama FUP-Pv 000084 (Fig. 9C). (A) Seção da escama evidenciando a placa basal (**bp**). (A1) Aproximação da área selecionada mostrando a placa basal (**bp**) e cavidades dos osteócitos (**o**) e os canalículos de Williamson (**cw**). Escala: A) 200 μ m; B) 100 μ m.

Escama isolada FUP-PV 000085 (Fig. 9D e 11). A escama está relativamente bem preservada, apresentando sinais de abrasão e desgaste na porção posterior e fraturas na ganoína. A escama possui (Fig. 9D1) 9,0 mm de comprimento e 6,0 mm de altura e possui formato losangular. Está coberta por ganoína de cor amarronzada com a superfície lisa contendo dois forâmens localizados na porção médio anterior, de formato alongado (Fig. 9D3) e circular. Na porção posterior, há três estrias ou sulcos rasos (Fig. 9D2), sendo a primeira crista de extensão menor e as duas restantes possuem o mesmo tamanho. Na parte anterior, possui uma margem de articulação para a escama adjacente, mas não possui projeção ântero-dorsal que junto à projeção *peg*, formam a articulação “*peg and socket*”. Sob análise no microscópio eletrônico de varredura (MEV) é possível observar protuberâncias circulares superficiais que possuem em média diâmetro de 4,73 μ m e distância média entre elas é de 2,63 μ m (Tabela 2).

Analizando o corte histológico desta escama, foi possível observar duas camadas, a camada externa, de ganoína mede 54 μm e está depositada diretamente em contato com a camada abaixo, evidenciada pela margem de contato dentada na extremidade do canto superior esquerdo (Fig. 11A1). Foi possível contar ao todo, 15 camadas de ganoína sob a escama (Fig. 11 A1). A camada interna contendo a placa basal (bp) com 257 μm de espessura, apresentando osso lamelar com linhas de crescimento, canalículos de Williamson curtos e retilíneos (fig. 11A2).

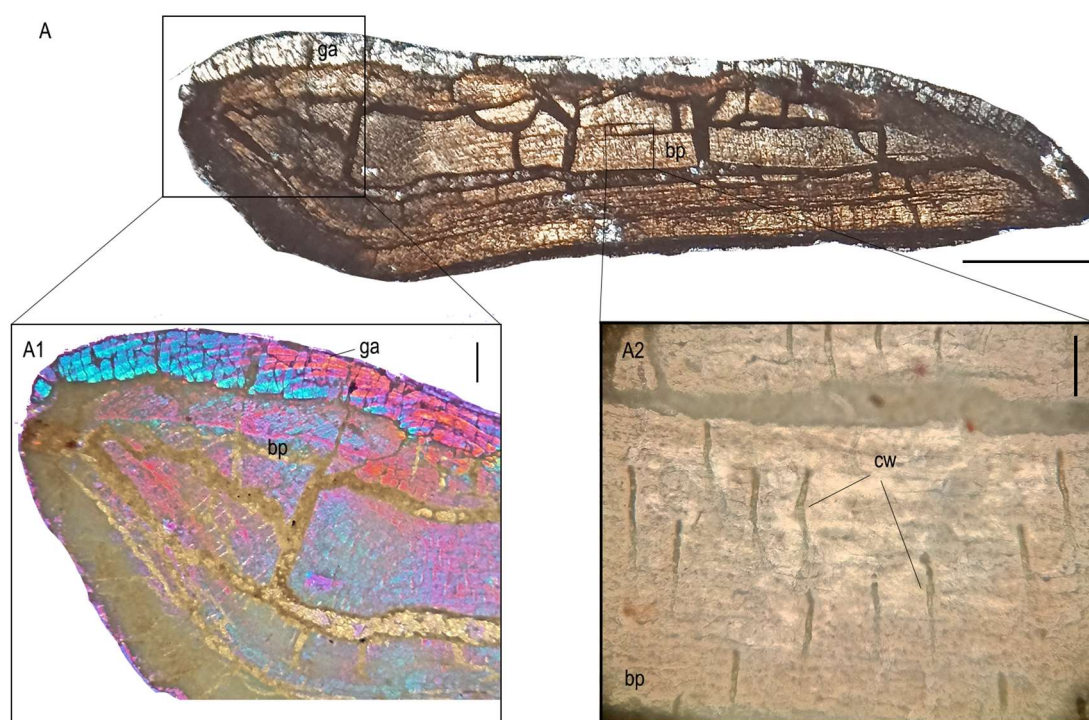


Figura 11. Escama FUP-Pv 000085 (Fig. 9D1). (A) Corte transversal da escama evidenciando a placa basal (bp) e a camada de ganoína (ga). (A1) Aproximação da área selecionada mostrando as camadas de ganoína e margem dentada. (A2) Aproximação da área selecionada destacando os canalículos de Williamson (cw). Escala: A: 200 μm ; A1: 50 μm ; A2: 10 μm .

Escama FUP-Pv 000086 (Fig. 9E e 12). A escama está quebrada ao meio, é possível observar um forâmen no centro da escama (próximo a região de quebra). A camada de ganoína possui cor marrom claro a bege com algumas irregularidades na superfície (fig. 9E2). Não possui as projeções ântero-dorsal e dorsal. Na imagem de MEV são visíveis várias protuberâncias circulares, em algumas partes essas protuberâncias parecem maiores, com formato ovalado. Possuem em média 4,44 μm de diâmetro e 2,98 μm de distância uma das outras (Tabela 2). Sob corte histológico no microscópio de luz polarizada, a escama FUP-Pv000096 apresenta camada de ganoína depositada diretamente em cima da placa basal óssea, sem uma camada de dentina no meio. A camada de ganoína possui 153 μm de espessura no canto e 32 μm no

restante da escama e a placa basal espessa possui aproximadamente 635 μm . Não é possível diferenciar a margem de contato entre a placa basal (bp) e a camada de ganoína (ga). Na placa basal (Fig. 12A1) há vários canalículos de Williamson retilíneos (fig. 12A2), aparentemente os canalículos não se ramificam, assim como as cavidades dos osteócitos (o) (Fig. 12A1).

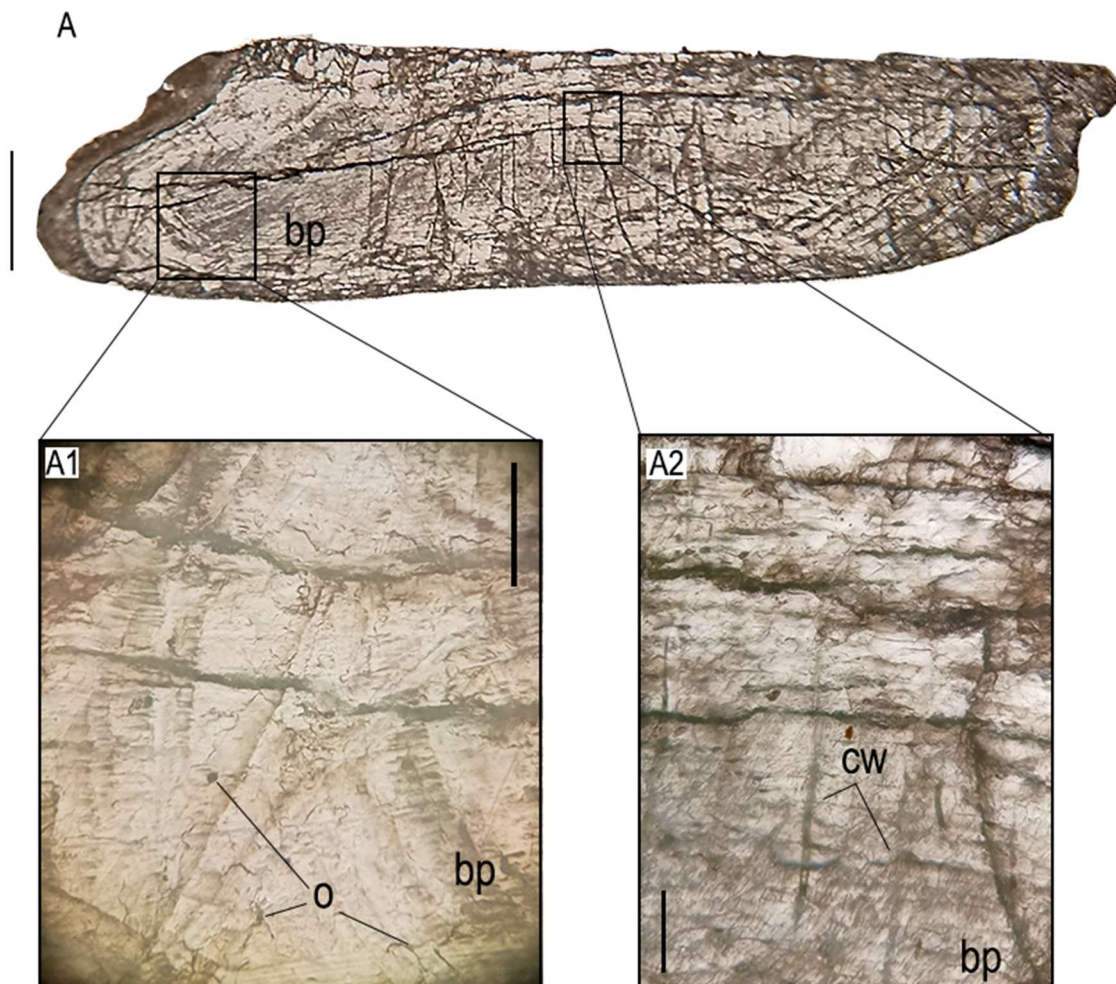


Figura 12. Escama FUP-Pv 000086. (A) Seção da escama evidenciando a placa basal (bp). (A1) Aproximação da área selecionada mostrando a placa basal (bp) e cavidades dos osteócitos (o). (A2) Aproximação da área selecionada com os canalículos de Williamson (cw). Escala: A: 400 μm ; A1: 60 μm ; A2: 80 μm .

LEPISOSTEIDAE Cuvier, 1825

Atractosteus indet.

Escama isolada FUP-000081 (Fig. 13). Escama ganoide de formato retangular alongado, de aproximadamente 1,0 mm de comprimento e 0,5 mm de altura. Apresenta uma camada de ganoína espessa de cor amarronzada. Em seu campo posterior, possui a margem dentada com quatro serrilhas ou sulcos (Fig. 13A). Não apresenta articulação *peg and socket* e não possui forâmens em sua superfície. Há algumas protuberâncias em sua superfície (Fig. 13B) menores

que os forâmens e maiores que as protuberâncias observadas no MEV da escama FUP-000085 (Fig. 9D). No campo anterior há uma bifurcação na área de articulação com a escama adjacente. Logo abaixo da escama parece haver outra, porém apenas a margem de articulação está visível (Fig. 13A). A escama está bem preservada com baixo sinal de abrasão e apresenta fraturas na camada de ganoína.

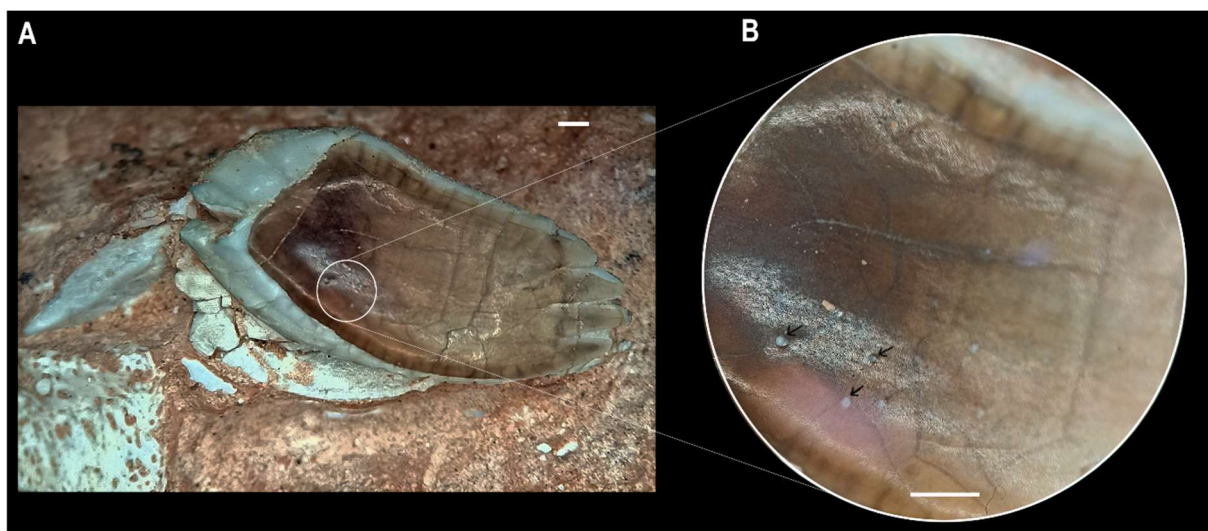


Figura 13. Escama ganoide FUP-Pv 000081. A) escama ganoide em cima de outra. B) protuberâncias circulares na superfície indicadas pelas setas. Escala: 1 mm.

ACTINOPTERYGII Cope, 1887

NEOPTERYGII Regan, 1923

TELEOSTEI Muller, 1846

Characiformes Regan, 1911

Characiformes? Indet.

Escama elasmóide indet. (FUP-Pv 000087) (Fig. 14. A-A1). A escama está quebrada, o que impossibilita dizer qual era seu formato original, mas pela margem anterior da escama é possível deduzir um formato circular. A margem do campo anterior é côncava e estriada. A região do foco também não é observável, mas não está localizada na porção posterior. É fina e transparente, aparenta ter pelo menos seis raios, sendo eles primários e secundários no campo anterior da escama. No espaço entre um raio e outro há várias cristas pouco espaçadas e que surgem de onde começa o raio até a extremidade anterior. Não foi possível observar circuli nesse fragmento preservado.

Escama elasmóide indet. (FUP-Pv 000088) (Fig. 14B-B1). A escama apresenta um formato triangular que aparenta ser parte do campo anterior da escama do qual se destacou provavelmente durante o transporte. Apresenta 2,9 mm de altura por 3,1 mm de comprimento em sua região anterior. O campo anterior é irregular e pregueado. O foco não está preservado, assim como nenhum circuli. Possui oito raios, sendo eles primários e secundários, nesses raios há várias cristas que percorrem os raios na diagonal.

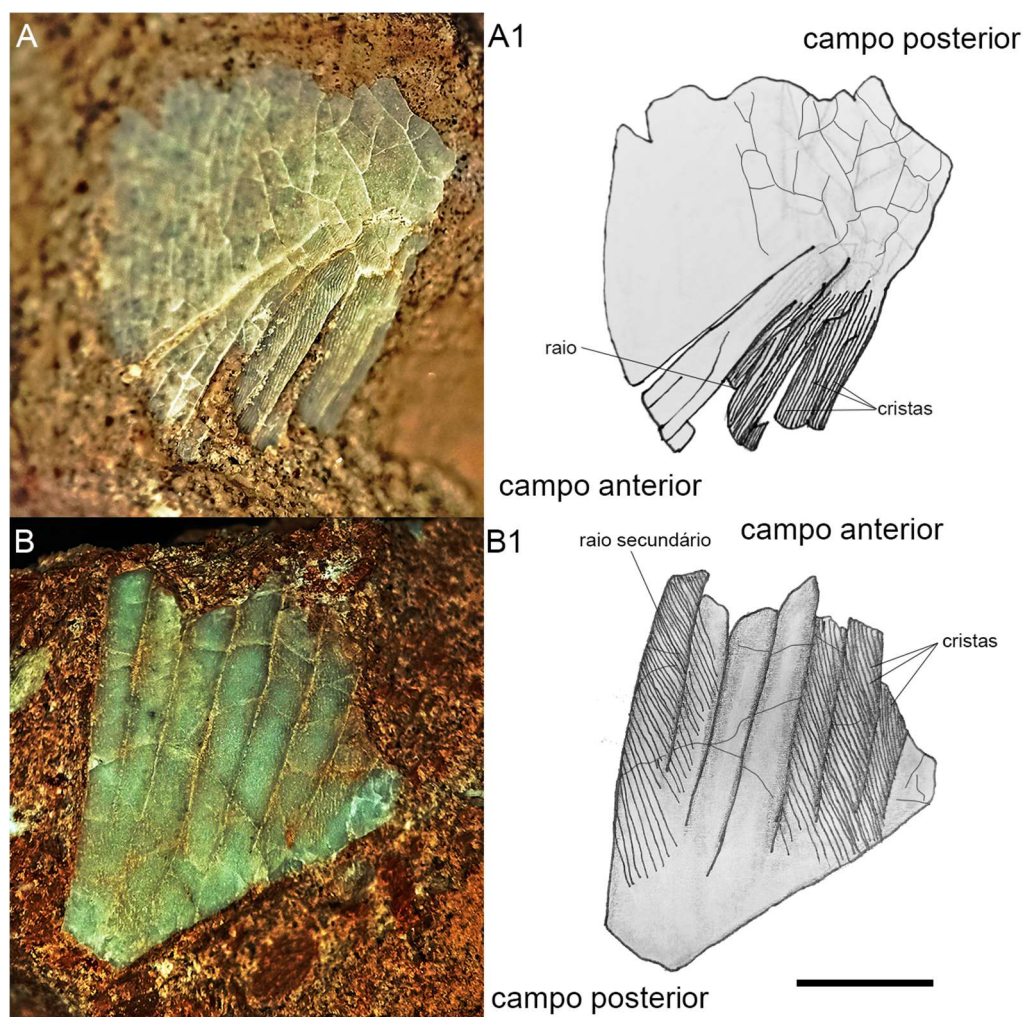


Figura 14. Escamas elasmóides. Escala: A (FUP-Pv 000087), B (FUP-Pv 000088) = 1 mm.

OSTARIOPHYSI Fink and Fink, 1981

SILURIFORMES Cuvier, 1816

Siluriformes indet.

Fragmento de espinho peitoral FUP-Pv 000090 (Fig. 15). Fragmento de espinho peitoral, sem as porções proximal e distal preservadas. O fragmento possui 3,6 mm de comprimento e

1,4 mm de altura (na região mais alta dos denticulos). Possui denticulos de tamanho médio 0,5 mm e a distância entre eles é de 0,3 mm. Em vista medial, a crista anterior é mais fina, formando uma quilha. Em vista dorsal é possível observar ornamentação com estrias paralelas ao eixo maior. A margem posterior onde os denticulos estão localizados apresenta um sulco paralelo às cristas. Os denticulos são recurvados e pontiagudos, direcionados para a região proximal.



Figura 15. Fragmento de espinho peitoral FUP-Pv 000090. Abreviações: **pg**: sulco posterior (*posterior groove*). **pd**: processo dorsal. Escala: 1 mm.

3.4.2 Fósseis do Afloramento Tartaruguito

Localidade: Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, Formação Adamantina, Grupo Bauru; Campaniano-Maastrichtiano (Castro *et al.* 2018, Arai & Fernandes, 2023), Cretáceo Superior.

LEPISOSTEIDAE Cuvier, 1825

Atractosteus?

Dentário esquerdo (FUP-Pv 000091), Figura 16 e 17. O material preservado corresponde a um dentário esquerdo parcialmente completo, medindo aproximadamente 22,0 mm de

comprimento e podendo chegar a 6,0 mm de altura em sua porção posterior, não apresentando a parte da extremidade anterior (porção de articulação da sínfise) e a porção medial com a série de dentes coronoides. Na porção posterior, não está preservada a região de contato com os demais ossos da mandíbula (e.g. surangular, angular, articular e pré-articular). Também apresenta três dentes ornamentados em uma única fileira. O dentário é liso e mais alongado na região médio-anterior.

Em vista dorsal é levemente recurvado na região sinfisial. A porção posterior é achatada lateralmente e mais expandida dorso ventralmente. Em vista lateral, observam-se aproximadamente treze forâmens mandibulares, com pelo menos cinco deles elípticos e os demais de formato circular. Os tamanhos variam e formam uma fileira de forâmens na lateral do dentário. Na porção média anterior, os forâmens estão localizados mais na região dorso-proximal (perto da raiz do dente, fig. 16 A1-2 e G2), sendo um deles localizado na região ântero-medial (fig. 16 C1-2).

Na segmentação tomográfica do canal mandibular (Fig. 17) é possível observar os forâmens se conectando em pares a um canal principal, o qual percorre desde a região da sínfise à porção posterior, os canais dos forâmens são curtos e largos. Ainda em vista lateral, na margem superior, onde os dentes estão implantados, ocorre uma fina parede óssea de suave crenulação que avança entre a região em contato entre dois dentes e recua quando passa pela lateral do dente, de modo que esta cobre a região mais basal dos dentes (Fig. 16 B1-2).

Em vista medial, o dentário apresenta uma plataforma lateral aos dentes que se estende por todo seu comprimento. Essa plataforma medial é lisa e arredondada em sua margem, provavelmente indicando a região de articulação dos dentes coronoides e do pré-articular (Fig. 16 C1-2 e G1). Também é possível observar a abertura do canal de Meckel, que se estende por todo seu comprimento até a sínfise, sendo mais amplo/largo na região posterior e estreito na porção médio anterior (Fig. 16 C1-2 e G1). Na altura do primeiro dente preservado, o canal de Meckel se estreita até quase se fechar e depois volta a se desenvolver até a sínfise (Fig. 16 G1). Na margem superior da extremidade posterior, em vista medial, ocorre um sulco profundo, podendo indicar a região de articulação com o surangular (Fig. 16 C2 e G1). Ainda na margem posterior, ocorre uma depressão no canal de Meckel, de formato “*tongue-like*”, podendo indicar a região de inserção do angular (Fig. 16 C2 e G1).

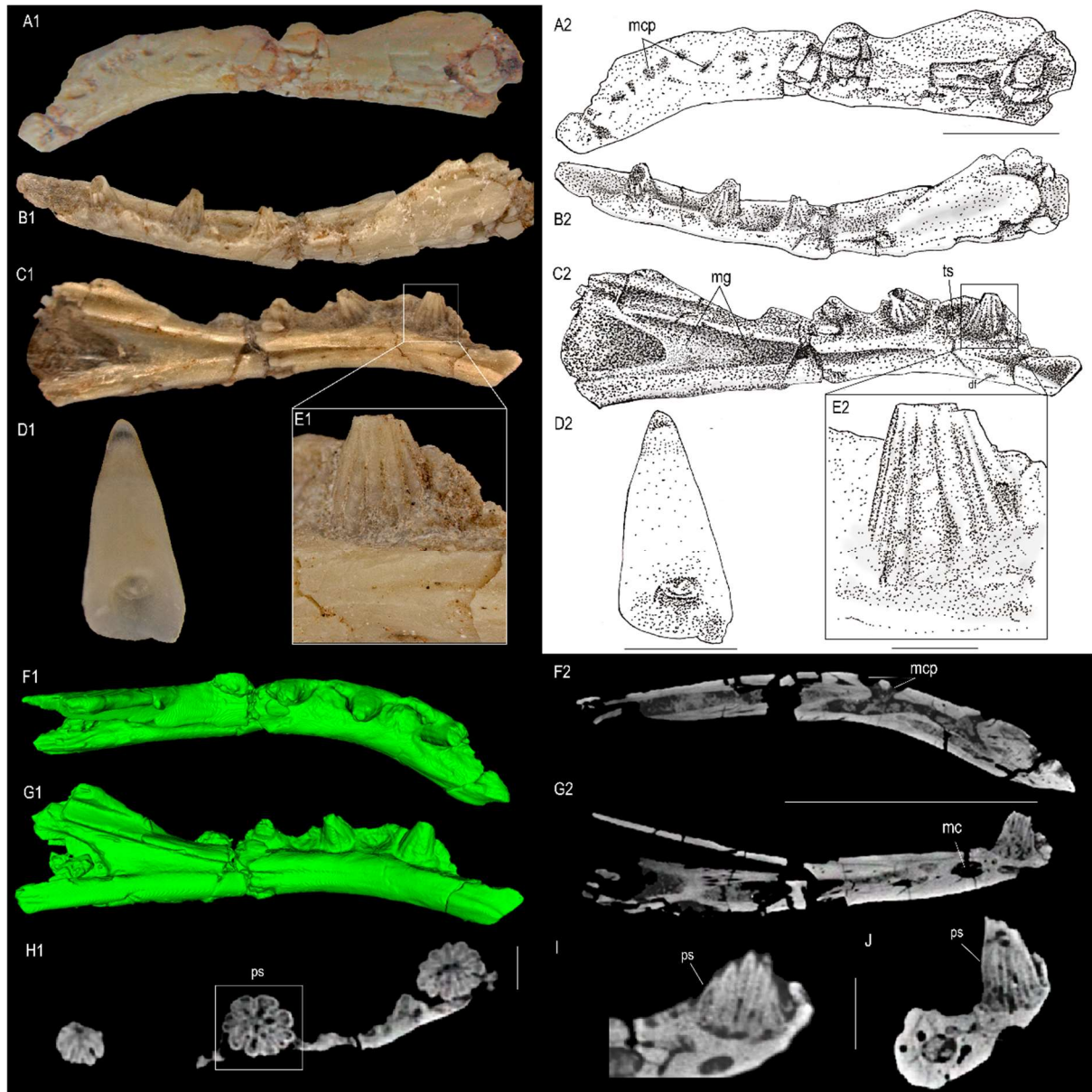


Figura 16: FUP-Pv 000091, dentário esquerdo. A1-2) vista lateral; B1-2) dorsal; C1-2) medial; D1-2) ponta do dente; E1-2) plicidentina. Tomografia – segmentação 3D. F1) vista dorsal; G1) medial. Cortes tomográficos. F2) vista dorsal (observar o canal mandibular e a conexão entre os forâmens); G2) medial; H1) dorsal, plicidentina; I) medial; J) vista medial evidenciando o canal mandibular e a plicidentina no dente. Abreviações: **ps**, estrutura de plicidentina. **mg**, canal de Meckel; **mc**, canal mandibular; **mcp**, poro do canal mandibular; **df**, forame do dentário. **Escala:** A-C = 5 mm D = 1 mm, E = 0,5 mm; F2-G2 = 1 cm; H1 = 1 mm; I-J = 1 mm.

O dentário possui três dentes bem preservados e duas áreas circulares de encaixe dos dentes da maxila (Fig. 16 C1-2). Os dentes possuem aproximadamente 2 mm de altura, são cônicos, pontudos, retos (sem curvatura) e espaçados, com cristas ou dobras apicobasais (Fig. 16 E1-2). A porção anterior, próxima à sínfise, não está bem preservada e, por isso, não é possível notar a presença de dentes (Fig. 16 B1-2).

Na porção posterior, também não se pode dizer com certeza se haveria dentes, alvéolos ou área de encaixe para dentes da maxila, devido à fragmentação do material. Como mencionado anteriormente, os dentes apresentam uma ornamentação de cristas bem desenvolvidas, que vão desde sua base até a porção média do dente (Fig. 16 E1-2). Sua ponta é lisa e apresenta uma capa de acrodina translúcida discreta que acompanha a margem do dente até seu ápice (Fig. 16 D1-2).

Os pontos de implantação dos dentes ou “*tooth-socket*” são circulares possuindo margem ornamentada e estão em contato com a base dos demais dentes. Em conjunto formam uma fileira de três dentes no dentário (Fig. 16 C2). Em vista axial, no corte tomográfico, a região interna dos dentes forma dobras na parede, desde a cavidade pulpar até a região média dos dentes, conhecida como estrutura de plicidentina (Fig. 16 H1, I e J).

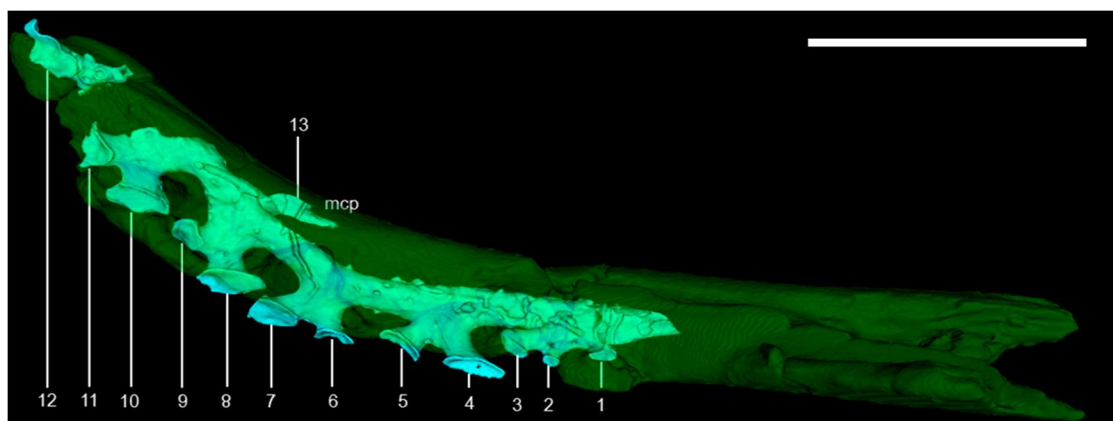


Figura 17. Dentário (FUP-Pv 000091). Canal mandibular da linha lateral – segmentação 3D a partir da microtomografia. Vista dorsal do canal mandibular e conexões com os forâmens. Abreviação: mcp, poro ou forame do canal mandibular. 1-13: quantidade de forâmens. **Escala:** 5 mm.

Escama FUP-000094 (Figura 18C). Nível D. Possui formato romboide, tendo 6,8 mm de comprimento por 3,5 mm de altura. Está quase completa, com apenas a extremidade posterior faltando. A superfície apresenta uma cobertura de ganoína lisa, mas não tão espessa e sem forâmens visíveis. Na região anterior, o processo ântero-dorsal é bem desenvolvido com terminação aguda. A projeção dorsal é mais arredondada e menos desenvolvida. Na região ântero-ventral observa-se a margem para articulação com escamas adjacentes. Na face medial a superfície é lisa e espessa, se afina na região da margem dorsal.

Escama FUP-000095 (Figura 18D). Nível D. Apresenta formato romboide com 4,7 mm de

comprimento e 2,8 mm de altura. A camada de ganoína é espessa e lisa, não apresenta forame. O processo ântero-dorsal é bem desenvolvido e levemente curvado para cima. A projeção dorsal é bem desenvolvida também, porém menos que o processo ântero-dorsal. A região ântero-ventral apresenta margem de articulação para escamas adjacentes. Em vista medial a superfície possui uma protuberância mais desenvolvida na região mais central da escama.

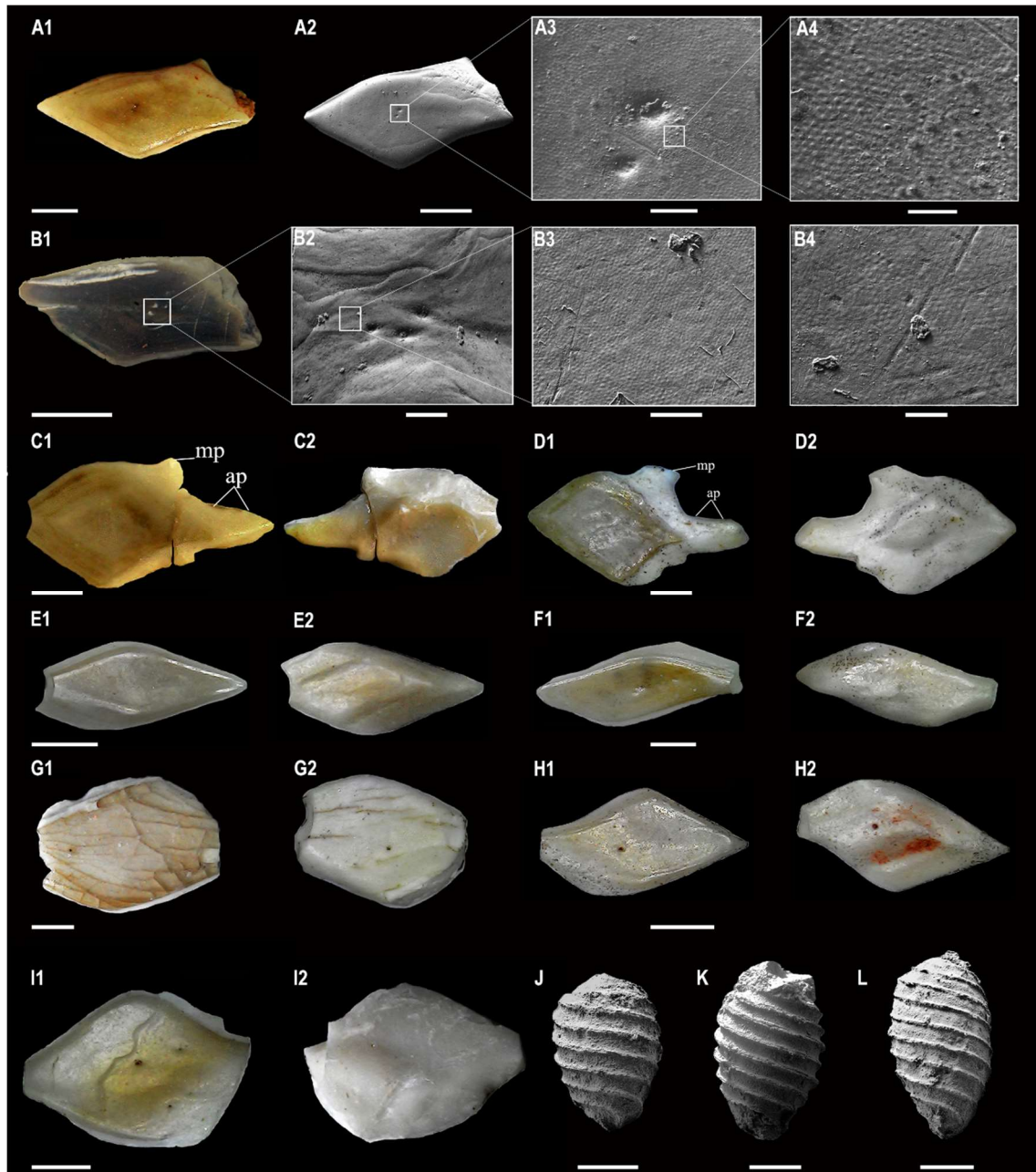


Figura 18. Escamas do afloramento Tartaruguito e carófitas: A (FUP-Pv 000092), B (FUP-Pv 000093), C (FUP-Pv 000094), D (FUP-Pv 000095), E (FUP-Pv 000096), F (FUP-Pv 000097), G (FUP-Pv 000098), H (FUP-Pv 000099), I (FUP-Pv 000101), J (FUP-Pb 001120), K (FUP-Pb 001121), L (FUP-Pb 001122). Escala: A1, A2, B2, C, D, E, F, G, H, I = 1 mm; B1: 50 mm. A3, B3 = 100 μm; A4, B4 = 50 μm; J1, J2, J3 = 200 μm.

Tabela 3. Medições dos parâmetros da micro-ornamentação das escamas ganóides (Fig. 18). **a:** Pontos de medição; **b:** Número de tubérculos medidos ou espaços intertuberculares/Ponto de medição; **c:** Diâmetro médio do tubérculo ou espaços intertuberculares/ponto de medição (μm); **d:** Média dos resultados médios dos pontos de medição/Espécime de escala (μm).

Espécie	Diâmetro médio dos tubérculos						Espaço intertubercular médio					
	Fig. 18A (FUP-Pv 000092)			Fig. 18B (FUP-Pv 000093)			Fig. 18A (FUP-Pv 000092)			Fig. 18B (FUP-Pv 000093)		
A	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
B	62	68	53	111	60	132	110	113	105	123	112	146
c (μm)	5,63	5,94	6,06	4,85	5,35	4,83	3,14	2,738	2,56	2,23	2,25	2,23
d (μm)	5,88			5,01			2,813			2,23		

Escama FUP-000096 (Figura 18E). Nível D. Apresenta formato romboide alongado com 3,1 mm de comprimento por 1,6 mm de altura. A camada de ganoína é relativamente lisa e espessa e não apresenta forâmens. A extremidade anterior não está preservada e, por isso, não se observa o processo ântero-dorsal. É possível observar uma sutil margem de articulação para escamas adjacentes na região anterior da escama. A superfície medial é lisa exceto por uma protuberância na região mais central da escama.

Escama FUP- Pv 000097 (Figura 18F). Nível D. Possui 4,4 mm de comprimento e 1,9 mm de altura. É lisa e espessa, com camada de ganoína na superfície externa, com dois forâmens centrais. Possui formato losangular alongado e está com a região anterior quebrada. Apenas na porção superior anterior, apresenta uma margem de articulação para escamas adjacentes. A superfície medial também é lisa e sem nenhuma ornamentação.

Escama FUP- Pv 000098 (Figura 18G). Nível A. Possui 3,1 mm de comprimento por 2,3 mm de altura, tanto as extremidades anteriores e posteriores estão quebradas. A camada de ganoína é lisa e menos espessa, de cor marrom e está com várias fraturas. Na margem anterior, observa-se apenas a margem para articulação de escamas adjacentes. Em vista medial a superfície é lisa e apresenta um forame localizado quase na região central.

Escama FUP-Pv 000099 (Figura 18H). Nível D. Apresenta um formato romboide com 1,9 mm de altura e aproximadamente 3,2 mm de comprimento. A camada de ganoína é lisa e não

tão espessa apresentando um único forame mais ou menos na região central da escama. Apenas a extremidade anterior não está preservada. Não apresenta processo ântero-dorsal nem a projeção dorsal. A região ântero-ventral apresenta margem de articulação para escamas adjacentes. Em vista medial a porção central é mais espessa e as bordas mais finas.

Escama FUP- Pv 000101 (Figura 18I). Nível A. Possui formato romboide, com 3,8 mm de comprimento e 2,7 mm de altura. A camada de ganoína é lisa e apresenta alguns forâmens de aproximadamente 0,05mm a 0,1mm de largura, espalhados pela superfície da escama de forma irregular e localizados próximos à região central. Ainda na superfície, observa-se um degrau em cima da cobertura de ganoína. Na região anterior (margem superior) e posterior (margem inferior) é possível observar a margem de articulação para escamas adjacentes. Não foram observados os processos ântero-dorsal e dorsal formando a articulação “*peg and socket*”. A superfície medial é lisa, sendo visíveis apenas os forâmens.

LEPISOSTEIDAE Cuvier, 1825 *Atractosteus?* indet.

Escama FUP-000092 (Figura 18A). Nível D. Possui formato romboide alongado com 4,5 mm de comprimento por 2,3 mm de altura. A camada de ganoína é lisa e não tão espessa, apresentando dois forâmens na região central da escama (Fig. 18A3). O processo ântero-dorsal é menos desenvolvido do que a projeção dorsal. Na margem ântero-ventral não se observa nenhuma superfície de articulação para escama adjacente. Em vista medial a superfície é aparentemente lisa, mas não é possível observar a saída dos dois forâmens. Na imagem de MEV (Fig. 18A4) é possível observar sutis protuberâncias circulares distribuídas por toda escama, com diâmetro médio de 5,88 µm e distância entre elas de 2,81 µm (Tabela 3).

Escama FUP-000093 (Figura 18B). Nível D. É a maior de todas, tendo 1,44 cm de comprimento por 0,5 cm de altura. Tem formato romboide e é espessa com cobertura de ganoína na cor marrom escura/preta. Em sua superfície na região central, há três forâmens (Fig. 18B2). Está quebrada na extremidade anterior e não apresenta as projeções “*peg and socket*”. Na região posterior, há um sulco pequeno sugerindo uma ornamentação para a borda da escama. Nas imagens de MEV (Fig. 18B3 e B4) a microestrutura da superfície da escama é quase imperceptível, as protuberâncias são bem rasas e com o diâmetro médio de 5,01 µm e distância entre eles 2,23 µm (Tabela 3).

TELEOSTEI Muller, 1846
CHARACIFORMES Regan, 1911
Characiformes? Indet.

Escamas elasmoides isoladas: De modo geral, as escamas não se preservaram por completo, deixando apenas fragmentos, variando no tamanho entre 2,0 mm e 5,0 mm, e com espessura de 0,1 mm. As escamas apresentam um aspecto transparente e incolor ou esbranquiçado com os circuli mais esbranquiçados e opacos no campo anterior. Aparentemente, nenhuma escama preservou seu campo posterior por completo. Embora nenhuma escama esteja completa, em todas é possível observar a margem anterior. Em alguns casos, a morfologia da extremidade da margem anterior da escama varia entre lisa e ondulada.

Fragmento de escama cicloide isolada FUP-Pv000102 (Figura 19A-A1): Possui formato triangular, com cor esbranquiçada a incolor e transparente. A curvatura da margem anterior é irregular com a extremidade ondulada, apresentando um conjunto de cinco raios, um primário no centro e quatro secundários. Nos espaços entre um raio e outro, onde se formam ondulações, é possível observar circuli distintos e pouco espaçados que convergem na porção posterior e irradiam longitudinalmente à margem anterior da escama. A escama aparenta ser um pouco mais espessa que as outras observadas e não é tão transparente.

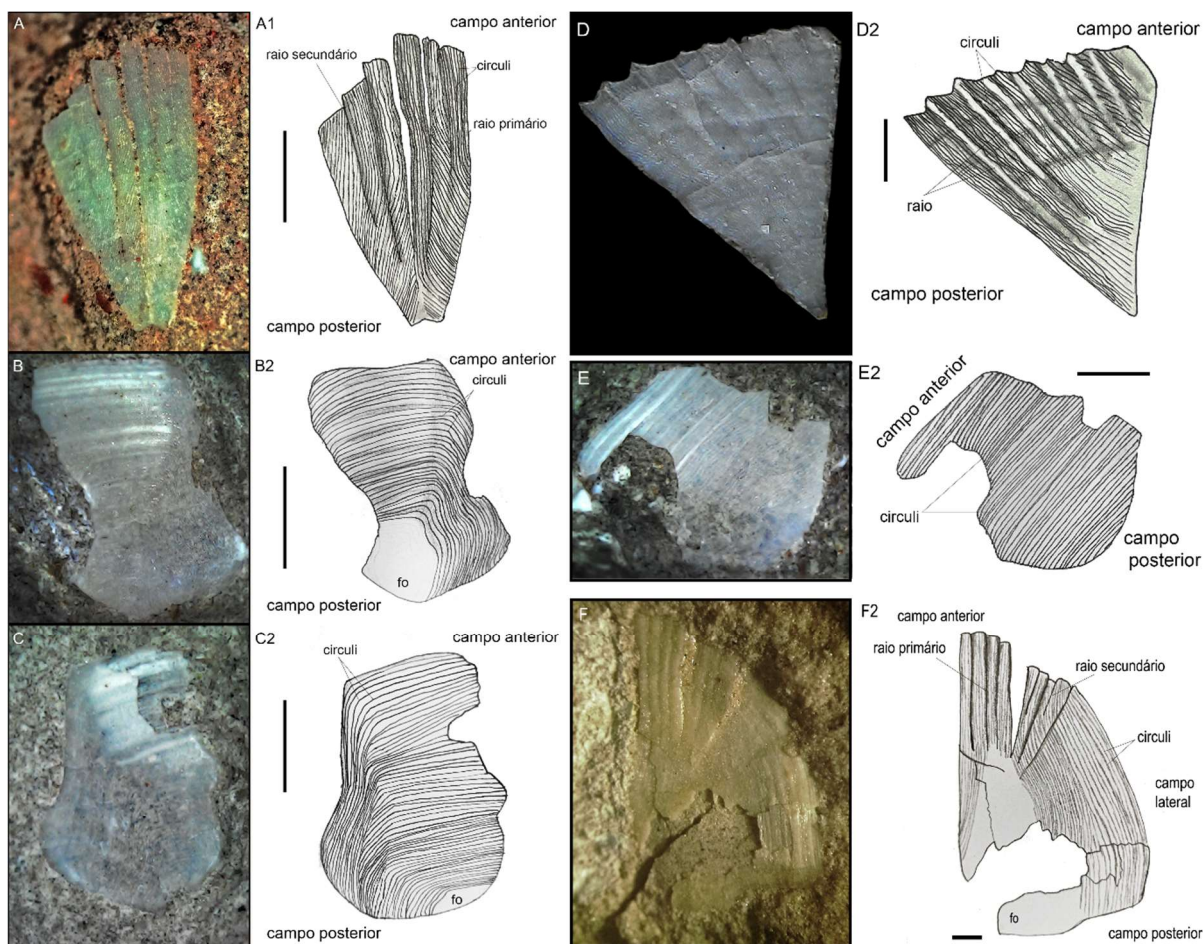


Figura 19. Escamas cicloides: A (FUP-Pv 000102), B (FUP-Pv 000103), C (FUP-Pv 000105), D (FUP-Pv 000106), E (FUP-Pv 000107), F (FUP-Pv 000111). Abreviações: fo: foco. Escala: 1 mm.

Escama cicloide isolada (FUP-Pv 000103) (Figura 19B). Escama do tipo cicloide verdadeira com forma quadrilateral: retangular. O campo anterior é reto com extremidade lisa. O campo posterior é arredondado com extremidade lisa, sem ctenii. Os campos laterais da escama estão quebrados. Apresenta circuli distintos e pouco espaçados, formando linhas contínuas que acompanham a borda da escama e se curvam paralelamente à margem anterior. Próximo a borda da escama, há pelo menos cinco linhas mais acentuadas na cor branca. Não apresenta raios.

Escama cicloide isolada (FUP-Pv 000105) (Figura 19C). Escama preservada parcialmente, do tipo cicloide verdadeira, sem projeções como espinhos nas margens anteriores e posteriores. Apresenta um formato poligonal do tipo hexagonal. A curvatura na margem do campo anterior é reta com extremidade lisa. A curvatura no campo posterior é arredondada com extremidade lisa. A margem do campo lateral é levemente côncava. Apresenta circuli com linhas contínuas e pouco espaçadas que acompanham a margem da escama. Não há cristas longitudinais aparentes. Na margem anterior da escama há linhas mais acentuadas de cor esbranquiçada e

maiores em tamanho em relação às demais presentes. A região do foco parece ser posterior.

Fragmento de escama elasmóide isolada (FUP-Pv 000106) (Figura 19D). A escama está fragmentada, possui formato triangular com cor transparente para esbranquiçada. Apresenta circuli longitudinais que partem desde o início do fragmento de escama até a margem anterior. Possui sete raios primários que se desenvolvem até a margem anterior da escama, diferentes dos demais raios descritos aqui, estes são protuberâncias na superfície da escama.

Escama cicloide isolada (FUP-Pv 000107) (Figura 19E). Escama cicloide com formato circular. Somente o campo anterior da escama está preservado. A margem anterior é reta com extremidade lisa e não apresenta cristas longitudinais. O campo posterior não se preservou. Apresenta vários circuli com linhas contínuas paralelas à margem anterior da escama e pouco espaçadas. Próximo à extremidade anterior algumas linhas apresentam cor esbranquiçada e maiores em relação ao circuli.

Escama cicloide isolada (FUP-Pv 000111) (Figura 19F). Escama do tipo cicloide verdadeira e de forma circular a oval, não apresenta projeções ou incrementos marginais. Possui 5,6 mm de largura por 8,5 mm de altura. A margem anterior apresenta curvatura côncava com extremidade ondulada. O campo posterior é arredondado e liso. Os circuli são pouco espaçados, com visibilidade distinta e descontínuos, acompanham a margem da escama no campo lateral, mas convergem e irradiam longitudinalmente no campo anterior até a margem. Apresenta quatro raios primários e dois secundários.

OSTARIOPHYSI Fink and Fink, 1981

SILURIFORME Cuvier, 1816

Siluriformes indet.

Espinho peitoral (FUP-Pv 000112). Figura 20. Nível D: Fragmento de espinho peitoral, sem as extremidades proximal e distal preservados. O fragmento está quebrado em duas partes e a soma dessas partes possui um comprimento de 3,5 mm, chegando a 1,5 mm de altura nos denticulos. O tamanho médio dos denticulos é de 0,69 mm e a distância entre eles é de 0,58 mm. Em vista medial, a crista anterior é mais fina, formando uma quilha. Em vista dorsal é possível observar ornamentação com estrias paralelas ao eixo maior. A margem posterior onde os denticulos estão localizados apresenta um sulco paralelo às cristas. Os

dentículos são recurvados e pontiagudos, direcionados para a região proximal.

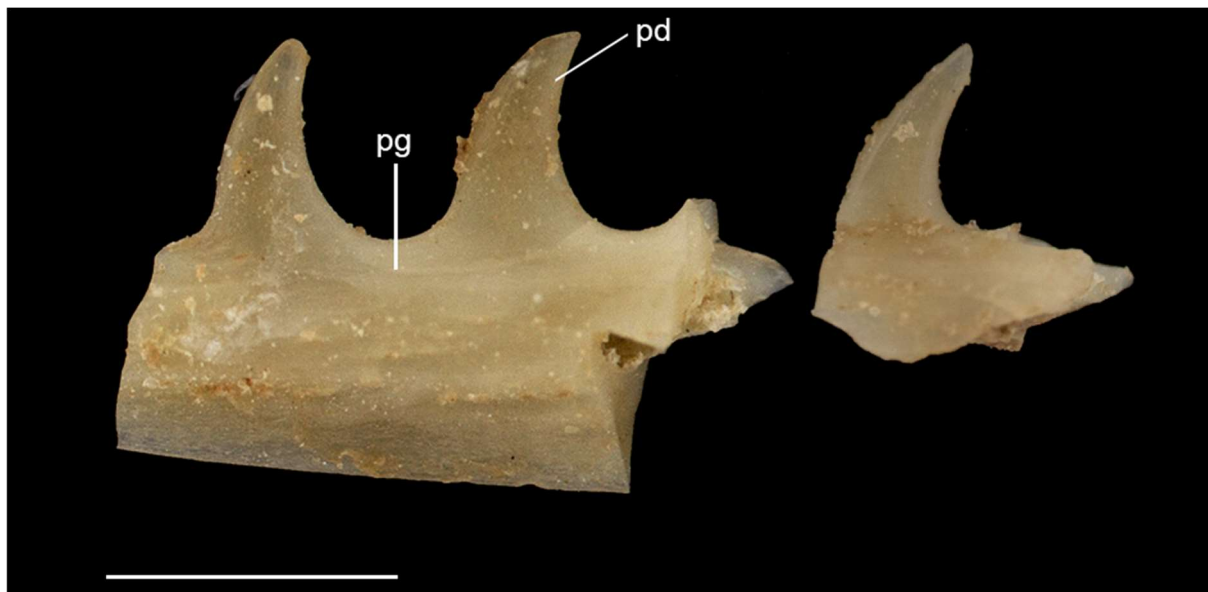


Figura 20. Fragmento de espinho peitoral de Siluriformes (FUP-Pv 000112). Abreviações:) **pd**: projeção dorsal e **pg**: sulco posterior (*posterior groove*). Escala: 1 mm.

CHAROPHYTA Migula, 1897

CHARACEAE Richard ex C. Agardh, 1824

Chara Linnaeus, 1753

"Chara" barbosai Petri, 1955

Os girogonites estão concentrados somente no nível A. Foram coletados dezenas de girogonites ao todo.

Gigoronite (FUP-PB 001120) (Fig. 18J, Tabela 4): Possui formato prolato esferoidal, com ápice e base pronunciada. O comprimento no eixo polar (LPA) é de 524 μm e o diâmetro equatorial (LED) é de 347 μm . A largura média entre as células espirais no equador (ace) é de 67 μm . Os espirais não se curvam tanto para a base e ao todo são 8 voltas, visíveis em vista lateral. A distância entre o LED e o ápice é de 257 μm (AND).

Girogonite (FUP-PB 001121) (Fig. 18K, Tabela 4): O girogonite é prolato esferoidal, alongado com base estreita e pronunciada. O comprimento no eixo polar (LPA) é de 685 μm e 408 μm de diâmetro equatorial máximo. A largura média entre as células espirais no equador (ace) é de 62 μm . Os espirais se curvam para a base, contendo de 9 a 10 visíveis em vista lateral,

contando as incompletas. A distância entre o LED e o ápice é de 320 μm (AND).

Girogonite (FUP-PB 001122) (Fig. 18L, Tabela 4): É mais alongado que os demais descritos, possui formato perprolato, com a base pronunciada. O comprimento do eixo polar (LPA) é de 677 μm e o diâmetro equatorial máximo (LED) é de 367 μm . A largura entre as células espirais no equador (ace) é de 68 μm . Os espirais correspondem ao todo 10 voltas no girogonite e são levemente recurvados para a base. A distância entre o LED e o ápice é de 338 μm (AND).

Tabela 4. Dimensões dos girogonites analisados. **ISI:** índice de isopolaridade (LPA/LEDx100)

Espécime	nv	LPA	LED	ISI	AND	
FUP-PB 001120	8	524	347	151	257	67
FUP-PB 001121	10	685	408	168	320	47
FUP-PB 001122	10	677	367	184	338	68

4. DISCUSSÃO

4.1. Morfologia

Parasfenoide FUP-000078 e FUP-000079: O parasfenoide é o maior osso da caixa craniana ventral, sua margem posterior é mais retangular e possui formato alongado que vai desde o côndilo occipital até o vômer, muito semelhante à morfologia geral dos parasfenoides da família Lepisosteidae. Não possui o ramo ascendente, comum nos peixes Amiidae. Os processos laterais do parasfenoide de FUP-000078 formam parte do processo basiapterigoide (bpt), semelhante à morfologia encontrada em *L. oculatus* e †*Atractosteus tristoechus*, que é reto em sua margem anterior, e levemente recurvado lateralmente e posteriormente, diferindo dos processos laterais de *L. osseus*, *L. platostomus*, *L. platyrhincus*, †*L. bemisi*, *A. spatula*, *A. tropicus*, †*A. atrox*, †*A. simplex*, †*A. messelensis*, †*C. cuneatus*, †*C. wileyi* e †*D. laevis*.

Em vista ventral, logo acima dos processos laterais do basiapterigoide (bpt), há uma fina lâmina que parte do centro e se bifurca até as extremidades, essa característica é difícil de ser observada na literatura (Grande, 2010), mas está presente em *L. platostomus*, †*L. bemisi*, *L. platyrhincus*, †*C. cuneatus* e †*A. tropicus*. Em seguida, mais posteriormente, há um sulco que começa raso e estreito e se alarga até a margem posterior atingindo o basioccipital, de formato

retangular. Tal sulco é observado também em †*C. cuneatus*, †*C. wileyi*, †*L. bemisi* e *L. platostomus*. Nesse caso, difere da morfologia de †*A. messelensis*, na qual o sulco é profundo ao longo de toda região posterior e nos demais, o sulco não é tão desenvolvido anteriormente.

O parasfenoide FUP-000078, até onde está preservado, não apresenta um pacote fino e alongado de dentes pequenos em sua superfície ventral, semelhante a †*C. cuneatus* e †*C. wileyi*. Em *L. osseus*, *L. oculatus*, †*L. bemisi*, *A. tropicus* e †*A. atrox*, †*A. messelensis*, a placa de dentes ocorre apenas na porção anterior do parasfenoide. Já o exemplar FUP-000079 não preservou essa região, por isso não é possível dizer se há ou não dentes nesse local. *Lepisosteus platostomus*, *A. tristoechus* e †*A. simplex*, possuem a placa de dentes na porção média do parasfenoide. Os demais, *L. platyrhincus* e *A. spatula*, possuem o pacote de dentes na região anterior à média do parasfenoide. Com base nas características comentadas acima e o grau de preservação do material, o exemplar FUP-0000779 foi classificado como Lepisosteidae indeterminado.

Dentário: Comparando o dentário esquerdo (FUP-Pv 000091) com exemplares descritos dentro de Lepisosteiformes, é possível observar semelhanças com as espécies da família Lepisosteidae, principalmente com relação à morfologia geral do dentário de juvenis, como o espaçamento entre os dentes e a presença de estrias ou sulcos que partem da base do dente até a sua porção média, sendo resultado do dobramento interno da camada de dentina, chamada plicidentina. Essa característica nos dentes é única em Actinopterygii para Lepisosteidae (Grande, 2010). A plicidentina está presente em †*Lepisosteus bemisi*, †*L. indicus*, †*Atractosteus simplex*, †*Oniichthys falipoui*, †*A. atrox*, †*A. messelensis*, †*A. grandei*, †*Nhanulepisosteus mexicanus*, †*Cuneatus* e †*Masillosteus janeae*. É ausente nas famílias †*Obaichthyidae* e *Amiidae* (Amiiformes) (Grande & Bemis, 1998; Grande, 2010; Brito *et al.* 2017; Brownstein *et al.* 2022).

O material FUP-Pv 000091 apresenta a sínfise levemente recurvada, sua área de contato é menor e o dentário é curto e recurvado na porção média-anterior (apesar de não poder se dizer com certeza devido à preservação) muito semelhante ao gênero †*Cuneatus* (†*C. cuneatus* e †*C. wileyi*). Em †*Masillosteus* (†*M. kelleri* e †*M. janeae*) a sínfise é recurvada, mas o dentário em vista lateral possui um degrau para inserção dos dentes coronóides, o que não ocorre com o exemplar aqui descrito. Diferente também do gênero *Lepisosteus* (†*L. bemisi* e †*L. indicus*), no qual, em indivíduos adultos, a sínfise do dentário possui uma área de contato maior medialmente e o dentário é evidentemente reto e alongado. Já em indivíduos juvenis com

comprimento total (CT) de 26,0 mm, o dentário é curto, liso, com poucos forâmens, levemente recurvado medialmente e apresenta alguns dentes menores paralelos à fileira de dentes principal em vista lateral. Quando atingido o CT = 167,0 mm, o dentário já se desenvolve para a morfologia mais relacionada à de indivíduos adultos, como um elemento mais longo, reto e estreito.

No gênero *Atractosteus* (*†A. simplex*, *†A. atrox*, *†A. messelensis* e *†A. grandei*), em indivíduos adultos, a área de contato da sínfise é menor anteriormente e medialmente, o dentário é mais curto e recurvado em relação ao gênero citado anteriormente, mas não tão recurvado como o material aqui descrito. Em indivíduos juvenis de *Atractosteus*, o dentário de indivíduos com CT de 139,0 mm, compartilha algumas semelhanças com FUP-Pv 000091, sendo mais curto e levemente recurvado medialmente, sua superfície externa lisa, bem como dentes espaçados do tipo acrodonte. O dentário FUP-Pv 000091 também se assemelha à morfologia da sínfise mandibular de Amiidae (*Amiinae*, *†Vidalamiinae*, *†Solnhofenamiinae* e *†Amiopsinae*), exceto pelos dentes de Amiidae, que são lisos, cônicos e recurvados.

Difere também na morfologia do canal de Meckel de Lepisosteidae (*†L. indicus*, *†A. simplex*, *†A. messelensis*, *†A. atrox*), que é mais amplo posteriormente e estreito até a porção média do dentário. No gênero *†Cuneatus* (*†C. cuneatus* e *†C. wileyi*) e *†Masillosteus* (*†M. kelleri* e *†M. janeae*) o canal de Meckel é curto, não tão largo na porção posterior e termina estreito e raso na porção média do dentário. Não é visível em *†Oniichthys falipoui* e *†A. grandei*.

Ainda em vista medial, na região posterior margem superior, o material FUP-Pv 000091 apresenta um sulco bem desenvolvido, podendo indicar a região de inserção com o surangular. Essa característica aparenta ser única do espécime aqui descrito, diferente do dentário de Lepisosteidae na qual essa região do dentário há apenas a abertura do canal de Meckel. Não é visível em Lepisosteidae (*†L. bemisi*, *†L. indicus*, *†A. simplex*, *†A. messelensis*, *†A. atrox* e *†A. grandei*).

No dentário, em vista lateral, é possível observar pelo menos nove forâmens mandibulares, de formato elíptico, no qual os seis primeiros estão em fileira e outros três estão mais abaixo. Todos estão localizados na porção médio-anterior do osso. Semelhante aos forâmens de Amiidae (*†Cyclurus kehleri*, *†C. gurleyi*, *†C. efremovi*, *†C. "russelli"*) e diferente de *†A. woodwardi*, *†A. damoni* e *†A. dolloi*, no qual os forâmens são circulares. Também diferente do observado nos demais Lepisosteidae (*†L. bemisi*, *†A. simplex*, *†Oniichthys falipoui*), no qual os forâmens são circulares e se encontram alinhados em uma fileira. Em *†A.*

messelensis eles são redondos, mas alguns se conectam e não estão dispostos em fileiras. Essa característica não é visível em †*A. atrox*.

O dentário de todos os indivíduos adultos dentro de Lepisosteidae (*Atractosteus*, *Lepisosteus*, *Masillosteus*, *Cuneatus* e *Nhanulepisosteus*) é ornamentado com estrias longitudinais ou rugoso em sua superfície externa, diferindo de FUP-Pv 000091, que é liso assim como o dentário de indivíduos juvenis de *Atractosteus* e *Lepisosteus*, podendo indicar esse estágio ontogenético para o FUP-Pv 000091.

O material FUP-Pv 000091 apresenta uma fina parede óssea na lateral do dentário, na qual avança até cobrir a base do dente e recua quando passa pelos alvéolos. Essa característica é única para esse material, não ocorrendo em nenhuma espécie de Lepisosteidae.

Como citado anteriormente, os dentes de FUP-Pv 000091 são típicos de Lepisosteidae pela presença de plicidentina e capa hipermineralizada de acrodina no ápice. Paralela, medialmente à fileira de dentes principal, há uma extensão para a qual se encaixam os dentes coronoides, se preservados. Essa plataforma é semelhante às encontradas em †*L. bemisi* e †*A. simplex*. Entretanto, difere de †*M. janeae*, no qual a plataforma de inserção para dentes coronoides ocorre apenas na região média-posterior. Não é visível em †*L. indicus*, †*A. messelensis*, †*A. atrox*, †*Oniichthys falipoui*, †*C. cuneatus*, †*C. wileyi* e †*M. kelleri*.

Normalmente, em indivíduos adultos há uma fileira de dentes menores paralela lateralmente a fileira de dentes principal, presente em todas as espécies adultas de Lepisosteidae, mas é ausente em indivíduos juvenis de *Atractosteus* e *Lepisosteus* recentes. O material FUP-Pv 000091 não apresenta essa fileira de dentes menores.

Com intuito de melhorar a discussão na tentativa de identificar o estágio ontogenético do indivíduo FUP-Pv 000091, foram usadas descrições morfológicas do sistema de linha lateral cefálica dos peixes actinoptérigios recentes. Neste caso, verificou-se que o canal mandibular começa a se formar primeiro na camada mais externa (epiderme), a partir dos neuromastos que, em seguida, afundam e formam uma depressão dentro da camada de osso dérmico quando então, esse canal (que se iniciou como vários segmentos individuais ao longo do dentário) começa a se fundir e ossificar em túbulos. Os túbulos podem continuar a se subdividir e formar estruturas mais complexas com três ou mais ramos conectados num mesmo túbulo (Allis, 1889; Vega & Viozzi, 2016; Pastana *et al.*, 2020).

Em *Amia calva* observou-se em indivíduos juvenis e adultos que as conexões dos forâmens são, no mínimo, duplas ou em pares (Allis, 1889). Indivíduos adultos tendem a ter mais forâmens e conexões mais complexos e mais profundos do que indivíduos juvenis (Allis, 1889; Coombs *et al.*, 1989; Song & Northcutt, 1991; Bird & Webb, 2014; Vega & Viozzi, 2016; Pastana *et al.*, 2020).

Em *L. platyrhincus* (Song & Northcutt, 1991) as inervações dos forâmens chegam a sete em cada segmento, enquanto em FUP-Pv 000091, tem-se inervações somente em pares e uma tripla, presentes na porção médio anterior do dentário e o tamanho desses túbulos até a saída dos forâmens é curta, diferentemente do encontrado em *Amia calva* (Allis, 1889) e *Lepisosteus platyrhincus* (Song & Northcutt, 1991).

Comparando a morfologia externa dos dentários dos gêneros *Lepisosteus* e *Atractosteus* descritas por Grande (2010) com o dentário FUP-Pv 000091, nota-se uma redução no número de forâmens do material aqui descrito, superfície sem ornamentação, quantidade de dentes reduzida, e dentário levemente recurvado. Discutido isso, pode-se dizer que o material FUP-Pv 000091 de fato, apresenta características semelhantes a indivíduos juvenis do gênero *Atractosteus*.

Lacrimomaxilar (FUP-Pv 000080): Os ossos lacrimomaxilares juntos compõem a porção superior do palato dos Lepisosteidae (ausente em †Obaichthyidae), os quais se arranjam em uma série de ossos dermais ornamentados com duas fileiras de dentes maiores que parecem presas (lingual) e dentes menores (labial), finos como uma agulha. Essas placas são menores anteriormente, próximo à pré-maxila, e tendem a ser mais alongados, próximo à maxila, onde os dentes vão diminuindo em tamanho, até ficarem em uma única fileira na região posterior (Grande, 2010). Acredita-se que as fileiras de lacrimomaxilares nos Lepisosteidae seja resultado da separação da maxila e do lacrimal nos primeiros estágios ontogenéticos (Grande, 2010).

O fragmento de lacrimomaxilar aqui descrito se assemelha com as características gerais presentes nas espécies *L. osseus*, *L. platostomus*, *L. oculatus*, *L. platyrhincus*, †*L. bemisi*, †*L. indicus*, *A. spatula*, *A. tristoechus*, *A. tropicus*, †*A. simplex*, †*A. messelensis*, †*A. atrox*, †*Oniichthys falipoui*, †*C. cuneatus*, †*C. wileyi*, o qual corresponde a uma placa com duas fileiras de dentes, maiores internamente e menores lateralmente, com superfície externa ornamentada. Em †*M. kelleri* e †*M. janeae* não há dentes na série de ossos lacrimomaxilares.

A quantidade de ossos lacrimomaxilares varia de acordo com essas espécies mencionadas do gênero *Lepisosteus* e *Atractosteus*, mas lamentavelmente apenas uma única fileira de lacrimomaxila foi encontrada, impedindo uma melhor classificação desse material. Os dentes maiores da porção interna, em *Atractosteus*, são mais robustos e com base ampla comparados à *Lepisosteus*. No material FUP-Pv 000080, se preservaram apenas a área de inserção dos dentes maiores, não sendo possível comparar a morfologia desses dentes em específico. Sendo assim, esse fragmento de lacrimomaxilar foi atribuído a um Lepisosteidae indeterminado.

Dermopalatino (FUP-Pv 000089). O dermopalatino nos Lepisosteidae está envolvido na estrutura e função do aparelho bucal e alimentar desses peixes, desempenhando um papel no suporte e na formação da parte superior do palato (Lemberg *et al.*, 2019). O dermopalatino, juntamente com outros ossos cranianos, contribui para o mecanismo geral do crânio e do aparato mandibular, auxiliando em seu comportamento alimentar (Grande, 2010).

Os dentes presentes no dermopalatino em Lepisosteidae são presas (na região anterior), e normalmente são maiores na porção interna (medial) do que os dentes na margem lateral. Estão dispostos em fileiras e estão ausentes em alguns *Lepisosteus* adultos (Grande, 2010). As presas diminuem de tamanho e passam a ser dentes com tamanhos e formas indissociáveis nas fileiras na região posterior (Grande, 2010). O material FUP-Pv 000089 não se assemelha ao dermopalatino de: *L. osseus* e *L. platyrhincus*, pois os dentes são ausentes nessas espécies; *A. tropicus* e †*A. simplex*, nesses casos os dentes ocorrem em número mais reduzido e são menores em relação aos demais; †*A. messelensis*, †*A. atrox* e †*Oniichthys falipoui*, os dentes no dermopalatino ocorrem em apenas uma única fileira e são grandes. O espécime descrito é mais parecido com o dermopalatino de *L. oculatus*, *L. platostomus*, †*L. bemisi*, †*L. indicus*, *A. spatula* e *A. tristoechus* (principalmente a região posterior a qual é mais estreita). Infelizmente, dada a falta de mais características comparáveis do material encontrado, esse fragmento foi atribuído a Lepisosteidae indeterminado.

Escamas ganoides isoladas: Até então, todas as escamas reportadas para as formações Araçatuba e Adamantina encontram-se isoladas e apresentam algum sinal de transporte e abrasão, com exceção de *L. cominatoi* (Santos, 1984).

Comparando as escamas isoladas apresentadas aqui (Figuras 8-12 e 18) com escamas

das espécies da família †Obaichthyidae, é possível observar algumas diferenças. Em †*Obaichthys decoratus* as escamas ganoides são mais espessas e longas, com a presença de um espinho medialmente localizado na superfície da região posterior, assim como vários tubérculos arredondados e a margem posterior levemente serrilhada. Em †*Obaichthys africanus* as escamas ganoides também possuem um espinho medial localizado no campo posterior, mas não apresentam tubérculos e as cristas são bem desenvolvidas na margem posterior (Brito *et al*, 2000; Grande, 2010). Não foram encontradas escamas apresentando tais características desse grupo nas coletas realizadas

A escama FUP-Pv 000081 (Fig. 13) se assemelha às escamas de *Atractosteus spatula*, pois a margem anterior apresenta um aspecto serrilhado ou dentado. A ausência das projeções “*peg and socket*” na escama pode indicar que ela pertença à região mais posterior ou caudal do corpo. Sendo assim, a escama ganoide FUP- Pv 000081 (Fig. 13) foi classificada como *Atractosteus* indeterminado.

A escama FUP- Pv 000085 (Fig. 9D e 11) se assemelha com as escamas da região médio-abdominal do flanco de *Atractosteus spatula* por apresentar margem posterior serrilhada. Nas demais espécies do gênero, escamas mais ornamentadas ou serrilhadas estão presentes na região posterior ao cleitro, como em *A. tristoechus*, *A. tropicus*, †*A. simplex*, †*A. messelensis*. As demais escamas do corpo são lisas ou menos ornamentadas quando comparadas à *A. spatula*. Difere também das escamas de †*A. atrox*, pois possui escamas altamente ornamentadas na superfície. Grande (2010) associa esse grau de ornamentação com tamanho do indivíduo, sendo as escamas de indivíduos maiores mais ornamentadas. Diferente de †*Oniichthys falipoui* e †*Grademanirus gherisensis* nos quais as escamas são essencialmente lisas.

Como mencionado, deve ser considerada também a variação morfológica nas escamas ganoides para um mesmo indivíduo de acordo com a posição do corpo. As escamas que procedem o cleitro (atrás da cabeça) variam desde escamas maiores e mais retangulares a escamas menores e quase triangulares. As escamas dorsais possuem um formato arredondado com uma bifurcação na porção anterior, parecida com uma palheta. As escamas da linha lateral e próximas a ela (região do abdômen) são caracterizadas pela presença das projeções que formam a articulação “*peg and socket*” (Grande, 2010). Dessa forma, as escamas FUP-Pv 000094 e FUP-Pv 000095 (fig. 18C e 18D) pertencem a essa região do corpo devido à presença das projeções “*peg and socket*”, presentes também nos gêneros *Lepisosteus*, *Cuneatus*, *Masillosteus* e fósseis de *Atractosteus*. A primeira projeção, ântero-dorsal, é mais desenvolvida

e se encaixa na porção medial da escama adjacente, dando rigidez ao corpo dos peixes Lepisosteiformes, formando uma espécie de armadura e os protegendo contra predadores (Grande, 2010). A segunda projeção, dorsal ou dorsal “peg”, é menor, menos desenvolvida e está presente nas seguintes espécies dentro Lepisosteidae: *L. osseus*; *L. oculatus*; *L. platyrhincus*; *L. platostomus*; †*L. bemisi*; †*L. indicus*; †*C. cuneatus*; †*M. janeae*, e Obaichthyidae: †*O. decoratus*; †*O. africanus*; †*D. laevis*; †*Grandemarinus gherisensis*.

As escamas ganoides em geral possuem um formato losangular ou romboide, típica para os Actinopterígios basais como Polypteriformes e Lepisosteiformes. Aqui, diferente dos demais Actinopterígios com escamas ganoides ornamentadas, as escamas A, B, C, E da Figura 9 e A, C, D, E, F, G, H, I da Figura 18, são todas lisas sem ornamentação aparente, assim como as escamas típicas encontradas na família Lepisosteidae (Grande, 2010).

Analisando a morfologia das escamas isoladas FUP-Pv 000091, FUP-Pv 000096, FUP-Pv 000097, FUP-Pv 000099 (Figura 18A, E, F, H) é possível observar semelhanças com as escamas da região mais posterior do corpo pois, na medida em que essas escamas avançam para a região caudal, essas projeções ficam cada vez menos aparentes e assumem um formato losangular ou de diamante, dando assim, maior flexibilidade e mobilidade para essa região do corpo (Grande, 2010) assim como ocorre em *Lepisosteus* e *Atractosteus*.

A histologia de algumas dessas escamas, mostrou que elas possuem características típicas de escamas de Lepisosteidae, apresentando duas camadas, uma contendo a placa basal com osso lamelar estratificado, vários canálculos de Williamson (ausente em *Obaichthys*) e osteócitos. Logo acima, em contato direto com essa camada, está a camada de ganoína. No caso das escamas FUP-Pv 000082, FUP-Pv 000085 e FUP-Pv 000086, a margem de contato entre essas duas camadas é evidenciada por uma série de serrilhas curtas, assim como observado em *L. oculatus* (Sire, 1994), *L. osseus* e *L. platyrhincus* (Thomson & McCune, 1984). Essa característica é observada também em †*L. cominatoi* (Santos, 1984), FUP-Pv-000017 (Carvalho & Santucci, 2021) e FAPEISA 0005B (Alves *et al.*, 2021). Por outro lado, os canálculos de Williamson encontrados nas escamas descritas nesse trabalho diferem dos canálculos descritos para FAPEISA 0005B, visto que são menores e menos frequentes. As serrilhas são seções transversais das cristas anulares e não representam resultado de reabsorção nas escamas (Thomson & McCune, 1984).

Outro critério a ser levado em conta é o da micro-ornamentação na superfície das

escamas, onde as escamas ganóides de Lepisosteiformes e Polypteriformes são diferenciadas pela média dos tamanhos dos tubérculos e espaço entre eles (Gayet *et al.*, 2002). Alves *et al.* (2021) reportaram pela primeira vez escamas atribuídas ao gênero *Atractosteus* para o Grupo Bauru com base na ornamentação de microtubérculos na superfície das escamas. As escamas do afloramento Tartaruguito FUP-000092 (Fig. 18A) e FUP-000093 (Fig. 18B) possuem diâmetro 5,88 μm e 5,01 μm , respectivamente, e 2,81 μm e 2,23 μm de espaço entre os tubérculos. Ambas apresentam parâmetros que permitem classificá-las dentro do gênero *Atractosteus*, com média de 5,68-9,07 μm de diâmetro dos tubérculos e 1,57-2,38 μm de distância entre os tubérculos (Gayet *et al.*, 2002) (Fig. 21).

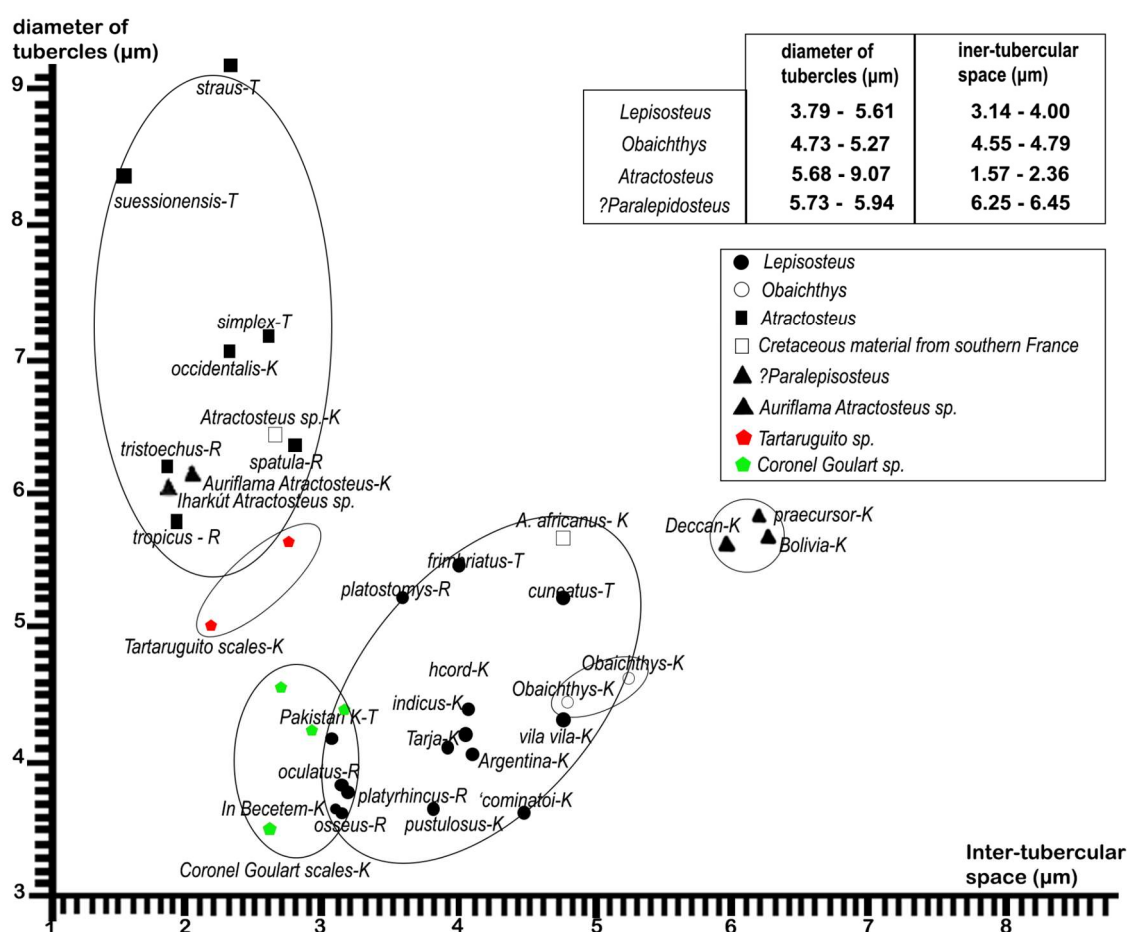


Figura 21. Medições do diâmetro dos tubérculos de ganoína e das distâncias intertuberculares nas escamas de peixes lepisosteídeos vivos e extintos, incluindo as escamas do Afloramento Tartaruguito e Coronel Goulart. Abreviações: Cretáceo; T, Paleógeno/Neógeno; Q, Quaternário; R, Recente (adaptado de Gayet *et al.*, 2002).

As escamas FUP-Pv 000082, FUP- Pv 000093, FUP- Pv 000085, FUP- Pv 000086 (Figs. 9A, 18B, 18D e 18E) estão entre 3,70-4,73 μm de diâmetro por 2,61-3,14 μm de espaço entre os tubérculos. Curiosamente, essas escamas da Formação Araçatuba se encaixam em um novo morfoespaço (Fig. 21). Os parâmetros contrastam com *Lepisosteus*, *Obaichthys*,

Atractosteus, ?*Paralepidosteus* e escamas ganoides reportadas por Alves *et al.* (2021) para Formação Adamantina, nas quais as escamas possuem tubérculos com diâmetros entre 5,50-6,65 μm e espaço entre eles de 2,0-2,9 μm .

A escama FUP-Pv 000095 (Fig. 18D), como mencionado mais acima, apresenta característica morfológica externa mais próxima de *Atractosteus*. Porém, os dados analisados do diâmetro e espaçamento entre os tubérculos mostrou que essa escama está abaixo dos parâmetros medidos para *Atractosteus* e mais próximo do gênero *Lepisosteus*, indicando uma diversidade de Lepisosteidae maior do que a conhecida atualmente para essa porção do grupo Bauru na região de Presidente Prudente (SP).

Escamas cicloides: O uso de escamas elasmoides para caráter taxonômico é dificultado pela grande variedade morfológica para um mesmo indivíduo, dependendo da região do corpo e até mesmo, dependendo do estágio ontogenético que o indivíduo se encontra (Coburn & Gaglione, 1992). Como exemplo, a quantidade de cteni em escamas de Platycephalidae aumenta para indivíduos mais velhos, assim como o tamanho dessas estruturas (Coburn & Gaglione, 1992). Entretanto, o uso de diversas características morfológicas e o conjunto delas tem se mostrado um guia confiável para determinar táxons a níveis mais amplos, como família e até mesmo espécie, com auxílio de estudos morfométricos de escamas elasmoides recentes (Bräger & Moritz, 2016; Mendes, 2019).

Infelizmente, na paleontologia, além desses dificultadores citadas acima, a qualidade da preservação influencia diretamente na classificação taxonômica e, apesar das ocorrências no Grupo Bauru representando peixes Amiidae (Martinelli *et al.*, 2013; Rosa, 2013; Brito *et al.*, 2017; Nava *et al.*, 2021), Osteoglossidae (Gayet & Meunier, 1983), Perciformes (Gayet & Brito, 1989), e Characiformes (Bertini *et al.*, 1993), o registro de escamas elasmoides para a unidade ainda é escasso.

As primeiras ocorrências de escama elasmoides para a Formação Adamantina e Formação Marília foram reportadas por Gayet & Brito (1989) e Bertini *et al.* (1993), associadas à Characiformes e Osteoglossidae. Recentemente, Freitas *et al.* (2023) reportou quatro escamas cicloides atribuídas à Characiformes da Formação Adamantina. Estas são semelhantes às escamas FUP-Pv 000102 e FUP-000111, (Fig.19A e F), que correspondem a escamas cicloides do tipo verdadeira, sem projeções ou irregularidades no campo posterior e com o campo anterior côncavo com ornamentação ondulada. As escamas FUP-Pv 000102 e FUP-Pv 000111 parecem

ter preservado apenas a margem anterior na seção ornamentada, na qual os raios primários de ambas as extremidades se destacaram.

As escamas cicloides FUP-Pv 000103, FUP-Pv 000105, FUP-Pv 000107 (Fig. 19B, C, E) são similares às escamas de Characiformes, nas quais predominam escamas do tipo cicloides com campo anterior liso e reto, circuli distintos e pouco espaçados. Características estas comuns entre Characidae, Ctenoluciidae, Curimatidae, Acestrorrhynchidae e Hemiodontidae (Mendes, 2019).

As escamas eslamoides descritas aqui, diferem dos seguintes grupos de Perciformes: Moronidae; Serranidae; Apogonidae; Bramidae; Sparidae; Centranchidae; Ctenoide; Chaetodontidae; Cepolidae; Pomacentridae; Tripterygiidae; Gobiidae; Scombridae; Tetragonuridae; Caproidae, (Coburn & Gaglione, 1992; Brägger & Moritz, 2016). Essas famílias possuem escamas predominantemente ctenoides, com espinhos ou protuberâncias em sua superfície, característica esta, ausente nas escamas aqui analisadas.

Com base nas características discutidas acima, as escamas cicloides descritas foram atribuídas a Characiformes indeterminados.

Fragmento de espinho peitoral FUP-Pv 000090 e FUP-Pv 000112

Os Siluriformes correspondem a um amplo grupo de peixes teleósteos, sua diversidade atual abrange representantes distribuídos por todos os continentes e os mais diversos habitats (Ribeiro, 2006; Fricke *et al.*, 2023). O registro fóssil é mais expressivo e completo nos depósitos cenozoicos, sendo representados na Formação Tremembé, Bacia de Taubaté, pelas famílias Pimelodidae (*Steindachneridion iheringi*, *Steindachneridion silvasantosi*) (Woodward, 1989; Figueiredo & Costa-Carvalho, 1999), e Loricaridae (*Taubateia paraiba*) descrito por Malabarba & Lundberg (2007). No Grupo Bauru, os Siluriformes vêm sendo reportados desde a segunda metade do século XX (Gayet & Brito, 1989; Bertini *et al.*, 1993; Alves *et al.*, 2016, 2019; Freitas *et al.*, 2023). O material corresponde a restos isolados de dentes, espinhos de nadadeiras dorsais e peitorais, normalmente atribuídos somente a um nível taxonômico mais amplo dada a escassez de fósseis mais completos. Porém, Freitas *et al.* (2023) supõem que os fragmentos ósseos encontrados possam pertencer à Pimelodidae, sendo assim, o registro mais antigo desse grupo no mundo até então.

Analisando a morfologia dos espinhos peitorais (Figs. 15 e 20), percebe-se a seguinte semelhança com os espinhos descritos por Alves *et al.* (2019) e Freitas *et al.* (2023): presença de denticulos apenas na região posterior do espinho, denticulos recurvados e pontiagudos com cristas longitudinais ao longo do espinho.

Comparando com os espinhos peitorais fósseis descritos por Maciente (2013) da Formação Solimões (Neógeno da Bacia do Acre), é notável a semelhança dessas características com os espécimes UFAC 5937 (Callichthyidae) e UFAC 5411 (Auchenipteridae), por possuírem denticulos apenas na região posterior do espinho. Diferem dos espinhos descritos por Maciente (2013), UFAC 5406 (Loricariidae), pois o espinho é liso, sem espinhos em ambas margens e com uma ornamentação de odontódeos em toda sua superfície; UFAC 5398 (Pimelodidae), pois espinho possui cristas bem desenvolvidas ao longo do corpo e denticulos cônicos e contíguos em ambas as margens; UFAC 5407 e UFAC 5993 (Doradoidea), espinhos robustos e com denticulos ambas as margens, a face ventral possui cristas longitudinais bem desenvolvidas; UFAC 5414 (Siluriformes indet.), possui espinhos em ambas as margens e com ornamentação de várias protuberâncias circulares; UFAC 6042 (Doradidae), denticulos cônicos em ambas as margens com cristas longitudinais bem desenvolvidas ao longo do corpo; UFAC 2095 (Siluriformes indet.), espinho robusto com denticulos contíguos em ambas as margens e cristas não tão desenvolvidas ao longo do corpo do espinho. Considerando essas evidências, fica inviável a atribuição, com certo nível de segurança, dos fragmentos FUP-Pv 00009 e FUP-Pv 000112 a um grupo mais específico, sendo mais seguro associá-los à Siluriformes indeterminados.

Microfóssil associado

Girogonites de carófitas: As carófitas são conhecidas por representarem o grupo basal mais próximo das primeiras plantas a surgirem na Terra, sendo conhecidas no registro fóssil em todo mundo (exceto Antártica), com o registro mais antigo conhecido do final do Siluriano (425 Ma). Atualmente, as carófitas habitam ambientes de água doce e hipersalino, desde rios, lagos, ambientes naturais e artificiais (Schneider *et al.*, 2015). Sendo assim, são ótimas guias para paleoambientes não marinhos e marcadores bioestratigráficos (Märsche & García, 2015).

As descrições de espécies fósseis de algas carófitas são limitadas à morfologia dos

girogonites, que são resultado da calcificação alternada de deposição de calcita (normalmente, mas pode ser calcita com alto teor de magnésio ou aragonita) e camadas orgânicas das células espirais que contornam o oósporo (parede orgânica espessa), fazendo parte do oosporângio e do processo reprodutivo das carófitas. A preservação do oósporo é basicamente restrita a sedimentos mais recentes (Pleistoceno-Holoceno) (Märsche & García, 2015).

As carófitas da tribo Characeae são caracterizadas pela presença de cinco células corona, que infelizmente, não se preservam no registro fóssil, restando assim análises comparativas da morfologia do girogonite fossilizado. As características principais para estudos morfométricos são o formato apical resultante da junção das células espirais, assim como a linha geral, tamanho e posição da porção basal, dessa forma é possível distinguir em até mesmo nível de espécie (Märsche & García, 2015).

A família Characea possui atualmente uma diversidade com mais de 690 espécies estimadas em 48 gêneros, mas apenas seis desses gêneros representam o registro fóssil, sendo eles: *Chara*, *Tolypella*, *Nitellopsis*, *Nitella*, *Lamprothamnium* e *Lychnothamnus* (Schneider *et al.*, 2015). No Grupo Bauru, os girogonites da espécie “*Chara*” *barbosai* (Petri, 1955; Dias-Brito *et al.*, 2001) se parecem bastante com FUP-PB 001120, FUP-PB 001121 e FUP-PB 0001122 pelo seu formato prolado alongado e cilíndrico, número de voltas espirais entre 8 e 10, ápice levemente truncado e a curvatura das células espirais para base, numa disposição quase que vertical.

4.2 Tafonomia

Para acontecer uma boa preservação, no caso dos peixes, algumas condições como temperatura, pressão, salinidade, pH, decomposição bacteriana, flutuação e taxa de sedimentação são necessárias. Em condições de águas rasas com temperaturas acima de 15-16°C e a 22°C em profundidades de até 10 m, as carcaças irão flutuar devido ao gás produzido e a decomposição ocorrerá mais rapidamente (Elder & Smith, 1988; Gab *et al.*, 2020; Voltani *et al.*, 2023). Esqueletos articulados e bem preservados normalmente estão associados a águas mais frias (abaixo de 15°C) na qual os níveis de oxigênio são baixos, o que impede os corpos de liberar gases e flutuarem, assim como o impedimento de organismos necrófagos de decompor as suas partes moles (Elder & Smith, 1988).

Gab *et al.* (2020) simularam diferentes condições de preservação nos peixes, mostrando que, em ambientes com pH 6,5 e sedimento rico em carbonato de cálcio (CaCO_3), em 20 dias o peixe está completamente desarticulado, enquanto que, peixes se decompondo em condições de pH acima de 8 em sedimentos ricos em acetato de sódio (NaCH_3COO) e natrão ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) permaneceram quase intactos por 42 e 77 dias. Ambientes alcalinos com NaCl acima de 10% e pressão de 8bar por mais de 20 dias também se mostraram ótimas condições para boa preservação e impedimento dos processos naturais de decomposição.

A Formação Araçatuba, com idade Campaniano inferior (Arai & Fernandes, 2023) compreende depósitos lacustres contendo siltitos e estratos tabulares de cor cinza esverdeado com arenitos cimentados por carbonato de cálcio, sugerindo boas condições para preservação de registro fóssilífero. Nava *et al.* (2021) descreveram o primeiro registro de Amiidae para depósitos lacustres da Formação Araçatuba. O fragmento de maxilar encontra-se na porção de arenito mais fino com cimentação carbonática, apresentando sinais de transporte, abrasão e quebra. O local de coleta é o mesmo dos materiais da Formação Araçatuba apresentados nesse trabalho.

Nos 13 metros analisados do afloramento correspondente à Formação Araçatuba (Fig. 2), os primeiros 10 metros não apresentam fósseis e estão associados a depósitos sedimentares apresentando gretas de ressecamento e marcas onduladas, indicando um depósito lacustre com períodos de variação da lâmina d'água (exposição subaérea) e uma proximidade com a margem do corpo d'água.

Os fósseis começam a aparecer a partir dessa sequência, na base ocorrem restos de testudinos isolados e diversos fragmentos de ossos de peixes, ossos longos do crânio, vértebras e escamas. Todos os fósseis encontrados estão completamente desarticulados, transportados, porém dispersos, com pouca concentração de empacotamento e apresentando sinal baixo a médio de abrasão (Tabela 1). Ocorrem em um arenito fino com forte cimentação carbonática, apresentando porções de cor preta pela presença de óxido de manganês ao redor dos fósseis.

No topo da sequência sedimentar, ocorrem os mesmos fósseis, porém encontram-se mais densamente empacotados, fragmentados, apresentando sinal médio e alto de abrasão (Tabela 1). No caso, estão preservados em arenitos com intercalação de pelito, indicando um aumento da variação da energia de transporte do sistema deposicional, podendo ter contribuído para o tipo de preservação dos fósseis encontrados.

Como mencionado no trabalho de Gab *et al.* (2020), ambientes ricos em carbonato de cálcio tendem a desarticular os ossos de peixes mais rapidamente ao longo do tempo, comparados a ambientes salinos e com alto pH, assim como águas com temperatura acima de 15°C em ambientes rasos, contribuindo para decomposição dos organismos.

Essa porção da Formação Araçatuba difere um pouco da descrita na literatura (Fernandes, 2003), pois a região na qual os fósseis ocorrem a partir do arenito é interpretada como fluxos da Formação Adamantina sobre a Formação Araçatuba, constituindo um contato interdigitado. Nesses depósitos encontram-se fósseis de peixes, testudinos e dinossauros. Todos estão desarticulados e fragmentados, sendo mais comuns nos níveis arenosos com fragmentos de carapaças de testudinos, grandes ossos apendiculares, ostracodes e escamas, vértebras e ossos cranianos de peixes. Alguns deles, inclusive as testudinoss, estão em posição inclinada na rocha, o que não condiz com a baixa energia de deposição.

A Formação Adamantina, conhecida por conter arenitos finos a muito finos com cimentação carbonática (CaCO_3) associada a estratos maciços com laminação plano-paralela e estratificação cruzada, contendo fragmentos de ossos de diversos vertebrados e ovos, indica barras de canal, planícies de inundação, corpos d'água alcalinos, pequenas dunas, como consequência de deposição de um sistema fluvial entrelaçado (Fernandes & Coimbra, 1996).

O segundo afloramento em questão, conhecido como Tartaruguito (Fig. 3) é bastante famoso pela preservação de inúmeros fósseis de testudinos (Bertini *et al.*, 2006). Bertini *et al.* (2006) analisaram as questões bioestratinômicas envolvendo o afloramento Tartaruguito (Formação Adamantina), relatando um fragmento ósseo de testudinos atravessando duas camadas sedimentares, indicando período de exposição subaérea muito curto seguido por um soterramento rápido. Alguns fragmentos de testudinos, preservados em siltitos maciços, estão dispostos verticalmente (ou inclinados) em relação ao plano horizontal, mostrando que, apesar da granulometria do sedimento indicar menos energia de transporte, a posição dos fósseis e grau de fragmentação indica transporte por um possível fluxo denso (Bertini *et al.* 2006).

O nível A analisado neste trabalho compreende a características e estruturas sedimentares semelhantes às relatadas por Fernandes & Coimbra (1996); Pires-Domingues *et al.* (2005); Bertini *et al.* (2006); Rosa (2013). Contém escamas cicloides extremamente frágeis, isoladas e fragmentadas (Fig. 19) de cor esbranquiçada a incolor, junto a escamas ganoides pequenas e isoladas, algumas inteiras, mas em sua maioria apresentando sinais de abrasão.

Também são encontrados fragmentos de ossos de crânio de peixe, carapaça de testudinos, coprólitos e vértebras isoladas, apresentando fraturas e rachaduras. Os fósseis estão dispostos em concentrações fracamente empacotadas, todos na posição horizontal associados à estratificação plano-paralela, sugerindo transporte por fluxo aquoso.

O aparecimento de *climbing ripples* a 25 cm da base do nível B, indica uma mudança e aumento no fluxo de água e transporte de sedimento, indicando corpo d'água mais raso e ação de correntes de transporte mais energéticas.

Rosa (2013) analisou 1253 espécimes do afloramento tartaruguito, incluindo restos de peixes, dentes de dinossauro, crocodilos e restos de testudinos, utilizando critérios como densidade espacial, articulação óssea, empacotamento, representação taxonômica, intemperismo e abrasão. No trabalho em questão a autora concluiu que todos os materiais analisados se encontram isolados e densamente empacotados com mais de 90% dos espécimes analisados pertencentes à restos de peixes, mas não conseguiu determinar a orientação e disposição dos mesmos causada pela hidrodinâmica no processo de soterramento devido ao tamanho milimétrico do material. Essas características equivalem às mesmas encontradas para o Nível D, o qual apresenta em sua base uma lente de conglomerados de argilito associados a fragmentos de testudinos, fragmento de espinho peitoral de Siluriformes, escamas de Lepisosteiformes de diversos tamanhos e dispostas tanto na posição vertical quanto horizontal, indicando maior nível de energia de transporte do material. A presença de escamas de Lepisosteiformes proporcionalmente mais quebradas e desgastadas, apresentando sinais de abrasão contribuem para essas conclusões.

4.3 Paleobiogeografia

Os peixes Lepisosteidae passam de uma diversidade e distribuição geográfica ampla e global (exceto na Antártica, Ásia e Austrália) durante o Cretáceo para depósitos cada vez mais restritos na Europa e América do Norte durante o Cenozoico, até ficarem mais restritos, atualmente, a regiões mais restritas da América do Norte (Grande, 2010) (Tabela 5 e Anexo 1). O registro mais antigo de Lepisosteidae no mundo se refere a *†Nhanulepisosteus mexicanus*, do Jurássico Superior do México, Formação Sabinal, habitando depósitos marinhos (Brito *et al.*, 2017).

A transição dos Lepisosteioidea para ambientes de água salobra e de água doce aparentemente ocorreu no Eocretáceo, com a Família Obaichthyidae, representada por quatro espécies, sendo elas: †*Obaichthys decoratus* da Formação Santana, Bacia do Araripe (Wenz & Brito, 1992), †*Dentilolepisosteus laevis* da Formação Codó, Bacia Parnaíba (Silva Santos, 1994; Wenz & Brito, 1996) e as espécies africanas †*Obaichthys africanus* (Grande, 2010) e †*Dentilolepisosteus? kemkemensis* (Grande, 2010) das Kem Kem Beds, Marrocos. No Brasil, há o registro de escamas de Lepisosteidae na Formação Quiricó, Bacia Sanfranciscana (Aptiano), sendo assim o registro mais antigo para o Cretáceo Inferior brasileiro (Carvalho & Santucci, 2021).

Tabela 5. Distribuição geográfica de Lepisosteiformes. **Maa:** Maastrichiano; **Cam:** Campaniano; **Con:** Coniaciano; **San:** Santoniano; **Tur:** Turoniano; **Cen:** Cenomaniano; **Alb:** Albiano; **Apt:** Aptiano; **Hau:** Hauteriviano.

	Período	Idade	Referências	Ambiente	Táxon	Unidade	País
1	Cretáceo Superior	Maa	Bardet et al. (2000)	Marinho	<i>Lepisosteiformes indet.</i>	Palmyra Deposits	Síria
2	Cretáceo Superior	Maa	Lupton et al. 1980	Água doce	<i>Lepisosteidae indet. and Lepisosteiformes</i>	Formação Hell Creek	USA
3	Cretáceo Superior	Maa	Jain and Sahni (1983)	Água salobra	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Lameta	Índia
4	Cretáceo Superior	Maa	Jain and Sahni (1983)	Água salobra	† <i>Lepisosteus indicus</i>	Formação Lameta	Índia
5	Cretáceo Superior	Maa	Grande (2010)	Água salobra	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Giatti Khadan Beds	Índia
6	Cretáceo Superior	Maa	Lloyd and Hare 1915)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Fort Union	USA
7	Cretáceo Superior	Maa-Cam	Cione (1987)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Los Alamitos	Argentina
8	Cretáceo Superior	Maa	Arratia and Cione (1996)	Água doce	<i>Lepisosteiformes</i>	Formação Yacoraite	Argentina
9	Cretáceo Superior	?	Grande (2010)	Marinho?	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Damergou Beds	Nigéria
10	Cretáceo Superior	Cam	Breithaupt (1982; 1985)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet./Lepisosteiformes indet.</i>	Formação Lance	USA
11	Cretáceo Superior	Cam	Rodrigues de la Rosa and Cevallos-Ferriz (1998)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Cerro del Pueblo	México
12	Cretáceo Superior	Cam	Schwimmer (1986)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Blufftown	USA
13	Cretáceo Superior	Cam	Grande (2010)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Judith River	USA
14	Cretáceo Superior	Cam	Grande (2010)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Judith River	USA
15	Cretáceo Superior	Cam-Con	Gottfried and Krause (1998)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Marvarano	Madagascar
16	Cretáceo Superior	Cam-Con	Wiley & Stewart (1977)	Marinho	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Niobrara	USA

17	Cretáceo Superior	Cam	Freitas et al. (2023)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Adamantina	Brasil
18	Cretáceo Superior	Cam	Alves et al. (2016)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Adamantina	Brasil
19	Cretáceo Superior	Cam	Alves et al. (2021)	Água doce	Lepisosteidae indet./Atractosteus indet.	Formação Adamantina	Brasil
20	Cretáceo Superior	Cam	Rosa (2013)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Adamantina	Brasil
21	Cretáceo Superior	Cam	Grande (2010), Friedman et al. (2003)	Água doce	Lepisosteidae indet.	?	Ártico Canadano
22	Cretáceo Superior	Cam	Reeside (1924), Gilmore (1917)	Água doce	Lepisosteidae indet ou Lepisosteiformes indet.	Formação Fruitland	USA
23	Cretáceo Superior	Cam-San	Russel (1935), Grande (2010)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Milk River	Canada
24	Cretáceo Superior	Tur-Cen	Bertini et al. (1993)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Adamantina	Brasil
25	Cretáceo Superior	Tur-Cen	Santos (1984), Grande (2010)	Água doce	† " <i>Lepisosteus</i> " <i>cominatoi</i>	Formação Adamantina	B+C97+C7+B70:H78
26	Cretáceo Superior	Tur-Cen	Grande (2010)	Indeterminado	Lepisosteidae indet.	?	Uzbequistão
27	Cretáceo Superior	?	Grande (2010)	?	Lepisosteidae indet.	?	Portugal
28	Cretáceo Superior	?	Grande (2010)	?	Atractosteus indet.	Southwestern Portugal Deposits	Portugal
29	Cretáceo Superior	Tur	Cooper <i>et al.</i> (2023)	Marinho	† <i>Grandemarinus gherisensis</i>	Formação Akrabou	Marrocos
30	Cretáceo Superior	Tur	Cooper et al. (2021)	Marinho	Lepisosteidae indet.	Formação Akrabou	Marrocos
31	Cretáceo Superior	Cen	Dutheil (1999)	Água doce	Lepisosteiformes indet.	Kem Kem Beds	Marrocos
32	Cretáceo	Alb-Cen	Cifelli et al. (1999)	Água doce	Lepisosteiformes? Indet.	Formação Cedar Mountain	USA
33	Cretáceo		Grande (2010)	?	Lepisosteidae indet.	Monmouth County	USA
34	Cretáceo Inferior	Alb?	Calvin & Brito (2001)	Água doce	† <i>Onichthys falipoui</i>	Kem Kem Beds	Marrocos
35	Cretáceo Inferior	Alb	Wenz (1980)	Água doce	Lepisosteiformes	Gara Samani Deposits	Algeria
36	Cretáceo Inferior	Apt	Brito et al. (2016)	Água salobra	† <i>Dentilepisosteus laevis</i>	Formação Santana	Brasil
37	Cretáceo Inferior	Apt	Carvalho & Santucci (2021)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Quiricó	Brasil
38	Cretáceo Inferior	Apt	Wenz & Brito (1996); Silva Santos (1994)	Água salobra	† <i>Dentilepisosteus laevis</i>	Formação Codó, Bacia Parnaíba	Brasil
39	Cretáceo Inferior	Apt-Alb	Cifelli et al. (1997)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Antlers	USA
40	Cretáceo Inferior	Apt	Wenz and Brito (1992)	Água salobra	† <i>Obaichthys decoratus</i>	Formação Santana	Brasil
41	Cretáceo Inferior	Alb?	Grande (2010)	Água doce	† <i>Obaichthys africanus</i>	Kem Kem Beds	Marrocos
42	Cretáceo Inferior	Alb?	Grande (2010)	Água doce	† <i>Dentilepisosteus ?kememensins</i>	Kem Kem Beds	Marrocos
43	Cretáceo Inferior	Hau	Brito & Richter (2015)	Água salobra	<i>Obaichthyidae indet.</i>	Formação Marfim, Bacia do Recôncavo	Brasil
44	Cretáceo Inferior	?	Grande (2010)/Casier (1961)	Indeterminado	Lepisosteiformes	Depósitos da Região do Congo	Congo

Enquanto na África a ocorrência dessa mesma família evidencia uma forte conexão biogeográfica sul-americana e africana durante o Albiano e Aptiano (Fig. 22), além da relação entre as demais ictioespécies em ambas as unidades, como o caso do Amiidae, †*Calamopleurus cylindricus* (Maisey, 1991; Lindoso *et al.*, 2016), †*Calamopleurus mawsoni* (Maisey, 1991) e †*Calamopleurus africanus* (Forey & Grande, 1998), o celacanto *Mawsonia* (Cavin & Forey, 2004) e relação simpátrica com outro Lepisosteidae, †*Oniichthys falipoui* (Calvin & Brito, 2001), redescrita por Grande (2010) como *Atractosteus* e, posteriormente revalidada por Cavin *et al.* (2015) como um táxon diferente de *Atractosteus*. A outra linhagem de Lepisosteioidea, durante o Eocretáceo, ocorria na América do Norte, com registros de água doce associados a Lepisosteidae indet. (Cifelli *et al.*, 1997) da Formação Antlers (EUA) e também Formação Cedar Mountain (EUA), mas foi somente durante o Neocretáceo que Lepisosteidae ganhou cada vez mais espaço nos depósitos de água doce e salobra.

Durante o Cenomaniano-Turoniano, na Formação Akrabou (Marrocos) havia uma espécie adaptada para ambiente marinho, †*Grandemarinus gherisensis* (Cooper *et al.*, 2021; Cooper *et al.*, 2023), podendo ser uma linhagem com origem mais basal (e.g. *Nhanulepisosteus*; Brito *et al.*, 2016) indicando que os Lepisosteidae tentaram migrar algumas vezes de volta para o ambiente marinho durante o Mesozoico (Cooper *et al.*, 2023) assim como um Lepisosteidae indet. registrado para Formação Niobrara, nos Estados Unidos (Wiley & Stewart, 1977). Já no Neocretáceo, o grupo está presente em depósitos de água doce na América do Norte, presentes no Campaniano do Ártico Canadano, Formação Milk River, Canadá (Friedman *et al.*, 2003) e nos Estados Unidos, na Formação Fruitland (Gilmore, 1917; Reeside, 1924), Formação Hell Creek (Lypton *et al.*, 1980; Grande, 2010), Formação Lance (Breirhaupt, 1982, 1985), Formação Fort Union, Maastrichiano (Lloyd & Hare, 1915) e Formação Judith River (Grande, 2010).

No Brasil (Fig. 22), há vários registros de Lepisosteidae e alguns de *Atractosteus* para a Formação Adamantina, Grupo Bauru, incluindo os materiais reportados neste trabalho, representando depósitos de água doce baseados em fragmentos ósseos e restos de escamas isoladas e dentes (Santos, 1984; Bertini *et al.*, 1993; Rosa, 2013; Alves *et al.*, 2016, 2021; Freitas *et al.*, 2023). A ocorrência de dois gêneros para essa unidade corrobora a ideia de simpatria entre as espécies durante o intervalo de deposição do Grupo Bauru (Alves *et al.*, 2021).

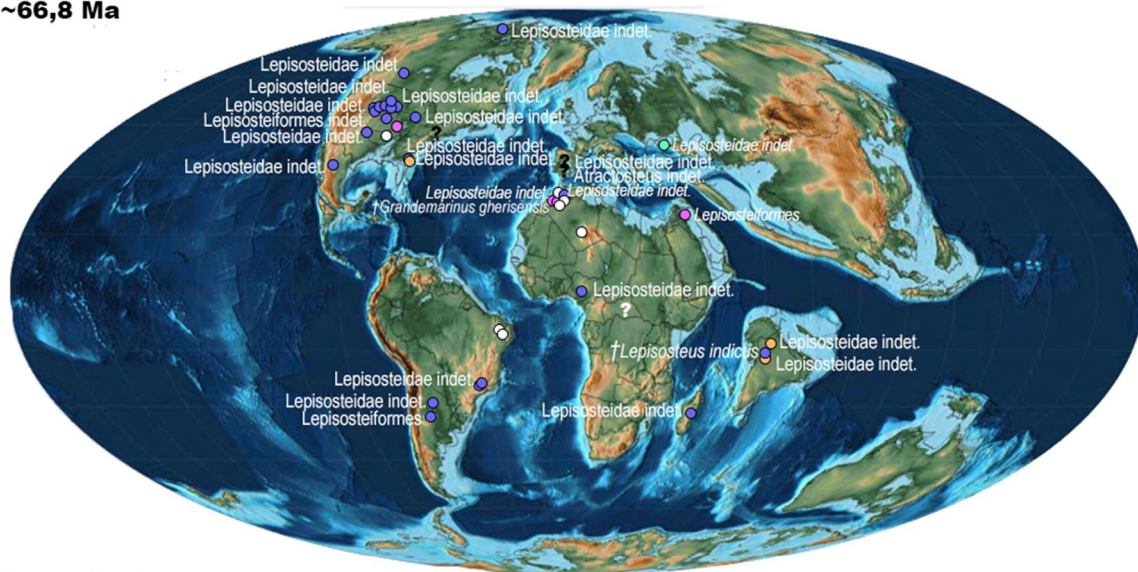
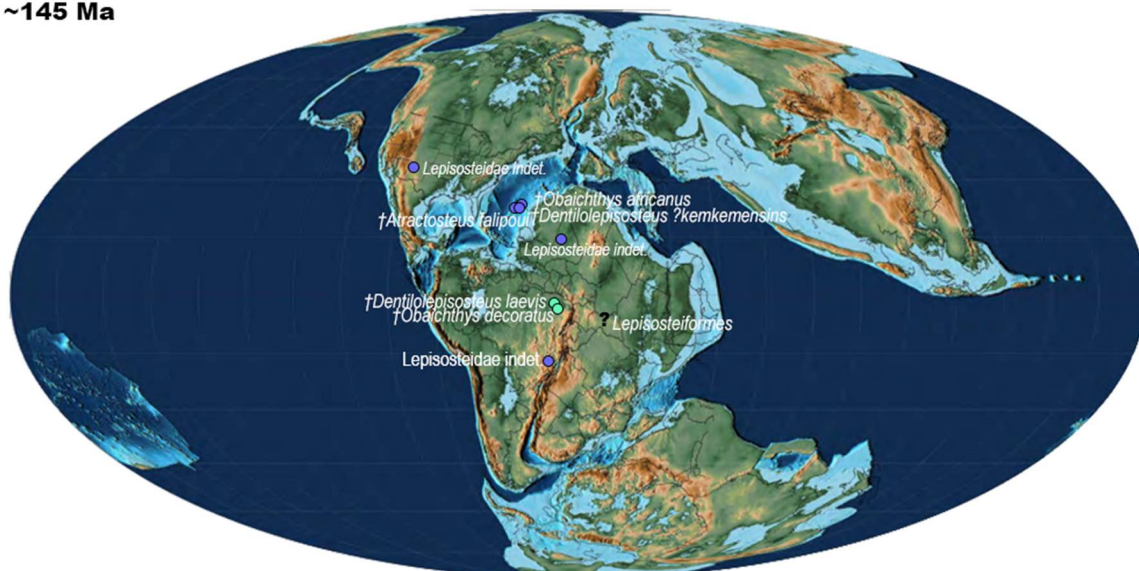
Upper Cretaceous**~66,8 Ma****Lower Cretaceous****~145 Ma**

Figura 22. Mapa de distribuição geográfica de Lepisosteiformes durante o Cretáceo Inferior e Superior. Reconstruções paleogeográfica de Scotese (2014).

No final do Cretáceo, durante o Maastrichthiano os Lepisosteidae habitavam basicamente a Formação Lameta, Índia com a espécie de água salobra †*Lepisosteus indicus* (Jain & Sahni, 1983), Formação Gitti Khadan, Índia (Gayet *et al.*, 1984) e depósitos de água doce da Formação Los Alamos (Cione, 1987) e Formação Yacoraite (Arratia & Cione, 1996), ambas na Argentina, além de uma ocorrência em depósito marinho de Palmyra na Síria (Bardet *et al.*, 2000).

Foi somente no Cenozoico que o registro fóssil passou a ser mais expressivo e restrito à América do Norte e Europa, com exemplares mais completos e o surgimento dos gêneros †*Masillosteus* e †*Cuneatus*, conhecidos pelo rostro extremamente curto e dentes tipicamente stiliformes ou minúsculos e pontudos como uma agulha, adaptados para uma alimentação completamente diferente dos Lepisosteidae até então conhecidos, os quais têm um rostro comprido e dentes estriados e pontudos de dieta piscívora (Grande, 2010). Atualmente, é um clado restrito ao norte da América do Norte, América Central e Cuba habitando principalmente águas doces (exceto por *Atractosteus spatula*, o qual pode migrar para águas salobras), possui dois gêneros, *Lepisosteus* (com quatro espécies viventes) e *Atractosteus* (com três espécies viventes) (Grande, 2010).

5. Conclusões

Esse trabalho trouxe a descrição de restos ósseos inéditos, como parasfenoide, lacrimomaxilar e dermopalatino associados a Lepisosteidae e um dentário esquerdo associado a um juvenil de *Atractosteus*, com morfologia distinta dos demais *Atractosteus* descritos para o Cretáceo brasileiro. O dentário FUP-000091 se assemelha a Lepisosteidae por possuir características gerais do grupo, como dentes com plicidentina, mas as demais características se assemelham mais ao gênero *Atractosteus*, cujos dentes são mais robustos e o dentário é levemente recurvado (nesse caso, mais ainda por ser um juvenil). Ainda, por meio de microtomografia computadorizada e segmentação do canal mandibular que faz parte do sistema de linha lateral cefálica, a morfologia se mostrou característica de indivíduos que não atingiram a vida adulta, como canais curtos e com conexões duplas até os forâmens.

Várias escamas ganoides associadas a Lepisosteidae e *Atractosteus* também foram descritas e analisadas morfologicamente e morfometricamente com o intuito de melhor classificá-las e caracterizá-las. Com a análise morfométrica foi possível medir o tamanho e

interespaço dos microtubérculos nas escamas e notar que as escamas provenientes do Afloramento General Goulart ocupam um morfoespaço distinto, ficando abaixo dos valores de *Atractosteus* e entre os valores de *Lepisosteus* no gráfico morfométrico. Já as escamas do Afloramento Tartaruguito, ficaram próximas a *Atractosteus*.

Também foram descritas várias escamas cicloides associadas a Characiformes por possuírem formatos tipicamente circulares ou oval a subretangular, com circuli acompanhando a margem da escama no campo lateral e campo anterior, tendo como exceção FUP-Pv000102, FUP-Pv000106 e FUP-Pv000111, as quais os circuli são descontínuos na margem anterior e acompanham os raios primários e secundários em direção à margem anterior.

A análise dos aspectos tafonômicos mostrou que os locais estudados das formações Araçatuba e Adamantina possuem fósseis melhor preservados nas camadas associadas a baixos níveis de energia, mesmo que ainda forneçam restos muito desarticulados. Os fósseis mais fragmentados e densamente empacotados estão ligados à fluxos de energia maiores e representados por conglomerados.

6. Referências

- Allis, E. P. 1889. The anatomy and development of the lateral line system in *Amia calva*. J Morph, 2, 487-808.
- Alves, Y. M., Bergqvist, L.P., Brito, P. M. 2016. New occurrences of microvertebrate fossil accumulations in Bauru Group, Late Cretaceous of western Sao Paulo State, Brazil. Journal of South American Earth Sciences, 69, 80-90.
- Alves, Y. M., Bergqvist, L.P., Brito, P. M. 2019. The dorsal and pectoral fin spines of catfishes (Ostariophysi: Siluriformes) from the Bauru Group (Late Cretaceous), Brazil: A comparative and critical analysis. Journal of South American Earth Sciences, 92, 32–40.
- Alves, Y. M., Montefeltro, F. C., & Cidade, G. M. 2021. New occurrences of *Atractosteus* (Ginglymodi: Lepisosteioidea: Lepisosteidae) from the Bauru Group (Upper Cretaceous, Brazil) and paleobiogeographic implications. Cretaceous Research, 121, 104735.
- Arai, M., & Fernandes, L. A. 2023. Lower Campanian palynoflora from the Araçatuba Formation (Bauru Group), Southeastern Brazil. Cretaceous Research, 150, 105586.
- Arratia, G., & Cione, A. 1996. The record of fossil fishes of southern South America. Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen, 30(A), 9-72.
- Bardet, N., Cappetta, H., Suberbiola, X. P., Mouty, M., Al Maleh, A. K., Ahmad, A. M. & Gannoun, N. 2000. The marine vertebrate faunas from the Late Cretaceous phosphates

- of Syria. *Geological Magazine*, 137(3), 269-290.
- Batezelli, A. 2010. Arcabouço tectono-estratigráfico e evolução das Bacias Caiuá e Bauru no Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, 40 (2), 265-285.
- Bertini, R. J., Marshall, L. G., Gayet, M. Brito, P. 1993. Vertebrate faunas from the Adamantina and Marília formations (Upper Bauru Group, Late Cretaceous, Brazil) in their stratigraphic and paleobiogeographic context. 188 (1), 71-101.
- Bertini, R. J., Santucci, R. M., Toledo, C. E. V., & Menegazzo, M. C. 2006. Taphonomy and depositional history of an Upper Cretaceous turtle-bearing outcrop from the Adamantina Formation, Southwestern São Paulo State. *Revista Brasileira de paleontologia*, 9(2), 181-186.
- Bird, N.C., Webb, J.F. 2014. Heterochrony, modularity, and the functional evolution of the mechanosensory lateral line canal system of fishes. *EvoDevo* 5, 21. <https://doi.org/10.1186/2041-9139-5-21>
- Bräger, Z.; Moritz, T. 2016. A scale atlas for common Mediterranean teleost fishes. *Vertebrate Zoology*, v. 66, n. 3, p. 275- 386.
- Breithaupt, B. H. 1982. Paleontology and paleoecology of the Lance Formation (Maastrichtian), east flank of Rock Springs Uplift, Sweetwater County, Wyoming. *Rocky Mountain Geology*, 21(2), 123-151.
- Breithaupt, Brent H. 1985. Nonmammalian vertebrate faunas from the Late Cretaceous of Wyoming. 159-175.
- Behrensmeyer, A. K., Kidwell, S. M., & Gastaldo, R. A. 2000. Taphonomy and paleobiology. *Paleobiology*, 26(S4), 103-147.
- Brito, P.M., Meunier, F.J., Gayet, M., 2000. The morphology and histology of the scales of the Cretaceous gar *Obaichthys* (Actinopterygii, Lepisosteidae): phylogenetic implications. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planets, Earth and Planetary Sciences* 331, 823e829. [https://doi.org/10.1016/S1251-8050\(00\)01483-X](https://doi.org/10.1016/S1251-8050(00)01483-X).
- Brito, P. M., Lindoso, R. M., Carvalho, I. S., & de Paula Machado, G. 2016. Discovery of † *Obaichthyidae* gars (Holostei, Ginglymodi, Lepisosteiformes) in the Aptian Codó Formation of the Parnaíba Basin: Remarks on paleobiogeographical and temporal range. *Cretaceous Research*, 59, 10-17.
- Brito, P. M., & Richter, M. 2015. The contribution of Sir Arthur Smith Woodward to the palaeoichthyology of Brazil–Smith Woodward's types from Brazil. *Geological Society, London, Special Publications*, 430(1), 201-217.
- Brito, P. M., Alvarado-Ortega, J., & Meunier, F. J. 2017. Earliest known lepisosteoid extends the range of anatomically modern gars to the Late Jurassic. *Scientific reports*, 7(1), 17830.
- Brownstein, C. D., & Lyson, T. R. 2022. Giant gar from directly above the Cretaceous–Palaeogene boundary suggests healthy freshwater ecosystems existed within thousands of years of the asteroid impact. *Biology Letters*, 18(6), 20220118.

- Brownstein, C. D., Kim, D., Orr, O. D., Hogue, G. M., Tracy, B. H., Pugh, M. W., ... & Near, T. J. 2022. Hidden species diversity in an iconic living fossil vertebrate. *Biology Letters*, 18(11), 20220395.
- Campos, D. A., Oliveira, G. R., Figueredo, R. G., Riff, D., Azevedo, S. A. K., Carvalho, L. B., Kellner, A. W. A. 2011. On a new peirosaurid crocodyliform from the Upper Cretaceous, Bauru Group, southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 83 (1), 317-327.
- Carvalho, J. C., & Santucci, R. M. 2021. New fish remains from the Quiricó Formation (Lower Cretaceous, Sanfranciscana Basin), Minas Gerais, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 111, 103430.
- Casier, E. 1961. Matériaux pour la faune ichthyologique Eocétacique du Congo. *Annales Muséum Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Sciences Géologiques*, 39, 1-12p.
- Castro, M. C., Goin, F. J., Ortiz-jaureguizar, E., Vieytes, E. C., Tsukui, K., Ramezani, J., Batezelli, A., Marsola, J. C. A., Langer, M. C. 2018. A Late Cretaceous mammal from Brazil and the first radio isotopic age for the Bauru Group. *Royal Society open science*, 5, 1-11.
- Cavin, L., & Brito, P. M. 2001. A new Lepisosteidae (Actinopterygii, Ginglymodi) from the Cretaceous of the Kem Kem Beds, southern Morocco. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 172(5), 661-670.
- Cavin, L., & Forey, P. L. 2004. New mawsoniid coelacanth (Sarcopterygii: Actinistia) remains from the Cretaceous of the Kem Kem beds, Southern Morocco. *Mesozoic fishes*, 3, 493-506.
- Cavin, L., Boudad, L., Tong, H., Läng, E., Tabouelle, J., & Vullo, R. 2015. Taxonomic composition and trophic structure of the continental bony fish assemblage from the early Late Cretaceous of southeastern Morocco. *PLoS One*, 10(5), e0125786.
- Cidade, G. M., Riff, D., Silva, F. O. C., Alves, Y. M. 2022. New Occurrences of Amiidae (Halecomorphi: Amiiformes: Vidalamiinae) From the Bauru Group (Late Cretaceous, Brazil) and comments about their incursion in freshwater environments in the Cretaceous of the Americas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 25, n. 2, p. 144-156.
- Cifelli, R. L., Gardner, J. D., Nydam, R. L., & Brinkman, D. L. 1997. Additions to the vertebrate fauna of the Antlers Formation (Lower Cretaceous), southeastern Oklahoma. *Oklahoma Geology Notes*, 57(4), 124-131.
- Cifelli, R. L., Nydam, R. L., Gardner, J. D., Weil, A., Eaton, J. G., Kirkland, J. I., Madsen, S. K. 1999. Medial Cretaceous vertebrates from the Cedar Mountain Formation, Emery County, Utah: the Mussentuchit local fauna. *Vertebrate paleontology in Utah*, 99(1), 219-42.
- Cione, A.L., 1987. The fishes. In: Bonaparte, J.F. (Ed.), *The Late Cretaceous Fauna from Los Alamitos*. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales (Paleontología)*, Buenos Ayres, pp. 111–120.

- Coombs, S., Görner, P., & Münz, H. (Eds.). 1989. The mechanosensory lateral line: neurobiology and evolution. Springer Science & Business Media. DOI: 10.1007/978-1-4612-3560-6
- Coburn, M. M., & Gaglione, J. I. 1992. A comparative study of percoid scales (Teleostei: Perciformes). *Copeia*, 986-1001.
- Cooper, S. L., Martill, D. M., Beever, T., & Gunn, J. 2021. A large marine gar fish (Ginglymodi, Lepisosteiformes) from the Turonian Akrabou Formation of Asfla, Morocco. *Cretaceous Research*, 125p, 104839.
- Cooper, S. L., Gunn, J., Brito, P. M., Zouhri, S., & Martill, D. M. 2023. A new fully marine, short-snouted lepisosteid gar from the Upper Cretaceous (Turonian) of North Africa. *Cretaceous Research*, 151p, 105650.
- Dias-Brito, D., Musacchio, E. A., Castro, J. C., Maranhão, M. S., Suárez, J. M., Rodrigues, R. 2001. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil – concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isotópicos e estratigráficos. *Revue Paléobiologie*, 20 (1), 245-304.
- Dutheil, D. B. 1999. The first articulated fossil cladistian: *Serenoichthys kemkemensis*, gen. et sp. nov., from the Cretaceous of Morocco. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 19(2), 243-246.
- Elder, R. L., & Smith, G. R. 1988. Fish taphonomy and environmental inference in paleolimnology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 62(1-4), 577-592.
- Fernandes L.A. & Coimbra A.M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68(2):195-205.
- Fernandes L. A. & Coimbra A. M. 1998. Estratigrafia e evolução geológica da Bacia Bauru (Ks, Brasil). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Belo Horizonte. *Anais... Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia*, p.101.
- Fernandes, L. A. & Coimbra. A. M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, 30 (4), 717-128.
- Fernandes, L. A., Gianni, P. C. F., Góes, A. M. 2003. Araçatuba Formation: palustrine deposits from the initial sedimentation phase of the Bauru Basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 75 (2). 173-187.
- Fernandes, L. A. 2004. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. 2004. 216p. *Boletim Paranaense de Geociências*, 55, 53-66.
- Fernandes, L. A. 2010. Calcretes e registros de paleossolos em depósitos continentais neocretáceos (Bacia Bauru, Formação Marília). *Revista Brasileira de Geociências*, 40 (1), 19-35.
- Fernandes, L. A., & Ribeiro, C. M. M. 2015. Evolution and palaeoenvironment of the Bauru Basin (upper Cretaceous, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 61, 71-90.
- Figueiredo, F..J. & Costa-Carvalho, B.C.M. 1999. *Plesiocurimata alvarengai* gen. et sp. nov.

- (Teleostei: Ostariophysi: Curimatidae) from the Tertiary of Taubaté Basin, São Paulo State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 71(4-II): 885-893.
- Forey, P. L., & Grande, L. (1998). An African twin to the Brazilian *Calamopleurus* (Actinopterygii: Amiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 123(2), 179-195p.
- Freitas, R. C., Batezelli, A., Muniz, F. P., Ribeiro, D. C., Ruiz, J. V., Alves, Y. M.,... & Montefeltro, F. C. 2023. A microvertebrate assemblage from the Adamantina Formation (Bauru Group, Upper Cretaceous) in São Paulo State, Brazil. *Cretaceous Research*, 150, 105589.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & R. van der Laan (eds) .2023. Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>) Electronic version accessed 03/10/2023.
- Friedman, M., Tarduno, J. A., & Brinkman, D. B. 2003. Fossil fishes from the high Canadian Arctic: further palaeobiological evidence for extreme climatic warmth during the Late Cretaceous (Turonian–Coniacian). *Cretaceous Research*, 24(6), 615-632.
- Gäb, F., Ballhaus, C., Stinnesbeck, E., Kral, A. G., Janssen, K., & Bierbaum, G. 2020. Experimental taphonomy of fish-role of elevated pressure, salinity and pH. *Scientific Reports*, 10(1), 7839.
- Gayet, M. 1982. Découverte dans le Crétacé supérieur de Bolivie des plus anciens Characiformes connus. *C. R. Acad. Sci.*, (2), 294: 1037-1040.
- Gayet M, Meunier FJ. 1983. Ecailles actuelles et fossiles d'ostéoglossiformes (Pisces, Téléostéens). *Compte Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, série 3, Sciences de la Vie* 297: 539–542.
- Gayet, M., Rage, J. C., & Rana, R. S. 1984. Nouvelles ichthyofaune et herpétofaune de Gitti Khadan, le plus ancien gisement connu du Deccan (Crétacé/Paléocène) à microvertébrés. Implications paléogéographiques. *Mémoires de la Société géologique de France* (1924), (147), 55-65.
- Gayet, M., Brito, P., 1989. Ichinofaune nouvelle du Cretacé supérieur du Groupe Bauru (Etats de Sao Paulo y Minas Gerais, Br ~ esil). *Geobios* 22, 841-847.
- Gayet, M. 1991. Holostean and teleontean fishes from Bolivia. 453-494. In Suarez-Soruco, R. (ed.). *Fosiles y facies de Bolivia, I. Vertebrados*. *Revista Tecnica de Yacimiento Petroleo Fiscales Bolivianos*, 12, 359-718.
- Gayet, M.; Meunier, F. J. and Werner, C. 2002. Diversification in polypteriformes and special comparison with the Lepisosteiformes. *Palaeontology*, 45, 361–376
- Gilmore, C. W. 1917. Contributions to the geology and paleontology of San Juan County, New Mexico; 2, Vertebrate faunas of the Ojo Alamo, Kirtland, and Fruitland formations (No. 98-Q, pp. 279-308).
- Grande, L., & Eastman, J. T. 1986. A review of Antarctic ichthyofaunas in the light of new fossil discoveries. *Palaeontology*, 29(1), 113-137.

- Grande, L., Bemis, W. E. 1998. A comprehensive phylogenetic study of amiid fishes (Amiidae) based on comparative skeletal anatomy. an empirical search for interconnected patterns of natural history. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18 (1), 1-696.
- Grande, L. (2010). An empirical synthetic pattern study of gars (Lepisosteiformes) and closely related species, based mostly on skeletal anatomy. The resurrection of Holostei. *Ichthyology & Herpetology*, 10(2A), 1.
- Gobbo-Rodrigues, S.R., Petri, S. & Bertini, R.J. 1999. Ocorrências de ostrácodes na Formação Adamantina do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia do Paraná e possibilidades de correlação com depósitos isócronos argentinos. Parte I – Família Ilyocyprididae. *Acta Geológica Leopoldensia*, 23, 3–13.
- Gottfried, M. D., & Krause, D. W. 1998. First record of gars (Lepisosteidae, Actinopterygii) on Madagascar: Late Cretaceous remains from the Mahajanga basin. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18(2), 275-279.
- Jain, S. L., & Sahni, A. 1983. Some Upper Cretaceous vertebrates from central India and their Palaeogeographic implications. In *Symposium on Cretaceous of India: palaeoecology, palaeogeography and time boundaries* (pp. 66-83).
- Jawad, L.A. 2005b. Comparative morphology of scales of four teleost fishes from Sudan and Yemen. *Journal of Natural History*, v. 39, n. 28, p. 2643–2660.
- Lagler, K.F. 1947. Lepidological studies. *Transactions of the American Microscopical Society*, v. 66, n. 2, p. 149-171.
- Lemberg, J. B., Shubin, N. H., & Westneat, M. W. 2019. Feeding Kinematics and Morphology Of The Alligator Gar (*Atractosteus Spatula*, Lacépède, 1803): Feeding Mechanics Of *Atractosteus Spatula*. *bioRxiv*, 561993.
- Lindoso, R.M.; Maisey, J.G. & Carvalho, I.S. 2016. Ichthyofauna from the Codó Formation, Lower Cretaceous (Aptian, Parnaíba Basin), Northeastern Brazil and their paleobiogeographical and paleoecological significance. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 447:53–64. doi:10.1016/j.palaeo.2016.01.045.
- Lupton, C., Gabriel, D., & West, R. M. 1980. Paleobiology and depositional setting of a Late Cretaceous vertebrate locality, Hell Creek formation, McCone County, Montana. *Rocky Mountain Geology*, 18(2), 117-126.
- Lloyd, E. R., & Hares, C. J. 1915. The Cannonball marine member of the Lance Formation of North and South Dakota and its bearing on the Lance-Laramie problem. *The Journal of Geology*, 23(6), 523-547.
- Maciente, A. A. D. R. 2013. Espinhos peitorais de siluriformes (Teleostei: Ostariophysi) da Formação Solimões, Neógeno da Bacia do Acre, Brasil.
- Maisey, J.G. 1991. *Santana Fossil: an illustrated Atlas*. Nova Jersey, TFH Publications, 459 p.
- Malabarba, M. C. 2004. On the paleoichthyofauna from the Aiuruoca Tertiary Basin, Minas Gerais State, Brazil. *Ameghiniana*, 4: 515-519

- Malabarba, M. C., & Lundberg, J. G. 2007. A fossil loricariid catfish (Siluriformes: Loricarioidea) from the Taubaté Basin, eastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5, 263-270.
- Mancuso, A. C. 2012. Taphonomic analysis of fish in rift lacustrine systems: Environmental indicators and implications for fish speciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 339, 121-131.
- Martinelli, A.G., Bogan, S., Agnolin, F.L., Ribeiro, L.C.B., Cavellani, C.L., Ferraz, M.L.F., Teixeira, V.P.A., 2013. First fossil record of amiid fishes (Halecomorphi, Amiiformes, Amiidae) from the Late Cretaceous of Uberaba, Minas Gerais State, Brazil. *Alcheringa Australas. J. Palaeontol.* 37 (1), 105–113.
- Mendes, I. S. 2019. Análise morfológica de escamas de peixes teleósteos do Alto Rio Guamá na mesorregião Nordeste Paraense. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural da Amazônia.
- Micklich, N., & Klappert, G. 2004. Character variation in some Messel fishes. *Mesozoic fishes*, 3, 137-163.
- Nava, W.; Vallilo, R.; Paixão, G.; Kaluza, J. & Martinelli, A.G. 2021. First record of an amiid fish (Halecomorphi, Amiiformes, Amiidae) from the Upper Cretaceous Araçatuba Formation, Western São Paulo State, Brazil. *História Natural*, 11:2021/53–60.
- Pastana, M. N., Bockmann, F. A., & Datovo, A. 2020. The cephalic lateral-line system of Characiformes (Teleostei: Ostariophysi): anatomy and phylogenetic implications. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 189(1), 1-46.
- Petri, S. 1955. Charophyta Cretácicas de São Paulo (Formação Baurú). *Sociedade Brasileira de Geologia*, 4 (1), 67-72.
- Pinheiro, A. E. P., Souza, L. G., Bandeira, K. L., Brum, A. S., Pereira, P. V. L. G., Castro, L. O. R., & Simbras, F. M. 2021. The first notosuchian crocodyliform from the Araçatuba Formation (Bauru Group, Paraná Basin), and diversification of sphagesaurians. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93, e20201591.
- Pires-Domingues, R. A., Riccomini, C., Zaher, H., Carvalho, A. B. 2005. Eventos recorrentes de inundações e o registro fossilífero Neocretáceo da região de General Salgado, SP (Formação Adamantina, Bacia Bauru) *Boletim de Resumos do Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados*, 2, 204p.
- Reeside Jr, J. B., & Knowlton, F. H. 1924. Upper Cretaceous and Tertiary formations of the western part of the San Juan Basin Colorado and New Mexico and flora of the Animas formation (No. 134). *US Geological Survey*.
- Ribeiro, C. M. M., Carvalho, I. D. S., & Nava, W. R. 2006. Ovos de crocodilomorfos da Formação Araçatuba (Bacia Bauru, Cretáceo Superior), Brasil. *Paleontologia de Vertebrados Gd Temas E Contrib Científicas Rio Jan Ed Interciência*, 285-292.
- Ribeiro, A. C. 2006. Tectonic history and the biogeography of the freshwater fishes from the coastal drainages of eastern Brazil: an example of faunal evolution associated with a

- divergent continental margin. *Neotropical Ichthyology*, 4, 225-246.
- Rosa, R. A. R. D. L., & Cevallos-Ferriz, S. R. 1998. Vertebrates of the El Pelillal locality (Campanian, Cerro del Pueblo Formation), southeastern Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18(4), 751-764.
- Rosa, M. P. D. 2013. Descrição Osteológica e Posicionamento Taxonômico de Microvertebrados Fósseis do Cretáceo Superior (Bacia Bauru) Afloramento “Tartariguito” Município de Pirapozinho (SP). Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo – Instituto de Biociências. Departamento de Zoologia. São Paulo 2013, 127p
- Russell, L. S. 1935. Fauna of the upper Milk River beds, southern Alberta. *Transactions of the Royal Society of Canada*, 29(3), 115-127.
- Russell, R., & Strilisky, B. 2016. Keep it together: An evaluation of the tensile strengths of three select adhesives used in fossil preparation. In *Collection Forum* (Vol. 30, No. 1-2, pp. 85-95). Department of Psychology, Indiana University, Bloomington, Indiana 47405: The Society for the Experimental Analysis of Behavior, Inc.
- Santos, R. S. 1984. *Lapisosteus cominatoi* n.sp., da Formação Bauru, Estado de São Paulo, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 56 (2), 197-202.
- Santucci, S. M., Campos, A. C. A. 2011. A new sauropod (Macronaria, Titanosauria) from the Adamantina Formation, Bauru Group, Upper Cretaceous of Brazil and the phylogenetic relationships of Aeolosaurini, *Zootaxa*, 3085 (1), 1-33.
- Scotese, R.C., 2014. Atlas of Late Cretaceous Paleogeographic Maps, PALEOMAP Atlas for ArcGIS, volume 2, The Cretaceous, Maps 16 – 22 , Mollweide Projection, PALEOMAP Project, Evanston, IL
- Schaeffer, B. 1947. Cretaceous and Tertiary actinopterygian fishes from Brazil. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 89:1-38
- Schwimmer, D. R. 1986. Late Cretaceous fossils from the Blufftown Formation (Campanian) in western Georgia. *The Mosasaur*, 3, 109-123.
- Sire, J.Y., and F.J. Meunier. 1994. The canaliculi of Williamson in holostean bone (Osteichthyes, Actinopterygii): A structural and ultrastructural study. *Acta Zool.* v. 75, n. 3, p. 235-247.
- Song, J., & Northcutt, R. G. 1991. Morphology, Distribution and Innervation of the Lateral-Line Receptors of the Florida Gar, *Lepisosteus platyrhincus*; pp. 24–37. *Brain, behavior and evolution*, 37(1), 24-37.
- Soulié-Märsche, I., & García, A. 2015. Gyrogonites and oospores, complementary viewpoints to improve the study of the charophytes (Charales). *Aquatic Botany*, 120, 7-17.
- Soares, P. C., Landim, P. M. B., Fúlfaro, V. J., Neto, A. F. S. 1980. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*. 10. p30-31.
- Soares, M. V. T., Basilici, G., da Silva Marinho, T., Martinelli, A. G., Marconato, A.,

- Mountney, N. P., ... & Ribeiro, L. C. B. 2021. Sedimentology of a distributive fluvial system: The Serra da Galga Formation, a new lithostratigraphic unit (Upper Cretaceous, Bauru Basin, Brazil). *Geological Journal*, 56(2), 951-975.
- Schneider, S. C., García, A., Martín-Closas, C., & Chivas, A. R. 2015. The role of charophytes (Charales) in past and present environments: An overview. *Aquatic Botany*, 120, 2-6.
- Suarez, J.M. 1969. Um quelônio da Formação Baurú. *Congresso Brasileiro de Paleontologia*. 23 (1), 167-176.
- Szabó, M., & Ősi, A. 2017. The continental fish fauna of the Late Cretaceous (Santonian) Iharkút locality (Bakony Mountains, Hungary). *Central European Geology*, 60(2), 230-287.
- Travassos, H. & Silva Santos, R. 1955. Caracídeos fósseis da Bacia do Paraíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 27(3): 297-322.
- Thomson, K. S., and A. R. McCune .1984. Development of the scales in *Lepisosteus* as a model for scale formation in fossil fishes. 2001. *Journal of the Linnean Society*.8, 2.73-86.
- Vega, R. M., & Viozzi, G. P. 2016. The cephalic lateral line system of temperate perches (Perciformes: Percichthyidae) from Argentinean Patagonia. *Zoologia*, 33. 8p.
- Voltani, C. G., Menegazzo, M. C., Galeazzi, C. P., Montefeltro, F. C., de Almeida, R. P., & Anelli, L. E. 2023. Fish biostratigraphy applied to lacustrine paleoenvironmental reconstructions: Oligocene deposits of Taubaté Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 129, 104530.
- Weiss, F. E., Malabarba, M. C., & Malabarba, L. R. 2014. A new stem fossil characid (Teleostei: Ostariophysi) from the Eocene-Oligocene of southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 12, 439-450.
- Wenz, S. 1980. A propos du genre *Mawsonia*, *Coelacanth* géant du Crétacé inférieur d'Afrique et du Brésil. *Mem. Soc. Geol. fr.* 59(139). 187-190p.
- Wenz, S., & Brito, P. M. 1992. Première découverte de *Lepisosteidae* (Pisces, Actinopterygii) dans le Crétacé inférieur de la Chapada do Araripe (NE du Brésil). Conséquences sur la phylogénie des Ginglymodi. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre*, 314(13), 1519-1525.
- Wilson, M. V., & Barton, D. G. 1996. Seven centuries of taphonomic variation in Eocene freshwater fishes preserved in varves: paleoenvironments and temporal averaging. *Paleobiology*, 22(4), 535-542.
- Wiley, E. O., & Stewart, J. D. 1977. A gar (*Lepisosteus* sp.) from the marine Cretaceous Niobrara Formation of western Kansas. *Copeia*, 1977(4), 761-762.
- Woodward, A.S. 1898. Considerações sobre alguns peixes terciários dos schistos de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista do Museu Paulista*, 3: 63-70.

Yushkevich, P. A., Piven, J., Hazlett, H. C., Smith, R. G., Ho, S., Gee, J. C., & Gerig, G. 2006. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage*, 31(3), 1116-1128.

ANEXO 1

Tabela completa de distribuição geográfica de Lepisosteiformes do Jurássico até o Pleistoceno.

	Período	Idade	Referências	Ambiente	Táxon	Unidade	País
1	Pleistoceno		Grande (2010)		† "Atractosteus" lepidosus	Mixon Bone Bed	USA
2	Pleistoceno		Uyeno and Miller (1962)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Membro Shuler	USA
3	Pleistoceno		Swift (1968)	Água doce	Lepisosteidae indet.	?	USA
4	Pleistoceno		Hay (1923)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Depósitos Vero	USA
5	Pleistoceno		Schultz (1965)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Dépósitos "Butler Spring Local Fauna"	USA
6	Pleistoceno		Eshelman (1975)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Belleville	USA
7	Plioceno		Smith (1962)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Valentine	USA
8	Plioceno		Smith (1962)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Laverne	USA
9	Mioceno		Webb et al. (1981)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Love Bone Bed	USA
10	Miocene		Grande (2010)	Água doce	† "Atractosteus" emmonsii	Cape Fear Deposits	USA
11	Miocene		Grande (2010)		† "Pneumatosteus" nahunticus	Wayne County Deposits	USA
12	Miocene		Grande (2010)	Água doce	† "Lepidosteus" strausi	Frankfurt Niederrad Deposits	Alemanha
13	Oligoceno		Grande (2010)		† "Lepidosteus" bohemicus	Formação Bohemian Bron-Coal	Tchecoslo váquia
14	Oligoceno		Grande (2010)	Água doce	† "Naisia" apicalis	Magdeburg Deposits	Alemanha
15	Oligoceno		Grande (2010)	Água doce	† "Lepidosteus" longus	Cypress Hills Beds	Canada
16	Oligoceno		Weiler (1961)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Hessische Senke Deposits	Germany
17	Eoceno		Bjork (1967)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Buttes	USA
18	Eoceno		Westgate (1984)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Crow Creek Beds	USA
19	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	† "Lepidotus" fimbriatus	Hordwell Cliff, Hampshire	Inglaterra
20	Eoceno		Grande (2010)		† "Lepidotus" maximiliani	Calcaire Grossier Deposits	França
21	Eoceno		Gaudant (1988), Gaudant and Haubold (1995)	Água doce	† Lepisosteus fimbriatus (nomen dubium)	Geiseltal beds	Alemanha
22	Eoceno		Micklich (1994)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Eckfeld Maar	Alemanha
23	Eoceno		Grande (2010)		† "Trichiurides" sagittidens	Brussels Deposits	Alemanha
24	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	† Atractosteus messelensis	Formação Messel	Alemanha
25	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	† Masillosteus kelleri	Formação Messel	Alemanha

26	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	†“ <i>Claster</i> ” <i>cycliferus</i>	Laney Member, Formação Green River	USA
27	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	†“ <i>Lepidosteus</i> ” <i>notabilis</i>	North central deposits	USA
28	Eoceno		Leriche (1900),	Água doce	† <i>Lepisosteus suessionensis</i>	Cuis Deposits	França
29	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	† <i>Lepisosteus Bemisi</i> .	Formação Green River	USA
30	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	† <i>Atractosteus simplex</i>	Formação Green River	USA
31	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	† <i>Atractosteus atrox</i>	Formação Green River	USA
32	Eoceno		Brownstein (2022)	Água doce?	† <i>Cuneatus maximus</i>	Formação Willwood	USA
34	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	† <i>Cuneatus wileyi</i>	Formação Green River	USA
35	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	† <i>Masillosteus janeae</i>	Formação Green River	USA
36	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	†“ <i>Clastes</i> ” <i>aganus</i>	Formação San José	México
37	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	“ <i>Clastes</i> ” <i>integer</i>	Formação San José	México
38	Eoceno		Grande (2010)	Água doce	†“ <i>Clastes</i> ” <i>anax</i>	Butte Member, Formação Green River	USA
39	Eoceno		Grande (2010)		†“ <i>Lepidosteus</i> ” <i>suessionensis</i>	?	França
40	Eoceno		Estes and Hutchison (1980), Grande (2010)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Eureka Sound	Canada
41	Eoceno		Gayet (1987)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Kuldana	Paquistão
42	Eoceno		Wilson (1981)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Coalmont	USA
43	Paleoceno	Thanetian	Cvancara and Hoganson (1993)	Marinho	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Cannonball	USA
44	Paleoceno		Erickson (1991)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Tongue River	USA
45	Paleoceno		Estes (1976)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Tongue River	USA
46	Paleoceno		Reeside (1924), Sullivan and Lucas (1986)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Nacimiento	USA
47	Paleoceno		Kumar et al. (2005)	Água doce	<i>Lepisosteiformes</i> <i>indet.</i>	Formação Palana	India
48	Paleoceno-Cretáceo Superior		Gayet (1992) e Gayet et al. (1992)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação El Molino	Bolivia
49	Paleoceno-Cretáceo Superior		Reeside (1924)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Ojo Alamo Sandstone Deposits	USA
50	Paleoceno-Cretáceo Superior		Gayet (1992)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Guaduas	Colômbia
51	Paleoceno-Cretáceo Superior		Astibia et al. (1990)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	?	Espanha
52	Cretáceo Superior	Maa	Grande (2010)	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Hell Creek	USA
53	Cretáceo Superior	Maa	Bardet et al. (2000)	Marinho	<i>Lepisosteiformes</i> <i>indet.</i>	Palmyra Deposits	Síria
54	Cretáceo Superior	Maa	Lupton et al. 1980	Água doce	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i> and <i>Lepisosteiformes</i>	Formação Hell Creek	USA
55	Cretáceo Superior	Maa	Jain and Sahni (1983)	Água salobra	<i>Lepisosteidae</i> <i>indet.</i>	Formação Lameta	India

56	Cretáceo Superior	Maa	Jain and Sahni (1983)	Água salobra	† <i>Lepisosteus indicus</i>	Formação Lameta	India
57	Cretáceo Superior	Maa	Grande (2010)	Água salobra	Lepisosteidae indet.	Gitti Khadan Intertrappean Beds	India
58	Cretáceo Superior	Maa	Lloyd and Hare 1915)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Fort Union	USA
59	Cretáceo Superior	Maa-Cam	Cione (1987)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Los Almitos	Argentina
60	Cretáceo Superior	Maa	Arratia and Cione (1996)	Água doce	Lepisosteiformes	Formação Yacoraite	Argentina
61	Cretáceo Superior	?	Grande (2010)	Marinho?	Lepisosteidae indet.	Damergou Beds	Nigéria
62	Cretáceo Superior	Cam	Breithaupt (1982; 1985)	Água doce	Lepisosteidae indet./Lepisosteiformes indet.	Formação Lance	USA
63	Cretáceo Superior	Cam	Rodrigues-de la Rosa and Cevallos-Ferriz (1998)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Cerro del Pueblo	Mexico
64	Cretáceo Superior	Cam	Schwimmer (1986)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Blufftown	USA
65	Cretáceo Superior	Cam	Grande (2010)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Judith River	USA
66	Cretáceo Superior	Cam	Grande (2010)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Judith River	USA
67	Cretáceo Superior	Cam-Con	Gottfried and Krause (1998)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Marvarano	Madagascar
68	Cretáceo Superior	Cam-Con	Wiley & Stewart (1977)	Marinho	Lepisosteidae indet.	Formação Niobrara	USA
69	Cretáceo Superior	Cam	Freitas et al. (2023)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Adamantina	Brasil
70	Cretáceo Superior	Cam	Alves et al. (2016)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Adamantina	Brasil
71	Cretáceo Superior	Cam	Alves et al. (2021)	Água doce	Lepisosteidae indet./Atractosteus indet.	Formação Adamantina	Brasil
72	Cretáceo Superior	Cam	Rosa (2013)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Adamantina	Brasil
73	Cretáceo Superior	Cam	Grande (2010), Friedman et al. (2003)	Água doce	Lepisosteidae indet.	?	Ártico Canadano
74	Cretáceo Superior	Cam	Reeside (1924), Gilmore (1917)	Água doce	Lepisosteidae indet or Lepisosteiformes indet.	Formação Fruitland	USA
75	Cretáceo Superior	Cam-San	Russel (1935), Grande (2010)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Milk River	Canada
76	Cretáceo Superior	Tur-Cen	Bertini et al. (1993)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Adamantina	Brasil
77	Cretáceo Superior	Tur-Cen	Santos (1984), Grande (2010)	Água doce	†" <i>Lepisosteus</i> " <i>cominatoi</i>	Formação Adamantina	B+C97+C7+B70:H78
78	Cretáceo Superior	Tur-Cen	Grande (2010)	Indeterminado	Lepisosteidae indet.	?	Uzbequistão
79	Cretáceo Superior	?	Grande (2010)	?	Lepisosteidae indet.	?	Portugal
80	Cretáceo Superior	?	Grande (2010)	?	Atractosteus indet.	Southwestern Portugal Deposits	Portugal
81	Cretáceo Superior	Tur	Cooper <i>et al.</i> (2023)	Marinho	† <i>Grandemarinus gherisensis</i>	Formação Akrabou	Marrocos
82	Cretáceo Superior	Tur	Cooper et al. (2021)	Marinho	Lepisosteidae indet.	Formação Akrabou	Marrocos
83	Cretáceo Superior	Cen	Dutheil (1999)	Água doce	Lepisosteiformes indet.	Kem Kem Beds	Marrocos

84	Cretáceo	Alb-Cen	Cifelli et al. (1999)	Água doce	Lepisosteiformes? Indet.	Formação Cedar Mountain	USA
85	Cretáceo		Grande (2010)	?	Lepisosteidae indet.	Monmouth County	USA
86	Cretáceo Inferior	Alb?	Calvin & Brito (2001)	Água doce	† <i>Oniichthys falipoui</i>	Kem Kem Beds	Marrocos
87	Cretáceo Inferior	Alb	Wenz (1980)	Água doce	Lepisosteiformes	Gara Samani Deposits	Algeria
88	Cretáceo Inferior	Apt	Brito et al. (2016)	Água salobra	† <i>Dentilolepisosteus laevis</i>	Formação Santana	Brasil
89	Cretáceo Inferior	Apt	Carvalho & Santucci (2021)	Água doce	<i>Lepisosteidae indet.</i>	Formação Quiricó	Brasil
90	Cretáceo Inferior	Apt	Wenz & Brito (1996); Silva Santos (1994)	Água salobra	† <i>Dentilolepisosteus laevis</i>	Formação Codó, Bacia Parnaíba	Brasil
91	Cretáceo Inferior	Apt-Alb	Cifelli et al. (1997)	Água doce	Lepisosteidae indet.	Formação Antlers	USA
92	Cretáceo Inferior	Apt	Wenz and Brito (1992)	Água salobra	† <i>Obaichthys decoratus</i>	Formação Santana	Brasil
93	Cretáceo Inferior	Alb?	Grande (2010)	Água doce	† <i>Obaichthys africanus</i>	Kem Kem Beds	Marrocos
94	Cretáceo Inferior	Alb?	Grande (2010)	Água doce	† <i>Dentilolepisosteus ?kemkemensins</i>	Kem Kem Beds	Marrocos
95	Cretáceo Inferior	Hau	Brito & Richter (2015)	Água salobra	<i>Obaichthyidae indet.</i>	Formação Marfim	Brasil
96	Cretáceo Inferior	?	Grande (2010)/Casier (1961)	Indeterminado	Lepisosteiformes	Depósitos da Região do Congo	Congo
97	Jurássico Superior	Kim	Brito et al. (2017)	Marinho	† <i>Nhanulepisosteus mexicanus</i>	Formação Sabinal	México